

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

**Материалы 70-й межрегиональной
научно-технической конференции**

Том 1

Магнитогорск
2012

Редколлегия:

В.М. Колокольцев (главный редактор),
К.Н. Вдовин (зам. главного редактора),
Н.А. Осинцев, К.Г. Пивоварова, М.В. Шубина, Н.Ш. Тютяряков,
М.В. Вечеркин, М.Г. Поликарпова, К.М. Воронин,
А.А. Астафьева (отв. редактор)

*Сборник входит в базу данных
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)*

Актуальные проблемы современной науки, техники и образования:
материалы 70-й межрегиональной научно-технической конференции. –
Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова,
2012. – Т.1. – 360 с.

ISBN 978-5-9967-0313-5

В сборнике представлены доклады победителей конкурса на лучший доклад 70-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ 2011-2012 гг.

ISBN 978-5-9967-0313-5

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2012

УДК 512.54+515.16

А.Л. Анисимов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АВТОМАТНОСТЬ ПОЛУГРУППЫ КОС

В данной статье доказывается, что полугруппа частичных кос является автоматной.

Напомним, что полугруппа (моноид) частичных кос IB_n порождается, как полугруппа, семейством образующих (одно из возможных представлений) $\sigma_i, \sigma_i^{-1}, i = 1, \dots, n-1, \epsilon_j, j = 1, \dots, n$, и следующими соотношениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_i \sigma_j = \sigma_j \sigma_i, \text{ если } |i-j| > 1, \\ \sigma_i \sigma_{i+1} \sigma_i = \sigma_{i+1} \sigma_i \sigma_{i+1}, \\ \sigma_i \sigma_i^{-1} = \sigma_i^{-1} \sigma_i \text{ для всех } i, \\ \epsilon_j \sigma_i = \sigma_i \epsilon_j \text{ для } j \neq i, i+1, \\ \epsilon_i \sigma_i = \sigma_i \epsilon_{i+1}, \\ \epsilon_{i+1} \sigma_i = \sigma_i \epsilon_i, \\ \epsilon_i = \epsilon_i^2, \\ \epsilon_{i+1} \sigma_i^2 = \sigma_i^2 \epsilon_{i+1} = \epsilon_{i+1}, \\ \epsilon_i \epsilon_{i+1} \sigma_i = \sigma_i \epsilon_i \epsilon_{i+1} = \epsilon_i \epsilon_{i+1}. \end{array} \right.$$

Первые три соотношения являются соотношениями классической группы кос Br_n , а образующие ϵ_j геометрически представляют собой операцию удаления соответствующей нити. Подходящим источником для изучения частичных кос могут служить, например, работы [1] и [4].

В работе [5] доказана следующая теорема, которая понадобится нам в дальнейшем.

Теорема [5]. Полугруппа частичных кос IB_n изоморфна, как множеству, несвязному объединению классических групп кос

$$IB_n = \coprod_{I_k, J_k \in \{1, \dots, n\}} Br(I_k, J_k), \quad (*)$$

Здесь каждое множество $I_k = \{i_1, \dots, i_k\}, i_1 < i_2 < \dots < i_k$ задает входные нити, а каждое множество $J_k = \{j_1, \dots, j_k\}, j_1 < j_2 < \dots < j_k$

задает выходные нити для соответствующего экземпляра группы кос Br_k , по одному для каждой пары конечных равномоощных подмножеств множества из n элементов.

Кроме наличия подобного разложения, существует и согласованность подобных разложений относительно отображений между различными группами кос [5].

Напомним теперь определение автоматной структуры на полугруппе (моноиде).

Произвольное множество A называется *алфавитом*. Множество всех слов произвольной длины, составленных из символов алфавита A , обозначается через A^* . Любое подмножество $L \in A^*$ называется *языком*.

Пусть $(M, \cdot, 1)$ полугруппа (моноид). *Автоматом* называется структура $\mathcal{A} = (Z, \delta, i, F)$, где Z – конечное множество *состояний* автомата, $\delta \subseteq Z \times M \times Z$ – конечное *отношение преобразования* с условием $(z, 1, z') \in \delta$, тогда и только тогда, когда $z = z'$, $i \in Z$ *начальное состояние*, и $F \subseteq Z$ *множество финальных (допустимых) состояний*. Таким образом, автомат представляется графом, ребра которого помечены элементами моноида M .

Движением называется конечная последовательность $(z_i, m_i, z_{i+1})_{1 \leq i \leq n}$ преобразований, меткой движения является элемент $m_1 \cdot m_2 \cdots m_n$ моноида M . Движение *допустимо*, если $z_1 = i$ и $z_{n+1} \in F$. Множество $L(\mathcal{A})$, *распознаваемое* автоматом \mathcal{A} , – это множество меток всех допустимых движений. Подмножество X моноида M называется *рациональным*, если существует автомат \mathcal{A} с условием $X = L(\mathcal{A})$.

Каждое конечное подмножество $X \subseteq M$ рационально. Если $X, Y \subseteq M$ рациональны, то такими же будут и (см., например, [3]) множества: $X \cup Y, X \cdot Y, X^*$.

Пусть M полугруппа (моноид), Γ конечное множество, $\theta: \Gamma^* \rightarrow M$, эпиморфизм и $L \subseteq \Gamma^*$. Определим

$$L(\varepsilon) = \{(u, v) \in L \times L: \theta(u) = \theta(v)\}; \quad L_{=} = L(\varepsilon)^*;$$

$$L(a) = \{(u, v) \in L \times L: \theta(ua) = \theta(v)\}; \quad L_a = L(a)^*;$$

для $a \in \Gamma$. Следующее определение автоматной структуры на полугруппе M дано в работах [2, 3].

Автоматная структура для M - это тройка (Γ, θ, L) , где:

- 1) Γ – конечное множество, $\theta: \Gamma^* \rightarrow M$ – эпиморфизм и $L \subseteq \Gamma^*$ – рационально;
- 2) $\theta(L) = M$;
- 3) $L_{\underline{a}}$ и $L_{\underline{\alpha}}$ являются рациональными для всех $a \in \Gamma$.

Полугруппа называется *автоматной*, если она обладает автоматной структурой.

В работе [1] была построена так называемая *нормальная форма* для элементов полугруппы частичных кос. А именно показано, что любая частичная коса имеет единственного представителя (как элемента полугруппы) следующего вида:

$$\sigma_{i_1} \cdots \sigma_1 \cdots \sigma_{i_k} \cdots \sigma_k \epsilon_{k+1, n} x \epsilon_{k+1, n} \sigma_k \cdots \sigma_{j_k} \cdots \sigma_1 \cdots \sigma_{j_1},$$

$$k \in \{0, \dots, n\}, x \in Br_k, 0 \leq i_1 < \dots < i_k$$

$$\leq n - 1 \text{ и } 0 \leq j_1 < \dots < j_k \leq n - 1.$$

Здесь используется обозначение: $\epsilon_{k+1, n} = \epsilon_{k+1} \epsilon_{k+2} \cdots \epsilon_n$.

В работе [4] было доказано, что элемент $x \in Br_n$ может быть представлен в *Гарсайдовской нормальной форме* $x = \Delta^m \bar{V}$. Причем это последнее представление совпадает с соответствующей нормальной формой при изоморфизме в формуле (*).

Наш основной результат выражается следующей теоремой.

Теорема 1. *Полугруппа частичных кос автоматная.*

Результат вытекает из следующих утверждений.

Предложение 1. *Множество L всех слов, имеющих нормальную форму, рационально.*

Доказательство. Известно, что в каждом из Br_n слова в нормальной форме образуют рациональный язык. Так как пересечение $L \cap Br_n$ совпадает с множеством нормальных слов в Br_n , то $L \cap Br_n$ – рационально. Следовательно, L – рационально как объединение конечного множества рациональных подмножеств. ■

Обозначим через $\Gamma = \{\sigma_1^{+1}, \dots, \sigma_{n-1}^{+1}, \epsilon_1, \dots, \epsilon_n\}$ множество полугрупповых, образующих полугруппы частичных кос IB_n , а через $\theta: \Gamma^* \rightarrow IB_n$ естественное отображение, задающее представление IB_n через ее образующие и определяющие соотношения.

Пусть $K = \theta(L)$. Тогда K – рационально как гомоморфный образ рационального подмножества ([3]). Докажем, что (Γ, θ, L) задает автоматную структуру на IB_{π} . Для этого достаточно показать, что:

Предложение 2. Множества $L_{=}$ и L_{\neq} рациональны.

Доказательство. Из соотношения между нормальными формами в формуле (*) следует, что пересечения множеств $L_{=}$ и L_{\neq} с каждым слагаемым в формуле (*), будут совпадать с соответствующими подмножествами в каждой из групп Br_k . Но рациональность соответствующих подмножеств в каждой из групп доказана [3]. А так как объединение конечного числа рациональных множеств рационально, то предложение 2 доказано. ■

Список литературы

1. Easdown D., Lavers T.G. The inverse braid monoid, Adv. Math. 186 (2) (2004) 438 - 455.
2. Corran R., Hoffman M., Thomas R. On the automaticity of singular Artin monoids of finite type, Int. Jour. Comp. Math. Vol. 00, No. 00, Month 200x, 1-24.
3. Epstein D.B.A., Cannon J.W., Holt D.F., Levi S.V.F., Paterson M.S., Thurston W.P. Word processing in groups. J. B. Publ. Inc. 1992 London.
4. Vershinin V.V. On the inverse braid monoid. Topology and its Applications 156 (2009) 1153 – 1166.
5. Gilbert N.D. Presentations of the inverse braid monoid, J. Knot Theory Ramifications 15 (5) (2006) 571 – 588.

УДК 621.192

Ю.А. Извеков

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КРАНОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Вопросам обеспечения безопасности металлургических производств уделяется большое внимание [1-3, 5]. Однако, показатели инцидентов, аварий, катастроф в металлургической промышленности остаются достаточно высокими. Кроме этого, такие случаи высокотравматичны, а в 70% происшествий приводят к летальному исходу. В основном, оценка без-

опасности основных металлургических производств сводится к оценке вероятности взрывов и пожаров и на их основе подсчету величины ущербов. Как представляется, не менее важной проблемой является моделирование прогнозирования риска несущих металлоконструкций кранов металлургического производства, элементов механизмов их подъема, вероятность их разрушения, так как производится перемещение жидкого металла и шлака. Серьезную проблему представляют конструкции подкрановых балок полукозловых кранов кислородно-конвертерного цеха (ККЦ), которые участвуют в производстве непосредственно над грушами конвертеров. Поэтому подходы к моделированию рисков, возникающих при эксплуатации металлургических кранов и элементов механизмов их подъема, являются достаточно актуальной проблемой.

Наибольшая вероятность появления аварий зависит от типа конструкции. Для сплошностенчатых (коробчатых) наибольшая вероятность относится к периоду до 10 лет и, главным образом, к первым годам эксплуатации. В начальном периоде в сплошностенчатых конструкциях наиболее резко проявляется влияние грубых конструктивных недостатков в сочетании с остаточными напряжениями. При эксплуатации остаточные напряжения снижаются, и в результате сравнительно низкого коэффициента концентрации сплошностенчатых конструкций накопление повреждений в них происходит медленнее, чем у ферменных. В свою очередь, для ферм наибольшая вероятность аварии наступает после 17–20 лет эксплуатации. Примечательно, что аварии характерны для кранов больших пролетов (более 25 м).

Повышенная аварийность в последнее время еще вызвана интенсивной эксплуатацией кранов в конце года. Указанные выше условия являются благоприятными для образования трещин при неудовлетворительном надзоре за состоянием конструкции. Появившиеся трещины продолжают развиваться до разрушения. Причинами аварий мостовых кранов являются низкое качество металла, дефекты изготовления и ремонта, конструктивные недоработки. Указанные причины дополняются неблагоприятными условиями эксплуатации: наличием переменных нагрузок, пониженной температурой и т.п.

Положим, что металлургический кран и механизмы его подъема представляют собой сложную структуру систем Σ , состоящую из подсистем a и элементов e [4]:

$$\Sigma = U_i \alpha_i (U_j e_{ij}); i=1, n; j=1, m. \quad (1)$$

С позиции механики катастроф разрушение конструкции происходит при достижении определенных видов предельных состояний элементов конструкций:

- кратковременное разрушение (хрупкое, квазихрупкое, вязкое);
- разрушение в условиях ползучести;

- усталостные и коррозионно-усталостные разрушения;
- недопустимые пластические деформации;
- потеря устойчивости элементов.

Для каждого вида предельного состояния выделяется комплекс характеристик и критериев, по которому формулируется уравнение предельного состояния. С учетом наложенных условий прогнозируемый риск R несущих конструкций металлургических кранов будет определяться как вероятность ущерба W , связанного непосредственно с разрушением конструкции по заданному виду предельного состояния:

$$R = P\{W|\Phi_{N,t,T}\{\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, \varepsilon, l, N, t, T\} = \Phi_c\}. \quad (2)$$

Здесь Φ – функция заданного вида, зависящая от компонент напряжений, деформаций, размера технологического дефекта или трещины, числа циклов и времени нагружения, температуры среды.

Из этого следует, что для обеспечения конструкционной безопасности необходимо проведение исследований функции (2) при заданных вероятностных параметрах напряженно-деформированного состояния (НДС), характеристик механических свойств, технологической дефектности и эксплуатационной поврежденности.

Таким образом, разбив металлургические краны и механизмы их подъема на отдельные подсистемы и элементы, можно построить согласованные по целям и задачам отдельные модели прогнозируемого конструкционного риска, опирающиеся на представление конструкции в форме (1).

Список литературы

1. О развитии научного направления в металлургии - системной надежности доменного производства / А.В. Бородулин, В.С. Листопадов, С.П. Сушев, И.А. Султангузин, А.Л. Чайка // Теория и практика производства чугуна: сб. трудов междунар. науч.-техн. конференции. Кривой Рог: КГГМК «Криворожсталь», 2004. С. 324-328.
2. О фундаментальных приоритетах при оценке безопасности потенциально опасных объектов / В.К. Мусаев, С.П. Сушев, М.И. Шиянов, В.А. Куранцов // Научный журнал проблем комплексной безопасности. 2009. № 1. С. 10-14.
3. Тимашев С. А. Разработка основ и методики управления безопасностью мега-систем в контексте стратегического плана развития НИЦ УрО РАН. Екатеринбург: НИЦ УрО РАН, 2009.
4. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности: в 4 ч. Ч. 1. Основы анализа и регулирования безопасности / науч. рук. К.В. Фролов, Махутов Н.А. М.: МГФ «Знание», 2006. 640 с: ил.
5. Извеков Ю.А. Методология прогнозирования риска металлургического производства как сложной социально-природно-техногенной

системы // Сборник трудов Всерос. науч.-практ. конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы развития науки, образования и культуры». Сибай: филиал БашГУ, 2012. С. 352-354.

УДК 517.984.54

В.В. Дубровский

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОБРАТНАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ВОЗМУЩЕННОГО ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА, ПОРОЖДЕННОГО КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕЙ НЕЙМАНА

Решение обратных задач для дифференциальных операторов с частными производными – одна из актуальных проблем в теории спектрального анализа. Среди публикаций, относящихся к обратным задачам спектрального анализа для операторов с дискретным спектром, можно отметить работы В.А. Садовниченко, В.В. Дубровского [1–4].

Пусть $\Pi = \{(x, y) : x \in [0, a], y \in [0, b]\}$ – прямоугольник, где $a > 0$, $b > 0$, $a^2 b^{-2}$ – иррациональное число. В пространстве $L_2(\Pi)$ рассмотрим дискретный, самосопряженный, неотрицательный оператор T , порожденный краевой задачей Неймана:

$$-\Delta v = \lambda v, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial \nu} \right|_{\partial \Pi} = 0,$$

где Δ – оператор Лапласа; ν – внешняя нормаль к границе $\partial \Pi$ прямоугольника Π .

Известно, что собственным числам $\lambda_{mn} = \pi^2 m^2 a^{-2} + \pi^2 n^2 b^{-2}$ оператора T соответствуют ортонормированные в $L_2(\Pi)$ собственные функции

$$v_{mn}(x, y) = \frac{2}{\sqrt{ab(1 + \delta_{m0})(1 + \delta_{0n})}} \cos\left(\frac{\pi m x}{a}\right) \cos\left(\frac{\pi n y}{b}\right),$$

где δ_{mn} – символ Кронекера, $m, n = \overline{0, \infty}$.

Поскольку $a^2 b^{-2}$ иррациональное число, то спектр $\sigma(T)$ оператора T будет однократным. Для удобства будем нумеровать упорядоченные по возрастанию величин собственные числа оператора T и другие спектральные объекты, связанные с ними, с помощью одного натурального индекса t .

Обозначим через $\Pi_4 = \{(x, y) : x \in [0, a/2], y \in [0, b/2]\}$ вспомогательный прямоугольник и введем полную, ортонормированную в $L_2(\Pi_4)$, систему функций: $\psi_{mn}(x, y) = h_{mn} \cos(2\pi m x a^{-1}) \cos(2\pi n y b^{-1})$, где $h_{mn} = 4\sqrt{(ab)^{-1}}$, $h_{0n} = h_{m0} = 2\sqrt{2(ab)^{-1}}$, $m, n = \overline{1, \infty}$, $h_{00} = 2\sqrt{(ab)^{-1}}$. Будем нумеровать эти функции одним индексом:

$\psi_t(x, y) = 4\sqrt{(ab)^{-1}} \cos(2\pi m x a^{-1}) \cos(2\pi n y b^{-1})$, в соответствии с числами $\lambda_t = \pi^2 m^2 a^{-2} + \pi^2 n^2 b^{-2}$.

Пусть

$$r_t = \min \{ 2^{-1} |\lambda_t - \lambda_{t+1}|; 2^{-1} |\lambda_{t+1} - \lambda_t| \}, \quad r = 2^{-1} \inf_{t \in \mathbb{N}} |\lambda_{t+1} - \lambda_t| \quad (\text{не}$$

трудно показать, что $r > 0$), $a_t = \frac{\lambda_{t+1} + \lambda_t}{2}$, $R_0(\lambda) = (T - \lambda E)^{-1}$ – резольвента оператора T , $\lambda \in \mathbb{C} \setminus \sigma(T)$ (\mathbb{C} – множество комплексных чисел), $\|\cdot\|$ – операторная норма (для ограниченного оператора), $\|\cdot\|_2$ – абсолютная операторная норма (для оператора Гильберта – Шмидта), $\Omega_t = \{\lambda \in \mathbb{C} : |\lambda - \lambda_t| \geq r_t\}$, $t \in \mathbb{N}$, $R = \max_{\lambda \in \Omega_t} \|R(\lambda)\|_2$.

Известна [5] асимптотика собственных чисел оператора T : $\lambda_t \sim C_1 t$

($C_1 = \text{const}$, $C_1 > 0$), поэтому ряд $\sum_{t=1}^{\infty} |\lambda_t - \lambda|^{-2}$ сходится и оператор

$R_0(\lambda)$, $\lambda \in \mathbb{C} \setminus \sigma(T)$ суть оператор Гильберта – Шмидта, причем имеет место следующее неравенство:

$$\begin{aligned} \|R_0(\lambda)\|_2^2 &:= \sum_{t=1}^{\infty} \frac{1}{|\lambda_t - \lambda|^2} \leq \sum_{s \leq t} \frac{1}{|\lambda_t - r - \lambda_s|^2} + \\ &+ \sum_{s > t} \frac{1}{|\lambda_s - \lambda_t - r|^2} =: \|R_0(r)\|_2^2 < \infty, \quad \forall \lambda \in \mathbb{C} \setminus \sigma(T). \end{aligned}$$

Введем ограниченные по модулю (но не в совокупности) функции f_t , которые в правой полуплоскости $\text{Re } \lambda > 0$ имеют

вид $f_t(\lambda) = A_t \left(\frac{e^{-\lambda} - 1}{\lambda} \right)^2 \left(\prod_{j=1, j \neq t}^{\infty} \frac{\lambda_j - \lambda}{\lambda_j + \lambda} \right) \prod_{k=1}^{\infty} (1 - e^{-\lambda} e^{-\lambda_k})$, а в левую про-

должны аналитическим образом, где нормирующие множители $A_t \neq 0$

выбраны из условий $f_t(\lambda_t) = 1$ и $f_t(\lambda_j) = 0$. Пусть

$$\beta_t = \sup_{\operatorname{Re} \lambda > 0} \left(|\lambda|^2 |f_t(\lambda)| \right) \quad (\lambda_t \leq \beta_t < \infty, \quad t = \overline{1, \infty}) \quad \text{и} \quad \varphi_t(\lambda) = \int_0^\lambda f_t(z) dz.$$

Пусть P – оператор умножения на функцию $p \in H = L_\infty(\Pi)$, обладающую следующими свойствами:

$$p(x, b - y) = p(x, y) = p(a - x, y) \quad (1)$$

для почти всех $(x, y) \in \Pi$,

$$\iint_{\Pi} p(x, y) \cos\left(\frac{2\pi m x}{a}\right) dx dy = \iint_{\Pi} p(x, y) \cos\left(\frac{2\pi m y}{b}\right) dx dy = 0, \quad m = \overline{0, \infty}, \quad (2)$$

$$\|p\|_H \leq r/2. \quad (3)$$

Обозначим через M – множество функций из H , обладающих свойствами (1)–(3) (нетрудно показать его замкнутость в H), через μ_t – собственные числа возмущенного оператора $T + P$, занумерованные в порядке возрастания действительных частей с учетом алгебраической кратности, и через u_t – соответствующие им, ортонормированные в H , собственные функции.

С помощью теории регуляризованных следов операторов и принципа сжимающих отображений С. Банаха [6] доказана следующая теорема.

Теорема. Если для комплексной последовательности $\{\xi_k\}_{k=1}^\infty$ существует подпоследовательность $\{c_t\}_{t=1}^\infty \subset \{a_k\}_{k=1}^\infty$ такая, что выполняются следующие неравенства:

$$(i) \quad \omega := 2r R^2 \sum_{t=1}^\infty \frac{\beta_t}{c_t} < 1,$$

$$(ii) \quad \sum_{t=1}^\infty \left| \sum_{\substack{|\xi_j| < c_t \\ j}} g_t(\xi_j) - \sum_{\substack{\lambda_j < c_t \\ j}} g_t(\lambda_j) \right| \leq \frac{r}{8} (1 - \omega),$$

то во множестве M существует потенциал p , такой, что для любого натурального t будет справедливо равенство:

$$\sum_{|\mu_j| < c_t} g_t(\mu_j) = \sum_{|\xi_j| < c_t} g_t(\xi_j),$$

где $\{\mu_t\}_{t=1}^\infty = \sigma(T + P)$ – спектр оператора $T + P$.

Замечание. Последовательность $\{\xi_k\}_{k=1}^\infty$, удовлетворяющая условию (ii), существует.

Список литературы

1. Садовничий В.А., Дубровский В.В. О некоторых свойствах операторов с дискретным спектром // Дифференциальные уравнения. 1979. Т. 15. № 7. С. 1206 – 1211.
2. Дубровский В.В., Дубровский В.В. (мл.) К теореме существования решения обратной задачи спектрального анализа // Успехи математических наук. 2001. Т. 56, Вып. 1. С. 161 – 162.
3. Садовничий В.А., Дубровский В.В., Дубровский В.В. (мл.) Обратная задача спектрального анализа для степени оператора Лапласа с потенциалом на прямоугольнике // Доклады РАН. 2001. Т.377, № 3. С. 310– 312.
4. Дубровский В.В. (мл.) Обратная спектральная задача для возмущенной степени оператора Лапласа на квадрате // Материалы международной математической конференции, посвященной памяти А.Ф.Леонтьева. Т.1. Уфа: ИМВЦ, 2007. С.76 –77.
5. Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики. Т.1. М.: ГТТИ, 1933. 476 с.
6. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1976. 543 с.

УДК 656.056.4:004.032.26

О.В. Тарасов, С.Н. Корнилов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ЦЕЛЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПО ПРИНЦИПУ «ЗЕЛеной ВОЛНЫ»

В работе исследуются возможности применения нейросетевого моделирования для организации движения транспортных средств по принципу «зеленый волны».

На городских магистралях, где работа светофоров не координируется, водители испытывают большие трудности при движении с остановками у часто расположенных перекрестков. Такое «пульсирующее» движение не только утомляет водителя, но и требует дополнительного расхода топлива, повышает износ автомобиля. Для исключения такого режима необходимо обеспечить согласованное переключение светофоров на смежных перекрестках так, чтобы водитель, подъезжая к очередному перекрестку, двигался по «зеленой волне».

Суть «зеленой волны» заключается в том, что в зависимости от скорости движения и расстояний между регулируемыми перекрестками на светофорах последовательно включают зеленые сигналы [1]. Проблема определения временного сдвига при последовательном включении зеленого сигнала системы перекрестков является здесь ключевой. Пусть на входе мы имеем расстояния между перекрестками/светофорами. Первый светофор является начальной точкой отсчета. Также нам известна скорость транспортного потока – рекомендуемая скорость перемещения по дорогам города 55–60 км/час или 16,6 м/с. Расчетным параметром будет выступать смещение времени горения зеленого сигнала светофора относительно предыдущего светофорного объекта. Таким образом, входными данными для обучения нейросети будут расстояния между перекрестками, а выходными данными (те, которые должна будет рассчитывать нейросеть) – время смещения переключения для зеленого сигнала.

Для обучения нейросети необходимо создать выборку входных данных (указать расстояния между исследуемыми перекрестками) и рассчитать для них выходные данные. Нейросетевое моделирование будем проводить в среде Matlab. Зададим переменные нейросети:

- входные данные для обучения – расстояния между перекрестками в метрах:

```
Input = [1000 350 200 100 300 250 400 500 450 750 150 10];
```

- исходящие данные для обучения – смещения относительно предыдущего светофора в секундах, при скорости потока в 60 км/ч (примерно 16.6 м/с):

```
Output = [60 21 12 6 18 15 24 30 27 45.2 9 0.6].
```

Нейросеть, которая будет применяться для решения данной задачи:

```
net = newff(minmax(INP),[20,1],{'tansig','purelin'},'trainlm'),
```

где newff создает сеть обратного распространения, minmax задает диапазон значений для входных данных, [20,1] – размер для каждого слоя, tansig – функция гиперболического тангенса, purelin – транспортная линейная функция, trainlm – функция, тренирующая сеть. Параметры для обучения сети следующие:

```
net = train(net, INP, OUP).
```

Функция обучения сети:

```
net.trainParam.epochs = 1200;
```

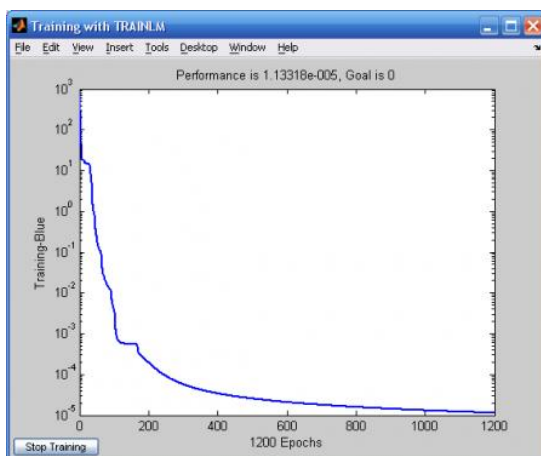
```
net.trainParam.show = 25.
```

В процессе обучения нейросеть должна понять, что ей необходимо сделать с входящими значениями, чтобы получить исходящие. После обучения нейросеть рассчитывает, в случае необходимости, новые значения, которых не было в первоначальной выборке. Например:

```
n = light, a = sim(n, [70 320 680]).
```

После обучения нейросети программа строит зависимость точности моделирования (ошибки) от времени обучения (см. рисунок).

В том случае, если процент ошибки не слишком большой, тогда можно оставить первоначальные параметры нейросети без изменения. В противном случае можно использовать более подходящую нейросеть, например, увеличивая количество эпох [2]. В нашей задаче нейросеть прошла все 1200 эпох, постепенно обучаясь и уменьшая ошибки. Ошибка составила 10^{-5} .



Зависимость ошибки от количества эпох обучения нейросети

В результате получаем: $a = (4.2073 \quad 19.2016 \quad 40.9148)$.

То есть светофор, находящийся на расстоянии 70 метров от точки отсчета, необходимо переключить на зеленый сигнал через 4 с, на расстоянии 320 м – через 19 с, на расстоянии 680 м – через 41 с.

Нейросетевое моделирование позволяет рассчитать время задержки горения зеленого сигнала в системе светофоров регулируемых перекрестков при организации движения транспортного потока на городских магистралях по принципу «зеленой» волны». Организация режима работы системы светофорных объектов согласно такому принципу позволит увеличить пропускную способность элементов улично-дорожной сети, снизить экологическую нагрузку и улучшить моральное состояние водителя, влияя, таким образом, на аварийность.

Список литературы

1. Капитанов В.Т. Расчет параметров светофорного регулирования. М.: ВНИИ БД МВД СССР, 1981. 96 с.
2. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. М.: СП «ParaGraph», 1990. 160 с.

Д.С. Муравьев, А.Н. Рахмангулов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВЫБОР И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ «СУХОГО» ПОРТА

Ежегодный прирост контейнерных грузов в регионах России составляет порядка 15–20%, в связи с этим возрастает перегруженность морских портов, что негативно сказывается на клиентоориентировании грузоотправителей [1]. Анализ геометрических параметров портов показывает, что их возможности по дальнейшему наращиванию объемов перевозок, в том числе и контейнерных, практически исчерпаны. И в основном это обусловлено расположением морских портов в пределах населенных пунктов, отсутствием перспектив расширения их территорий с целью создания терминалов для хранения импортных грузов. Анализ прошлых показателей грузооборота морских портов показывает ежегодный прирост, появляются очереди в морских портах на прием и обработку грузов, а фактор своевременности доставки груза очень важен в транспортной цепи. Сравнение грузооборота морских бассейнов и портов за 2010–2011 гг. показаны на рис. 1 и 2 [2]. Выходом из сложившейся ситуации может стать строительство «сухих» портов. Именно этот подход может значительно увеличить пропускную и перерабатывающую способность морских портов.

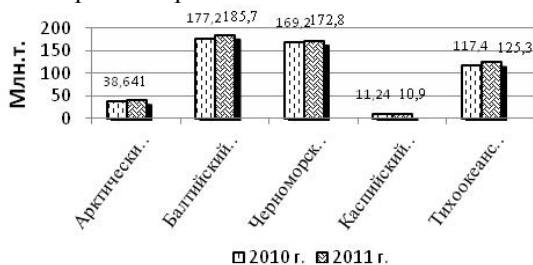


Рис. 1. Сравнение грузооборота по морским бассейнам в 2010–2011 гг.

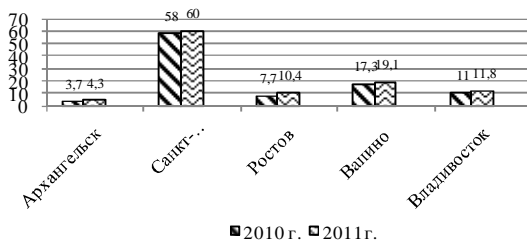


Рис. 2. Сравнение грузооборота морских портов России в 2010–2011 гг.

Концепция стратегии развития морской портовой инфраструктуры России составила прогноз грузооборота морских портов РФ до 2030 года, рис. 3 [3].

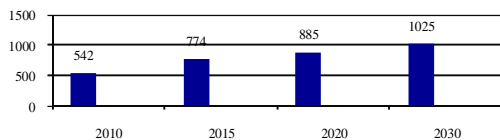


Рис. 3. Прогноз грузооборота морских портов России до 2030 г.

Анализируя прогноз грузооборота морских портов России, можно сделать вывод: если в 2010 году морские порты уже не справлялись с поступающими объемами, то можно представить, что будет к 2030 году, когда цифра возрастет вдвое.

«Сухой» порт – это совокупность складов временного хранения (СВХ), вспомогательных зданий, сооружений, автомобильных и железнодорожных путей, площадок, расположенных за пределами территории морского порта, связанных между собой и портом единым технологическим процессом и электронной информационной системой для совершения грузовых операций с товарами и их временным хранением под таможенным контролем [4]. В «сухих» портах грузы накапливаются к отправке, перегружаются на другие виды транспорта, проводятся таможенные процедуры и оформление транспортных документов, производится хранение и ремонт контейнеров, подключение рефрижераторов к электропитанию. Помимо перевалки сухой порт также должен осуществлять функции хранения, консолидации и комплектации грузов, их таможенное оформление, техническое обслуживание автомобильных и железнодорожных транспортных средств. Размещение подобных функций на территории «сухого» порта приведет к снижению объемов запаса и таможенного оформления грузов на территории морских портов. Оно направлено на освобождение территории портов для более быстрого процесса разгрузки судов и формирования полномасштабных поездов непосредственно в «сухом» порту.

Преимущества «сухих» портов:

- Снижение общих транспортных расходов.
- Переход от автомобильного транспорта на железнодорожный, который является более экологически чистым.
- Усиление роли портов в транспортной цепи.
- Укрепление мультимодальных решений.
- Сокращение использования дорогих, в центре города, районов порта.
- Сокращение узких мест, что дает меньше заторов на дорогах вблизи порта.
- Сокращение местных экологических проблем в городах.
- Создание рабочих мест.
- Ускорение процесса таможенного оформления товаров.

Анализируя преимущества данного тылового терминала, формируется логистическая цепь транспортного узла, которая является определяющей в данной работе. Именно из этой цепи можно выделить основные параметры для создания «сухого» порта. Сама цепь состоит из: грузоотправитель – морской порт – «сухой» порт – грузополучатель. При такой схеме сухой порт играет роль «вспомогательной» зоны для хранения и обработки груза. Оперативная работа «сухого» и морского порта зависит от выбранных параметров, которые, в свою очередь, будут изменяться исходя из мощностей потоков. Также возможно увеличение грузоотправителей. Выделим наиболее важные параметры:

1. Маршрут. Исходя из трактовки определения «сухого» порта, оптимальное расстояние между сухим и морским портами – от 7 до 20 км. Этот параметр важен для выбора места размещения «сухого» порта. Каждая точка на выбранном участке будет иметь свои капитальные затраты на строительство и эксплуатационные затраты на движение по маршруту. Чем дальше «сухой» порт от морского, тем выше затраты и больше времени на доставку груза. Немаловажную роль играет удаленность от транспортных коммуникаций, это влияет на оснащенность данного тылового терминала. Если говорить о выборе местоположения «сухого» порта, то можно точно сказать, что ландшафт в нашей стране разный. К примеру, была выбрана точка недалеко от морского порта, но после изучения там обнаружилось болото. Возникает вопрос – строить ли в данном месте (увеличиваются затраты на строительство) либо перенести дальше, но могут возрасти другие параметры или затраты.

2. Интенсивность потока. Один из определяющих параметров, от которого зависит объем грузопереработки в «сухом» порту. Характеризуется регулярностью по времени доставки грузов, но неравномерностью по объемам. Объем переработки характеризуется производительностью «сухого» порта и перерабатывающей способностью. Если мы хотим увеличить объем переработки, то увеличиваются затраты на приобретение техники, которая будет обрабатывать груз. Еще интересен вопрос о переносе операций с морского порта в «сухой», таких как: обработка груза, таможенное оформление, фитосанитарные режимы, хранение. Например, груз на корабле подходит к морскому причалу, его перегружают на подвижной состав, затем он идет сразу же транзитом в «сухой» порт, где в последующем будут проведены данные операции с грузом.

Интенсивность потока также связана с вместимостью и производительностью «сухого» порта. «Сухой» порт позволяет увеличить интенсивность входного потока. Выходной поток повышает регулярность и снижает неравномерность в морском порту.

3. Коэффициент неравномерности. Ввод этого параметра в «сухой» порт определяет объемы поставляемых грузов от грузоотправителей. «Сглаживает» резкий рост и спад мощностей грузоотправителей. Балансирует работу морского и «сухого» порта.

По результатам исследования успешное развитие «сухих» портов зависит от целого ряда факторов, от необходимости совершенствования существующих или создания новых методов и методик. Наша задача – построить имитационную модель, которая позволяет рассчитать место размещения «сухого» порта, его вместимость, перерабатывающую способность, позволяющую обеспечить заданные параметры потока.

Список литературы

1. Николаева А.И., Багинова В.В. Логистические методы и технологии функционирования сухих портов // Современные проблемы транспортного комплекса России: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Рахмангулова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2011. С.49-58.
2. ТКС.РУ – все о таможене [Электронный ресурс]: Таможня для всех. URL: http://www.dp.ru/a/2012/01/17/Gruzooborot_morskih_porto/ (дата обращения: 10.02.12).
3. Федеральное агентство морского и речного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosmorport.ru/media/File/new2/Strategy2030.pdf> (дата обращения 21.02.12).
4. WPC 2 – Final report[Электронный ресурс]. URL: <http://www.stratmos.com> (дата обращения 10.10.11).

УДК 622. 35

Н.Г. Караулов, Ю.В. Долговых, А.В. Косарев, А.Р. Белан
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УДАЛЕНИЯ СКАЛЬНОЙ ВСКРЫШИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МРАМОРА

Россия, располагая богатейшим сырьевым потенциалом природного камня, по уровню его производства занимает 30-е место. Хотя в стране отмечается устойчивая тенденция роста потребления природного камня с темпами 10–12% в год, при этом примерно 50% приходится на долю импорта из ближнего и дальнего зарубежья, что обуславливается недостаточным объемом добычи природного камня [1].

Увеличение объемов добычи облицовочного камня требует вовлечения в разработку новых месторождений с использованием всех возможностей современного оборудования. В настоящее время на большинстве карьеров по добыче мрамора внедрены алмазно-канатные машины

(АКМ). При этом возможности данного оборудования используются не в полной мере, например АКМ практически не применяются при удалении скальной вскрыши.

Как правило, в России трещиноватый мрамор традиционно обрабатывают баровыми камнерезными машинами (БКМ), причем на обработку данного слоя приходится от 40 до 80% времени, затрачиваемого на строительство карьера [2].

Строительство карьера при традиционном подходе с производственной мощностью по блокам 10 тыс. м³ может длиться 3–5 лет, в связи с чем в ряде случаев строительство карьера останавливается, а выработанное пространство рекультивируется, например месторождения Рыскупинское, Еленинское и т.д.

С целью сокращения времени строительства карьера исследована возможность совместной обработки скальной вскрыши и добычного горизонта одним высоким уступом комбинированной обработкой с использованием АКМ и БКМ [3]. Высота уступа при использовании АКМ в отличие от БКМ не фиксирована и на добычных горизонтах определяется исходя из условия обеспечения максимального выхода блоков.

Для обоснования высоты уступа при совместной обработке скальной вскрыши и добычного горизонта АКМ исследовано влияние высоты уступа в диапазоне от 6 до 12 м на срок строительства карьера (рис. 1). В расчетах принята проектная производительность карьера 45 тыс. м³, выемочно-погрузочное оборудование – передвижной кран.

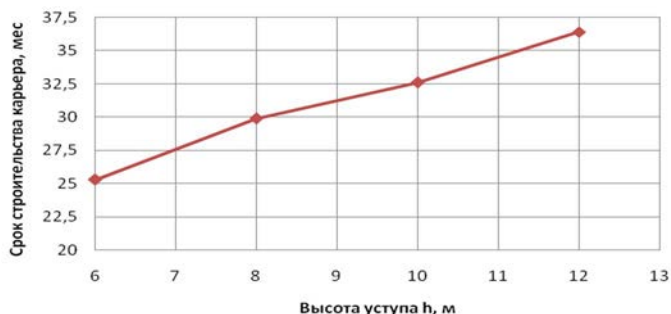
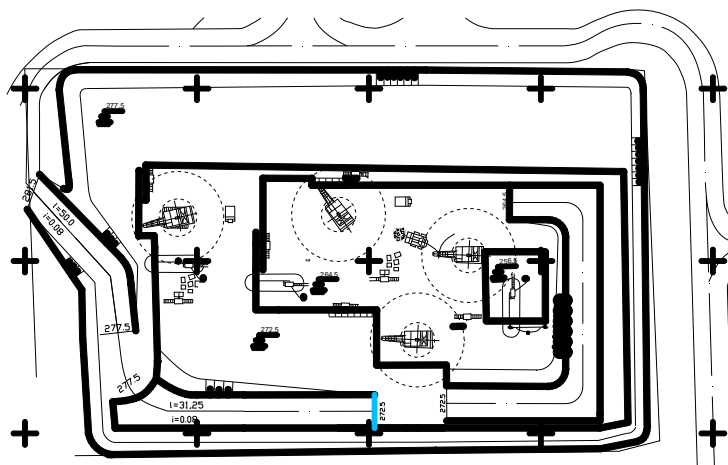


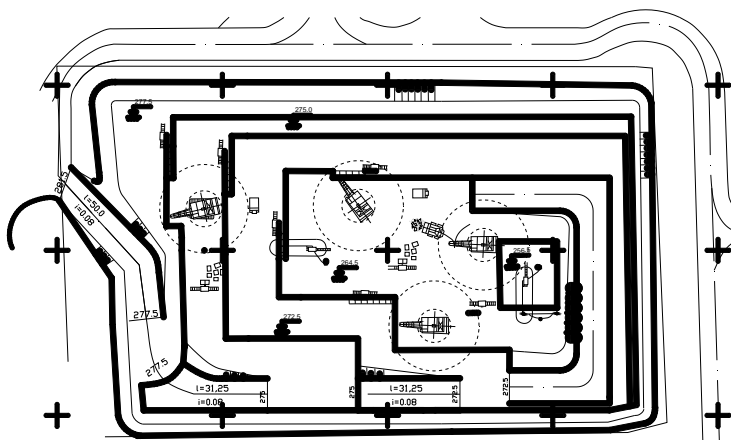
Рис. 1. График зависимости срока строительства карьера от высоты уступа

Как видно из графика на рис. 1, увеличение высоты уступа значительно увеличивает срок строительства карьера за счет увеличения объемов скальной, в связи с чем в дальнейших расчетах принимается высота уступа скальной вскрыши 6 м.

В условиях Редутовского месторождения проведен анализ вариантов строительства карьера с использованием для удаления скальной вскрыши БКМ (рис. 2, б) и АКМ (рис. 2, а).



a



б

Рис. 2. Строительство карьера с различным камерезным оборудованием, используемым при удалении скальной вскрыши: а – удаление скальной вскрыши АКМ и БКМ; б – удаление скальной вскрыши БКМ

В результате проведенных исследований установлено, что при производительности карьера 45 тыс.м³ по мрамору удаление скальной вскрыши комплексом из АКМ и БКМ при высоте уступа по скальной вскрыше 6 м позволяет увеличить рентабельность предприятия с 8,9 до 13,5 %, снизить период строительства карьера на 2 мес, по сравнению с применяемым в настоящее время комплексом из баровых камерезных машин. Эффективность применения комплекса АКМ и БКМ объясняется главным образом увеличением производительности камерезного оборудова-

ния и снижением капитальных затрат. Наряду со снижением капитальных затрат использование АКМ при удалении скальной вскрыши позволяет получать попутную добычу в более ранний период.

Список литературы

1. Косарев Л.В. Обоснование технологических параметров процесса подготовки к выемке блоков мрамора камнерезным комплексом с учетом трещиноватости массива: дис. ...канд. техн. наук. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2012. 110 с.
2. Долговых Ю.В. Систематизация способов вскрытия рабочих горизонтов при разработке месторождений мрамора // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2011. С. 26-33.
3. Расчет капитальных затрат и продолжительности формирования высокого уступа на карьерах блочного мрамора различными комплексами оборудования / Г.А. Караулов, Н.Г. Караулов, Л.В. Косарев, Ю.В. Долговых // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2008. С. 139-146.

УДК 622.012:658.5

**И.Т. Мельников, И.А. Пыталев, С.Н. Корнилов, И.М. Кутлубаев,
К.П. Васильев, И.И. Мельников, Н.С. Шевцов**

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ ГИДРОТРАНСПОРТА ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Для горной промышленности характерно ухудшение горно-геологических условий разработки полезных ископаемых. В настоящее время разрабатываются месторождения, содержание железа в которых не превышает 40%, а годовой выход хвостов на разных предприятиях варьирует от 0,876 до 38,67 млн т.

В настоящее время в связи с увеличением высоты хвостохранилищ и дальности транспортирования пульпы затраты на складирование 1 т хвостов соизмеримы с затратами на добычу 1 т железной руды.

В связи с невысоким содержанием железа в сырой руде и вовлечением в разработку труднообогатимых руд объёмы перекачиваемой пульпы достигают 20–90 тыс. м³/ч. Гидротранспорт хвостов обогащения с весовой консистенцией $R=Ж:Т$ более 15–20 м³ на 1 т твёрдого приводит к

транспортированию больших объёмов пульпы и, как следствие, к необходимости подачи значительных объёмов оборотной воды из прудков-отстойников хвостохранилищ на обогатительные фабрики (ОФ). Поэтому существующие системы гидротранспорта являются энергоёмкими, трудозатратными, а данные показатели неуклонно возрастают по мере наращивания хвостохранилищ и вовлечения в эксплуатацию новых, более удалённых накопителей отходов обогащения.

Реализация внутризаводского сгущения однозначно обеспечивает снижение энергозатрат и металлоёмкости, но приводит к увеличению гидравлического уклона и необходимости подключения сгустительных установок и дополнительных последовательно включённых землесосов.

Эффективность работы горно-обогатительных комбинатов в значительной мере зависит от того, насколько рационально спроектированы их хвостовые хозяйства. Основным вопросом при расчете гидротранспорта является определение удельных и общих потерь напора в пульпопроводе, пропускной способности гидротранспортной системы и её энергоёмкости.

Поэтому целью данной работы явилась разработка методики для определения рациональной степени сгущения пульпы с учётом подключения дополнительных землесосов из-за увеличения гидравлических потерь при транспортировании сгущенных пульп и затрат на сгустительные установки.

По предложенной методике выполнены расчёты основных технологических параметров напорного гидротранспорта для следующих условий: количество транспортируемых хвостов $G_{хв}=500$ т/ч, $\gamma_T=3,0$ т/м³ и средневзвешенный диаметр хвостов изменялся в пределах $d_{ср}=0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ и $0,5$ мм. Результаты расчетов по предложенной методике представлены на рис. 1 и 2.

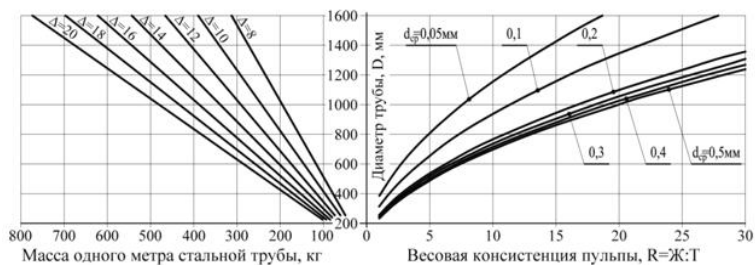


Рис. 1. Зависимость критического диаметра пульпопровода и веса 1 м стальной трубы от весовой консистенции пульпы R и средневзвешенной крупности транспортируемого материала

Анализ результатов расчёта по предлагаемой методике показывает, что сгущение пульпы приводит к значительному увеличению гидравлических уклонов, снижению энергоёмкости транспортирования и уменьшению диаметров пульпопроводов при обеспечении наиболее экономичных незаилающих режимов гидротранспортирования.

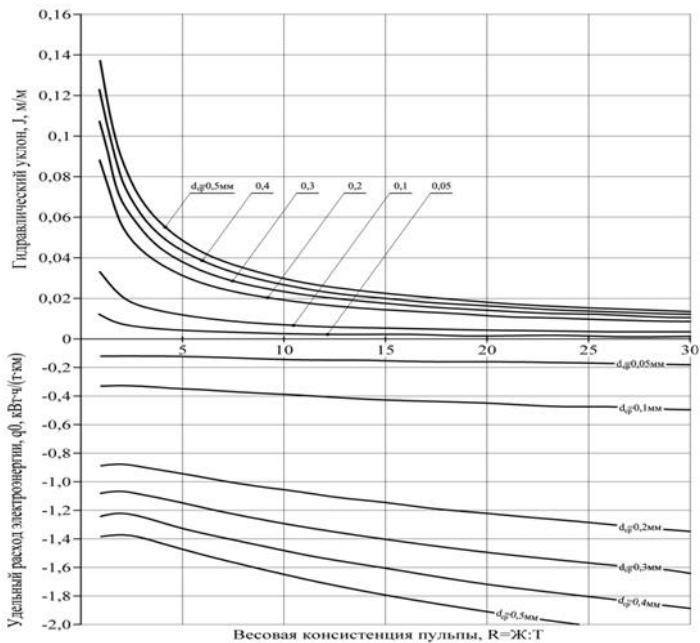


Рис. 2. Зависимости гидравлического уклона J_n и удельного расхода электроэнергии q_0 от весовой консистенции пульпы R и средневзвешенной крупности транспортируемого материала d_{cp}

Выводы

1. Расчёты показывают, что крупность хвостов оказывает влияние на величину гидравлического уклона. При $d_{cp} = 0,1$ мм при консистенции $R = 20$ гидравлический уклон $J = 0,004$, а при $d_{cp} = 0,5$ мм и $R = 20$ гидравлический уклон $J = 0,018$, т.е. почти в 5 раз больше.
2. На энергоёмкость процесса гидротранспортирования большое внимание оказывает консистенция пульпы. При консистенции $R = 20$ и для $d_{cp} = 0,5$ мм энергоёмкость составляет $q_0 = 1,89$ кВт·ч/т·км, а при $R = 5$ энергоёмкость снижается до $q_0 = 1,456$ кВт·ч/т·км.
3. Сгущение пульпы с $R=20$ до $R=5$ при $d_{cp}=0,1$ мм приводит к уменьшению требуемого диаметра пульповодов с 1,34 м до 0,66 м, а при $d_{cp}=0,5$ мм с 0,99 до 0,49 м. Уменьшение диаметра для рассматриваемых условий приводит к снижению металлоёмкости соответственно на 200 и 110 кг на 1 п.м длины трассы.
4. Увеличение гидравлического уклона при сгущении пульпы вызывает необходимость эксплуатации центробежных или объёмных гидромашин с развиваемым напором более 20–30 МПа.

Список литературы

1. Холин Н.Д. Основные проблемы гидромеханизации // Строительная промышленность. 1937. № 16.
2. Кнороз В.С. Движение гидросмесей в напорных трубопроводах и метод их расчёта // Известия ВНИИГ. 1941. Т.30.
3. Роер Г.Н. Устойчивые режимы и потери напора при напорном движении пульпы в пульпопроводах // Известия Академии Наук СССР, ОТН. 1939. № 8.
4. Юфин А.П. Движение неоднородной жидкости по горизонтальным стальным незаилённым трубам //Известия Академии Наук СССР, ОТН. 1949. № 8.
5. Евдокимов П.Д. Анализ существующих методов и формул для гидравлического расчёта пульпопроводов и практические рекомендации // Известия ВНИИГ. Т.48. 1952.
6. Мельников Т.И. Анализ существующих формул для определения критических скоростей и гидравлических уклонов в пульпопроводах // Труды МГМИ. 1959. Вып.15. С.69 – 109.
7. Durand R., Condolios E. Donnes techniques sur le refulement hydraulique des materiaux [solides](#) tn Condite. Congres du centenaire de Sosiete de l'industrie minerale, Paris. Juin, 22F,1955.
8. Мельников И.Т., Мельников Т.И., Горбатов А.И. Критический гидравлический уклон пульпопровода // Изв. вузов. Горный журнал. 1997. № 7 – 8. С. 143 – 146.

УДК 622.7.017:17:504.1

О.В. Петрова, Ю.Д. Янтурина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ РАЗРАБОТКЕ УЧАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Особо остро проблема накопленного ущерба возникает в промышленно развитых районах, в частности горнодобывающих. Длительное освоение медноколчеданных месторождений привело к накоплению на поверхности большого количества отходов горного производства в виде складированных хвостов обогащения, отвалов некондиционных руд и вмещающих пород, промышленных стоков.

На предприятии остается острым вопрос о переработке вскрышных пород. Они используются при возведении и наращивании дамб, перерабатываются на дробильно-сортировочном участке с получением строи-

тельного щебня для заполнения выработанных пространств при добыче полезных ископаемых. Проблемой в области обращения с отходами в ОАО «Учалинский ГОК», как и на аналогичных предприятиях, является накопление хвостов обогащения. В 2010 году образовалось 4,84 млн т отвальных хвостов обогащения. Хвосты обогащения по вещественному составу близки к бедным рудам и, следовательно, могут рассматриваться как потенциальный сырьевой источник. Дальнейшее образование и накопление отходов обостряют задачу природопользования и требуют решения проблем, повышения комплексности использования природных ресурсов и утилизации отходов.

Таким образом, существующие в настоящее время технологии по добыче и переработке минерального сырья, какими бы передовыми они не являлись, связаны с негативным воздействием на окружающую среду.

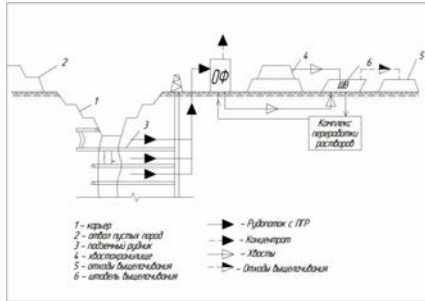
В работе рассматривалось несколько направлений компенсации накопленного экологического ущерба (см. рисунок): 1) извлечение полезных компонентов из текущих хвостов обогащения и дальнейшее складирование на поверхности отходов выщелачивания; 2) извлечение полезных компонентов из текущих хвостов обогащения и утилизация отходов выщелачивания в чаше карьера и подземном выработанном пространстве; 3) утилизация текущих хвостов обогащения в чаше карьера; 4) утилизация текущих хвостов обогащения в подземном выработанном пространстве в качестве закладки; 5) утилизация текущих хвостов обогащения в чаше карьера и в качестве закладки в подземном выработанном пространстве.

Оценка накопленного экологического ущерба проведена для условий разработки Учалинского месторождения. Воздействие накопленного ущерба оценивалось по комплексному критерию экологичности [1]. Результаты расчета комплексного критерия экологичности представлены в табл. 1.

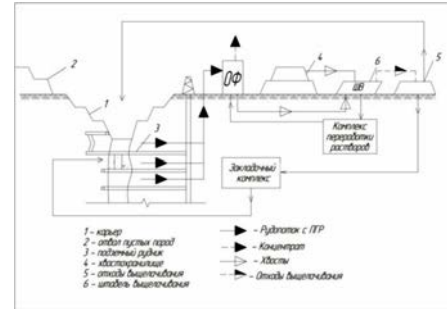
Таблица 1

Результаты расчета комплексного критерия экологичности

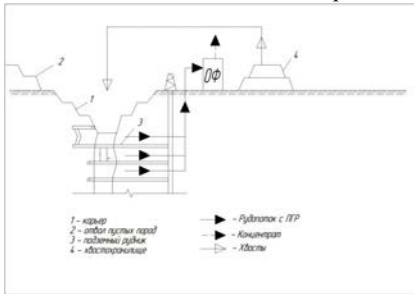
| Вариант горнотехнической системы | $K_{ц}$ | $K_{исп.пр}$ | $K_{зем.отв}$ | $K_{ут.омх}$ | $K_{пр.вод}$ | $K_{н}$ | Комплексный критерий экологичности |
|----------------------------------|---------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------|------------------------------------|
| 1 | 0,247 | 0 | 0,119 | 0 | 0,488 | 0,325 | 0,177 |
| 2 | 0,247 | 0,266 | 0,291 | 0,170 | 0,488 | 0,325 | 0,228 |
| 3 | 0,247 | 0,266 | 0,244 | 0,170 | 0 | 0 | 0,083 |
| 4 | 0,213 | 0,031 | 0,221 | 0,153 | 0 | 0 | 0,060 |
| 5 | 0,247 | 0,266 | 0,291 | 0,170 | 0 | 0 | 0,103 |



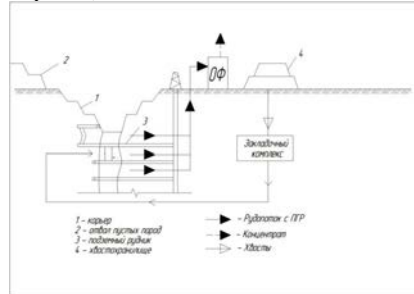
Извлечение полезных компонентов из текущих хвостов обогащения и последующее складирование отходов выщелачивания на поверхности (1 вариант)



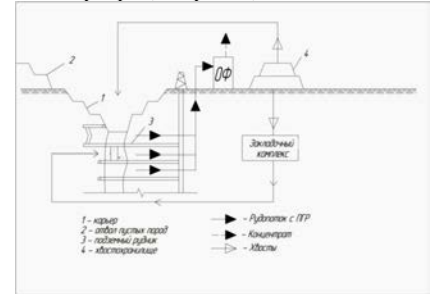
Извлечение полезных компонентов из текущих хвостов обогащения и утилизацию отходов выщелачивания в чаше карьера (2 вариант)



Утилизация текущих хвостов обогащения в чаше Учалинского карьера (3 вариант)



Утилизация текущих хвостов обогащения в подземном выработанном пространстве (4 вариант)



Утилизация текущих хвостов обогащения в чаше карьера и в качестве закладки в подземном выработанном пространстве (5 вариант)

Направления компенсации накопленного экологического ущерба при разработке Учалинского месторождения

Сравнивая значения комплексного критерия экологичности, можно увидеть, что предпочтительным является 2 вариант, который предполагает извлечение полезных компонентов из текущих хвостов обогащения, утилизацию отходов выщелачивания в чаше карьера и в подземном выработанном пространстве. При данном варианте, во-первых, хвосты обогащения используются в качестве минерально-сырьевых ресурсов, во-вторых, снижается отрицательное воздействие техногенного объекта на окружающую среду.

Для объективной оценки перспективности реализации рассматриваемых технологических схем с позиции экономической целесообразности произведен расчет критерия индекса доходности технологий активной утилизации техногенного сырья [2]. Расчет индекса доходности для вариантов технологических схем компенсации накопленного экологического ущерба представлен в табл.2.

Таблица 2

Расчет индекса доходности для различных технологических схем

| № п/п | Показатели | Единица измерения | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант | 4 вариант | 5 вариант |
|-------|--|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Производительность по хвостам обогащения | тыс.т. / год | 6000 | 6000 | 6000 | 2000 | 6000 |
| 2 | Капитальные вложения | млн р. | 275,79 | 1278 | 1832 | 1832 | 1832 |
| 3 | Извлекаемая ценность текущих хвостов обогащения | млн р./ год | 2599,6 | 2599,6 | | | |
| 4 | Экономия на платежах за размещение отходов | млн р./ год | | 139,5 | 120,7 | 120,1 | 139,5 |
| 5 | Экономия на платежах земельного налога | млн р./ год | | 28 | 28 | 18 | 28 |
| 6 | Экономия на платежах за сброс загрязняющих веществ в водные объекты | млн р./ год | 55,89 | 55,89 | | | |
| 7 | Экономия на складочных работах | млн р./ год | | 30,08 | | 30,08 | 30,08 |
| 8 | Дополнительная экономия на материальных ресурсах при обогатительном переделе | млн р./ год | 601,1376 | 601,1376 | | | |
| 9 | Затраты на выщелачивание текущих хвостов обогащения | млн р./ год | 559,47 | 559,47 | | | |
| 10 | Затраты на переработку продуктивных растворов методом экстракции | млн р./ год | 3023,76 | 3023,76 | | | |
| 11 | Годовой эффект альтернативных технологий | млн р./ год | -326,56 | -128,96 | 148,72 | 168,32 | 197,60 |
| 12 | Индекс доходности | млн р./ год | 0 | 0 | 0,09 | 0,1 | 0,12 |

Выполненные расчеты показали нецелесообразность переработки хвостов обогащения ввиду их низкой извлекаемой ценности (значения индекса доходности для вариантов 1 и 2 равны 0). Эффективным направлением снижения накопленного экологического ущерба является целенаправленное складирование отходов переработки. При складировании текущих хвостов обогащения в чаше карьера индекс доходности равен 0,09, что соответствует сроку окупаемости 11 лет. В случае использования текущих хвостов в составе закладки индекс доходности равен 0,1, что соответствует сроку окупаемости 10 лет. Наиболее эффективным направлением снижения накопленного экологического ущерба является складирование текущих хвостов в чаше карьера и использование их при закладке подземного выработанного пространства (индекс доходности равен 0,12, что соответствует сроку окупаемости 8 лет).

Таким образом, снизить накопленный экологический ущерб достаточно проблематично, о чем свидетельствуют низкие показатели экономической эффективности, поэтому при проектировании горнотехнических систем технологические решения должны быть направлены на предотвращение негативного воздействия на окружающую природную среду.

Список литературы

1. Методика оценки эколого-экономической эффективности освоения участка недр / В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова, О.В. Петрова, Т.П. Плесовских // Маркшейдерский вестник. 2012. №1. С. 59-65.
2. Милкин Д.А., Петрова О.В., Аверьянов К.А. Обоснование критерия сравнительной экономической эффективности технологий активной утилизации техногенного сырья // Маркшейдерский вестник. 2012. №2. С. 20-24.

УДК 622.83

С.Е. Гавришев, О.С. Колесатова, Н.В. Литвиненко, С.О. Картунова
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им.Г.И. Носова»

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОГО ПРОФИЛЯ ВОСТОЧНОГО ОТВАЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МАЛЫЙ КУЙБАС»

Определение параметров устойчивых отвалов является важной задачей, от успешного решения которой зависят технико-экономические показатели работы предприятия, рациональное использование недр, охрана недр и окружающей среды.

В настоящее время на месторождении «Малый Куйбас», являющимся сырьевой базой ОАО «ММК», существует проблема нехватки свободных емкостей отвалов для размещения в них вскрышных пород. Увеличение емкостей отвалов возможно либо за счет увеличения площадей, занимаемых отвалами, что приведет к отчуждению дополнительных площадей сельскохозяйственных угодий, либо за счет увеличения высоты отвалов, что может привести к потере устойчивости отвалов и их деформации. Оба варианта увеличения емкостей отвалов приведут к дополнительным экономическим затратам.

Формирование Восточного отвала выполнялось одним ярусом высотой до 50 м, угол откоса составлял 37° (угол естественного откоса). В 2005 г. началось развитие деформационных явлений в виде выпоров пород в основании отвала, в связи с этим работы по формированию отвала были приостановлены в 2011 г.

Основной причиной деформаций Восточного отвала явилось то, что при проектировании не было учтено наличие слабого наклонного основания большой мощности, представленного глинистыми породами, мощность которых достигает 40 м.

Для размещения дополнительных объемов вскрышных пород на Восточном отвале в границах действующего земельного отвода было выполнено определение параметров профиля отвала, обеспечивающего его устойчивость. Критерием оценки является коэффициент запаса устойчивости (КЗУ), который для отвалов составляет 1,2.

Определение устойчивых параметров Восточного отвала месторождения «Малый Куйбас» выполнялось методом алгебраического сложения сил по наиболее вероятной поверхности скольжения [1], представляющей собой кривую переменной кривизны. Для определения положения поверхности скольжения проводился ряд расчетных поверхностей (в количестве 4-5 шт. для каждого варианта), из которого выбиралась наиболее напряженная поверхность (рис.1).

Построение поверхности скольжения производилось следующим образом (рис.2) [2, 3]. Поверхность скольжения начинается с верхней площадки вертикальной трещиной отрыва, далее она переходит в плавную кривую, состоящую из трех дуг различных радиусов. Первая дуга с радиусом кривизны R_3 выходит из вертикальной трещины отрыва под углом

$$45^\circ + \frac{\varphi_1}{2} \text{ к горизонтали и заканчивается на контакте со слабым слоем,}$$

где происходит излом поверхности скольжения под углом $\psi = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}$.

Первая дуга входит в слабый слой под углом θ , а из контакта слоев выходит вторая дуга с радиусом кривизны R_2 под углом θ_1 . В слабом слое основания поверхность скольжения плавно переходит из второй дуги с

радиусом кривизны R_2 в третью дугу с радиусом кривизны R_3 , и выходит в подошву откоса под углом $45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}$.

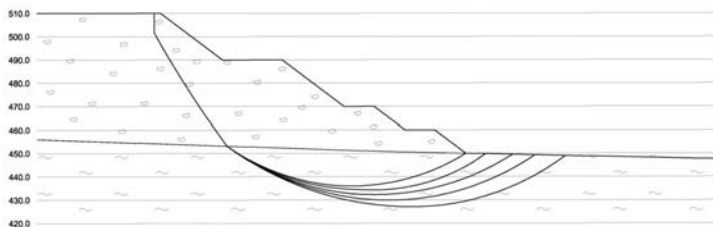


Рис. 1. Ряд расчетных поверхностей скольжения

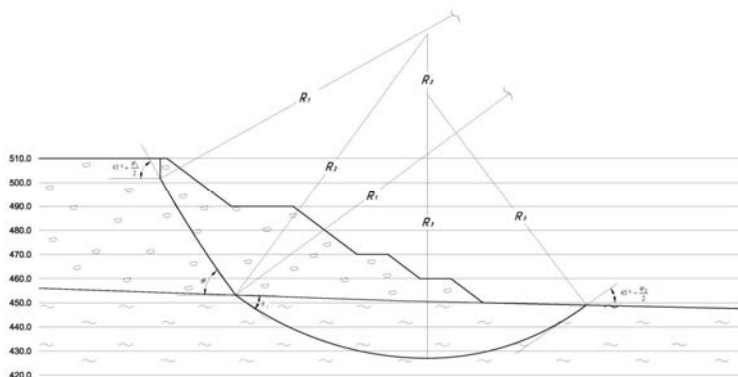


Рис. 2. Построение поверхности скольжения

По каждой из полученного ряда поверхностей скольжения рассчитывался КЗУ методом алгебраического сложения сил.

Первоначально был определен КЗУ отвала по фактическому профилю на момент появления деформаций. Расчет показал, что отвал находился в неустойчивом положении – КЗУ составил 0,92. Далее была выполнена корректировка конструктивных параметров профиля отвала (изменение результирующего угла откоса отвала за счет создания горизонтальных площадок). В результате, были предложены два варианта конструктивных параметров устойчивого отвала, КЗУ в обоих случаях соответствует нормативному значению.

По предложенным вариантам формирования устойчивого отвала была проведена сравнительная оценка дополнительно размещаемых объемов пустых пород и выбран вариант с наибольшей величиной дополнительно размещаемых вскрышных пород в отвале. Дополнительно размещаемый объем вскрышных пород в Восточном отвале составит порядка 6 млн м³.

Заключение. Для предотвращения дальнейших деформаций отвала и создания возможности дополнительного размещения в нем вскрышных пород были предложены два варианта конструктивных параметров откоса отвала для дополнительного размещения в нем вскрышных пород. Для применения был выбран вариант с наибольшим объемом размещения вскрышных пород, чем будет обеспечена устойчивость и увеличена емкость Восточного отвала на месторождении «Малый Куйбас».

Список литературы

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 380 с.
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов, строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., 1972. 160 с.
3. Попов И.И., Шпаков П.С., Поклад Г.Г. Устойчивость породных отвалов. Алма-Ата: Наука, 1987. 224 с.

УДК 622.271.333.023.42

О.С. Колесатова, Л.А. Ибрагимова, М.Ф. Тулубаева

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

ОБОСНОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАРКШЕЙДЕРСКОГО МОНИТОРИНГА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КАМАГАН

Для обоснования положения поверхности скольжения в условиях месторождения Камаган предлагается использовать геодезический метод определения мощности оползня на основе результатов маркшейдерского мониторинга бортов карьеров. Этот метод был предложен Г.И. Лебедем в 1981 г. [1,2]. В основу определения поверхности скольжения по геодезическим данным положена гипотеза о параллельности вектора пространственного смещения пункта и касательной к поверхности скольжения в соответствующей точке (рис.1). Следствием этого процесса является смещение пунктов в пространстве. Зная координаты пунктов и смещения, можно рассчитать углы наклона поверхности скольжения в заданном направлении, в дальнейшем по которым определяется превышение. Объединяя превышения в нивелирный ход, можно передать высоту от исходных точек к искомому. Метод нахождения высот поверхности скольжения оползня по результатам маркшейдерского мониторинга называют деформационным нивелированием.

Методом деформационного нивелирования можно построить также план поверхности скольжения. Пункты могут располагаться на оползне без определенного порядка, но желательно равномерно [3].

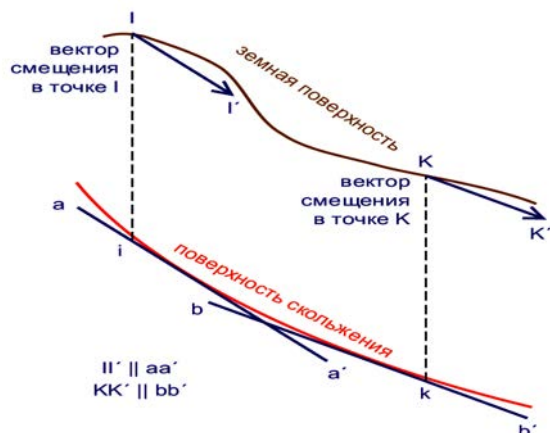


Рис.1. Геометрический принцип определения наклона поверхности скольжения по векторам смещения

Данный метод позволяет расширить информативность маркшейдерского мониторинга без увеличения объема полевых работ.

Для реализации предложенной методики на месторождении была заложена наблюдательная станция, которая образует пять профильных линий (рис.2).

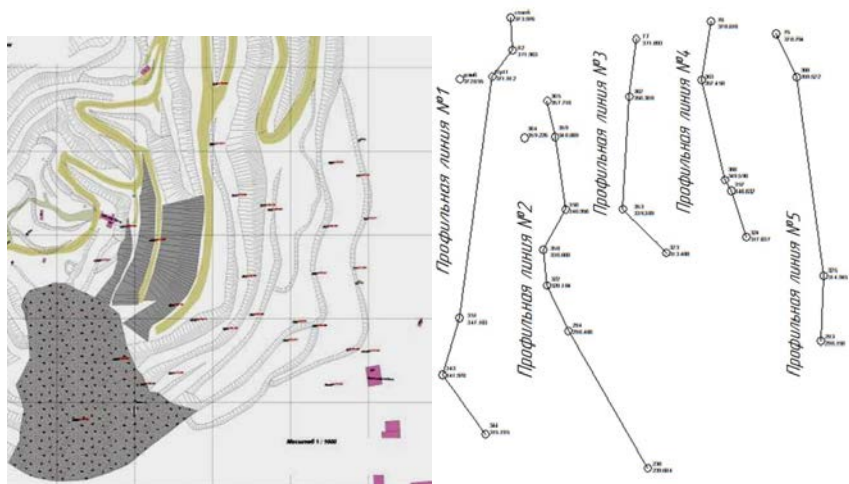


Рис. 2. План расположения реперов и профильные линии

Обработка данных маркшейдерского мониторинга, позволяющего получить продольный профиль поверхности скольжения оползня, включает: 1) выбор продольных профилей (сечений), в направлении которых будут строиться линии скольжения оползня (профили должны быть ориентированы по направлению смещения оползня и приурочены к местам с наибольшей плотностью пунктов);

2) определение по результатам геодезического мониторинга наклонов векторов смещений деформационных пунктов, включенных в профили (см. таблицу);

Результаты вычислений параметров деформаций по профильной линии №1

| Δx | Δy | S | η -вертик. смещения | ξ -горизонт. смещения | ν -угол наклона векторов смещения | $\text{tg}((\nu_i + \nu_k)/2)$ | h-превышения |
|------------|------------|-----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| 1,85600 | -25,27100 | 25,33906 | 0,00100 | 0,03650 | 0,02739 | 0,21766 | 5,51538 |
| -16,07100 | -20,11300 | 25,74509 | 0,01800 | 0,04243 | 0,40125 | 0,34672 | 8,92633 |
| -26,27700 | -184,29200 | 186,15591 | 0,02100 | 0,07700 | 0,26625 | -0,14429 | -26,86100 |
| -13,07000 | -43,62800 | 45,54369 | -15,54900 | 25,19905 | -0,55286 | -0,70758 | -32,22584 |
| 34,05200 | -45,08500 | 56,49952 | -15,51600 | 19,23712 | -0,67873 | -0,66246 | -37,42879 |
| | | | -2,03700 | 3,80577 | -0,49144 | | |

3) расчет по методу деформационного нивелирования превышений на поверхности скольжения между смежными точками профилей;

4) построение для каждого сечения линии скольжения оползня, совмещенной с профилем земной поверхности (рис.3).

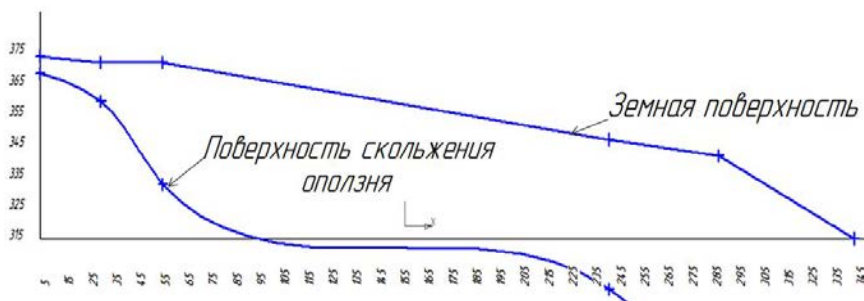


Рис. 3. Поверхность скольжения по профильной линии 1

Данная методика позволила произвести расчет и построение линии скольжения по всем остальным профильным линиям.

В результате построения поверхностей скольжения по пяти профильным линиям было определено тело оползня (рис.4, а).

В заключение следует сказать, что обработка результатов по методу деформационного нивелирования позволяет расширить информативность маркшейдерского мониторинга без увеличения объема полевых работ.

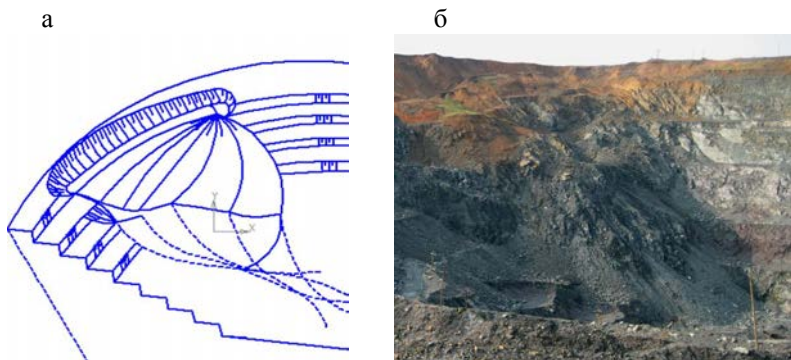


Рис.4. Тело оползня: а – по результатам маркшейдерского мониторинга;
б – по результатам фотосъемки.

Список литературы

1. Куцериб Н.А., Черныга П.Г., Лебедь Г.И. Определение поверхности скольжения оползня по геодезическим наблюдениям // Геодезия и картография. 1981. №4. С. 22-23.
2. Кузнецов А.И., Моисеенко С.А., Волков В.А. Опыт использования данных геодезического мониторинга для построения поверхности скольжения оползня // Инженерные изыскания. 2011. № 2. С.56-59.
3. Руководство по проектированию и устройству заглубленных инженерных сооружений. М.: Стройиздат, НИИСК Госстроя СССР, 1986. 92 с.

УДК 331.102-057

Е.В. Мальцева, А.С. Полянская

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Н.И. Носова»

ФОРМИРОВАНИЕ ПЯТЕРИЧНОГО СЕКТОРА

Экономическая теория утверждает, что экономика сама по себе неоднородна, в ней можно выделить сектора. Классификация секторов характеризуется зависимостью от природной среды. В настоящее время по данному критерию принято выделять 5 секторов: первичный, вторичный, третичный, четвертичный, пятеричный. Сферы человеческой деятельности, относимые к вторичному - пятеричному секторам, имели место с самого первого момента зарождения человеческой цивилизации.

Первым исторически сложился первичный сектор экономики, который включает в себя сельское хозяйство и добычу полезных ископаемых для собственных нужд. На первичном секторе экономики базировалась экономика человеческих сообществ фактически до XVII века, а в некоторых местах и позже. Владельцы активов первичного сектора экономики, а к ним относятся земля, сельскохозяйственные угодья, леса, рудники были во времена «царствования» первичного сектора самыми богатыми и влиятельными людьми.

Следующим сложился вторичный сектор экономики, который включает в себя перерабатывающую промышленность. Возникновение этого сектора экономики ознаменовало собой становление нового типа экономики – индустриальной. Появление вторичного сектора разорило некоторых людей. Произошли изменения и во власти. Ее получили те, кто олицетворял собой вторичный сектор.

XX век ознаменовался появлением нового сектора экономики - третичного, который и стал непосредственной производительной силой. Третичный сектор включает в себя сферу квалифицированных услуг, производство программного обеспечения, производство технологий, продукции массовой культуры, финансы и прочих нематериальных богатств. Также сюда относятся логистика и оптимизация финансовых потоков, например через офшоры. На сегодня он является главным сектором глобальной экономики по массе прибыли, который дотирует и первичный сектор, и индустрию в мировом масштабе.

Экономисты со старыми взглядами долгое время не признавали тот факт, что третичный сектор может быть производителем добавленной стоимости. Как и при предыдущей смене типа экономики, все те, кто не понял, что она изменилась, были разорены. Кроме того, власть перешла к тем, кто олицетворял собой третичный сектор. К нему были отнесены «домашние и квази-домашние услуги» (общественное питание, гостиничные услуги, парикмахерские, салоны красоты, услуги по ремонту и «мелкомасштабное производство» как виды деятельности, которые традиционно выполнялись домохозяйствами).

Как известно, нет ничего вечного под Луной. Примерно с 80-х годов XX века индустриальный сектор начал постепенно сдавать свои позиции, и в последнее десятилетие этого века он полностью уступил их четвертичному сектору. К нему отнесли услуги, «способствующие или повышающие эффективность разделения труда» (транспорт, торговля, коммуникации, финансы и администрирование).

Рассматривая экономику в разрезе секторов, можно увидеть тенденцию к постоянному снижению занятых в первичном секторе (сельское хозяйство, рыболовство), их увеличение и последующее снижение во вторичном секторе (промышленность) и стабильное увеличение в третичном секторе (услуги).

Согласно концепции секторов экономисты Фут и П. Хэтт выделили четвертичный и пятеричный сектора. Четвертичный сектор включает в

себя формирование уровня квалификации работников и воплощение новых идей. Именно этот сектор и сейчас является наиболее перспективным и прибыльным.

Пятеричный сектор объединил услуги, «совершенствующие и расширяющие человеческие способности» (медицинское обслуживание, образование, исследования, рекреационные услуги и искусства).

По данным Всемирного банка, доля услуг в структуре ВВП, например Гонконга, составляет 92%. Для сравнения: доля услуг в ВВП во Франции – 78%, США – 77%, Великобритании – 76%, Германии – 69%, России – 58%, Украины – 55%, Казахстана – 51%.

К 2020-2030 годам на первое место выйдет пятеричный сектор, связанный с формированием мотивации – образование, здравоохранение, деловые услуги, исследовательская деятельность. Преимущества пятеричного сектора заключаются в позициях: контроль качества сервиса; мотивация персонала; лояльность клиентов; эффективный мерчандайзинг; увеличение продаж; позитивный имидж; мощный PR.

В цветовой классификации новый класс получил название «золотые воротнички» – это высший класс современного развитого постиндустриального общества, учёные, бизнесмены, успешно осваивающие сферу высоких технологий, работники международных организаций, сотрудники и менеджеры транснациональных компаний. Другими словами, профессионалы, которые смогут передать свое мастерство и помочь партнерам по команде стать самыми лучшими в своей области.

В 2000 году «золотых воротничков» насчитывалось в мире всего 20 миллионов человек, 40% из которых – американцы. В 2010 году их численность удвоилась. Лига «золотых воротничков» ставит перед лидерами задачу не только самим достичь финансовой независимости, но и поднять вместе с собой мощную команду лидеров.

Появление нового класса заинтересовало западных социологов. В 2004 году появилось исследование Самюэля Хантингтона «Кто мы?», в котором он попытался набросать идеологический портрет новой элиты. Выводы его неутешительны. «Золотые воротнички» определённо космополитичны. Они воспринимают себя «гражданами мира» и обладают всеми качествами, каких ожидают от космополитов. Это городские люди, универсалисты в своих воззрениях на политику и этнические ценности. Вместе с глобалистической элитой других стран они находятся в своеобразном «социокультурном пузыре», стенки которого отделяют их от национальных культур. Друг с другом они общаются посредством денационализованного гуманитарно-технологического английского. Они не нуждаются в национальной идентичности и воспринимают федеральное правительство как реликт прошлого, чья единственная задача – содействовать упрочению мировой экономики и их благосостояния. Дом для них – глобальный рынок. В мире, в котором они существуют, имеют значение только «конкурентные преимущества и рыночные ниши», «соотношение стоимости и эффективности», «максимизация прибыльности и минимизация затрат»,

«прибыльность и практический результат». Глобализация мышления транснациональной экономической элиты ведёт к отмиранию у её представителей чувства принадлежности к национальному сообществу. Они учатся в зарубежных университетах, работают за границей, на организации, действующие в мировых масштабах. Они создают мир в мире, их объединяют мириады невидимых нитей глобальной экономики, но от своих соотечественников они зачастую словно отгораживаются стеной.

Поэтому именно образование становится одной из важнейших и прибыльных отраслей экономики, приобретая конкретно-практическую ориентированность. Привлечение высококвалифицированных работников, обладающих высокой репутацией, под силу только крупным фирмам, ресурсы которых позволяют обеспечить им необходимый уровень оплаты труда.

Оценка работников, предоставляющих услуги, обладает рядом особенностей, обусловленных спецификой служебной деятельности. Общие критерии оценки работника: образование, квалификация, стаж работы, возраст дополняются специфическими критериями: репутация и личностные качества работника, его способность построить продуктивные отношения с потребителями услуг, личная и культура обслуживания. Причем, если профессиональные оценки возможно повысить в процессе обучения работника, то его личностные качества, от которых в значительной степени зависит эффективность обслуживания, принимаются фирмой как данность. Особая роль принадлежит таким критериям, как репутация, способность к эффективным коммуникациям, культура, обучаемость.

Репутация работника, оказывающего услугу, – это важнейший фактор формирования (или утраты) фирмой клиентской сети, которая зависит от его способности к эффективным коммуникациям.

Профессионализм работника – это знания и опыт, умение строить и осуществлять эффективные отношения с клиентами. Эффективные коммуникации возможны, во-первых, если работнику присуща личная культура, адекватная общепринятым нравственным нормам и ценностям, во-вторых, его профессиональная деятельность соответствует принципам культуры обслуживания.

Обучаемость работника является важным критерием, влияющим на выбор работодателя. Во-первых, процессы обслуживания постоянно совершенствуются: возникают новые технологии, ресурсы, услуги. Во-вторых, от способности работника к обучению зависит возможность повышения его профессионального уровня в процессе работы на предприятии. В-третьих, обучаемость как характеристика работника выступает одним из факторов повышения его репутации, поскольку способствует овладению правилами и нормами культуры обслуживания, межличностными отношениями.

Итак, XX век стал периодом, на который пришлась сервисная революция. Ведущую роль начинает играть финансовый, фиктивный капитал, соответствующий псевдо конструктивному способу присвоения.

Конец XX – начало XXI веков является периодом перехода к экономике знаний, поэтому исследователи в этой области начинают говорить о капитале человеком, интеллектуальном. Основным фактором развития является человек, но уже не столько в биологической, сколько в духовной ипостаси. Как в дальнейшем пойдет развитие человечества, очень трудно предполагать. Возможно, человечество выйдет на новый уровень развития, когда ключевым фактором станет опять территориальный капитал, но уже за пределами планеты, давшей жизнь человечеству. Это покажет будущее.

Список литературы

1. Василевский Э. Структурные сдвиги, динамика и эффективность роста экономики США до 2020 г. // Мировая экономика и международные отношения. 2006. №9. С. 74-87.
2. Управление и организация в сфере услуг / Хаксевер К., Рендер Р., Рассел Р., Мердик Р.; пер. с англ. под ред. В.В. Кулибановой. 2-е изд. СПб.: Питер, 2002. 752 с.
3. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. М.: Academia, 1999.
4. <http://digest.subscribe.ru/>

УДК 622.1:528:004.42

Т.В. Яковлева, В.Н. Кобелькова, М.В. Фадеев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КАМЕРАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЁМОК В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ «MICROSOFT EXCEL»

Отечественная горная промышленность может быть конкурентоспособной на мировом рынке продукции только при автоматизации горнодобывающего производства и повышении уровня знаний ИТР в работе с различными автоматизированными средствами, в том числе с модулем Microsoft Office.

Анализ работы Управления маркшейдерских служб Учалинского ГОКа выявил, что удобнее всего работать с первичной информацией, которая поступает непосредственно из полевых условий. Исходные данные имеют привычный вид, а использование электронных таблиц приложения Excel и накопленной базы данных позволяет добиться улучшения мобильности информации, собранной о данном типе месторождения. Это

значительно упрощает перевод уже накопленного горно-графического материала в электронный вид и проведение расчётов инженерно-техническому персоналу в практически любых программных модулях, созданных для работы в операционной среде Windows.

В статье рассмотрена возможность производства вычислительных работ с помощью Microsoft Excel. на примере решения обратной засечки. Создание табличных модулей в Microsoft Excel начинается с рабочей книги и её сохранения на жестком диске компьютера. Далее в ячейки листа рабочей книги вписываются формулы, с помощью которых Excel ведёт расчеты данных и прописывает их в указанном месте рабочего листа. Данные собираются в результате исполнения маркшейдерских съёмок в подземных и открытых рудниках.

Порядок создания модуля для вычисления обратной засечки

Таблица, в которой будет вычисляться обратная засечка, будет выглядеть почти так же, как журнал, в который идёт запись данных при производственном исполнении обратной засечки (рис. 1).

Обозначается место съёмки, указывается фамилия исполнителя, тип инструмента, дата съёмки, номер полевого журнала и код опорного обоснования.

Исходные данные, полученные после производства съёмки, вносятся в таблицу и рассчитываются по формулам:

1. $=ЕСЛИ(АР11=0;0;О11-АА11*TAN(S11/180*ПИ())+F11-\$N\$5-(АА11*АА11*0,42/6,37/100000)/COS(S11/180*ПИ())/COS(S11/180*ПИ()))$
2. $=ЕСЛИ(АВ11=0;0;КОРЕНЬ(ЕСЛИ(\$K\$6=1;10;20)/206265*АА11*COS(H12/180*ПИ()*ЕСЛИ(\$K\$6=1;10;20)/206265*АА11*СOS(H12/180*ПИ()+0,00005))$
3. $=ABS(ЕСЛИ(ABS(AD\$11-AD11+0,00001)>\$AE\$1*J\$27;0;AD\$11-AD11+0,00001))$
4. $=ЕСЛИ(\$AK29=0;0;ЕСЛИ(\$AK29=1;КОРЕНЬ(AC35*AC35/2);КОРЕНЬ(AN31/SAK29)))$

Формулы содержатся в так называемом блоке обработки данных. В процессе работы блок обработки данных скрыт под эскизом съёмки. Координаты известных точек находятся в каталоге и черпаются из него по мере надобности.

В Инструкции по производству маркшейдерских работ требуется вычислять координаты определяемого пункта из решения двух вариантов засечки, за окончательное решение принимается среднее значение. Такой алгоритм для определения координат пунктов по результатам обратной угловой засечки использован и в этом программном модуле. При этом засечка решается во всех возможных сочетаниях по три исходных пункта, с отбраковкой вариантов с плохой геометрией, с вычислением средних значений координат определяемого пункта.

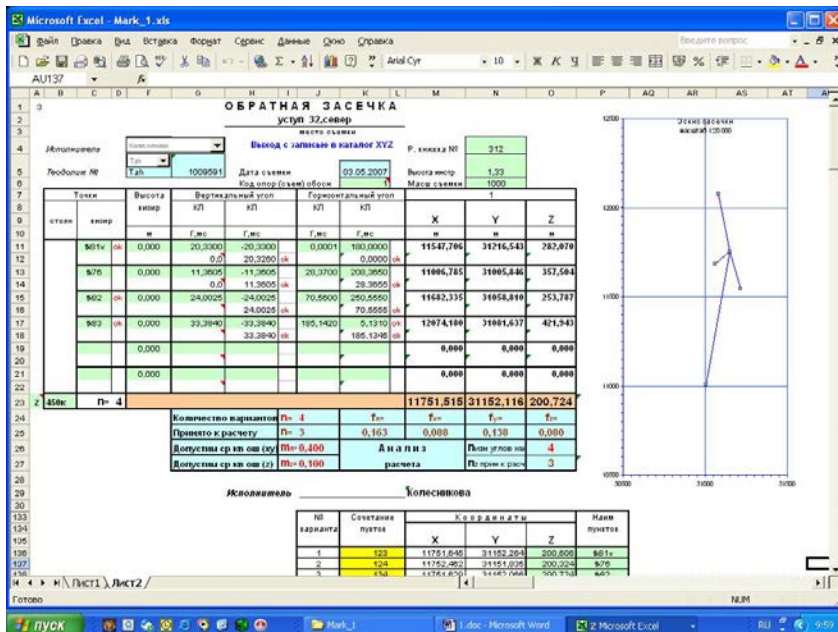


Рис. 1. Занесение исходных данных

Ячейки, в которые заносится информация, закрашены светло-зелёным цветом для быстрого ориентирования при заполнении формы.

При занесении информации в ячейки блок вычислений с помощью формулы:

=СЧЁТЕСЛИ(АР11:АР21;>>0») вычисляет количество измеренных углов наклона и прописывает это число в таблице:

| | |
|-----------------------------|--------------|
| fy= | fz= |
| 0,138 | 0,080 |
| пизм углов нак = | 4 |
| пз прин к расч = | 3 |

Количество принятых к расчету углов уменьшается на 1. Это одно измерение служит для контроля. Коэффициент: f_y вычисляется по формуле $=ЕСЛИ(\$AK29=1;AC35;КОРЕНЬ(AM29*AM29+AN29*AN29))$
 f_x по формуле $=ЕСЛИ(\$AK29=0;0;ЕСЛИ(\$AK29=1;КОРЕНЬ(AC35*AC35/2);КОРЕНЬ(AM31/$AK29)))$

f_y по формуле
 =ЕСЛИ(\$АК29=0;0;ЕСЛИ(\$АК29=1;КОРЕНЬ(АС35*АС35/2);КО
 РЕНЬ(АN31/\$АК29)))

f_z по формуле:
 =ЕСЛИ(АМ8=0;»?»;КОРЕНЬ(АМ7/АМ8))

Значения округляются до тысячных долей единицы для удобства расчетов.

Углы вертикального круга вычисляются по формуле
 =ЕСЛИ(И(Н11=«»;G\$5=63510153);Q11;ЕСЛИ(ОКРУГЛ(G11/90;0)
 =1;V11;ABS(ASIN(SIN((ОСТАТ((ОСТАТ(ABS(Н11*100);1)/0,6+ОТБР(ABS(Н11*100)))/100;1)/0,6+ОТБР(ABS(Н11)))*ПИ()/180))*180/ПИ())*3
 НАК(G11))

горизонтального круга:
 =ОСТАТ((ОСТАТ(ABS(J11*100);1)/0,6+ОТБР(ABS(J11*100)))/100;
 1)/0,6+ОТБР(ABS(J11))

из получившихся значений выбираются средние значения по формулам:
 =(ABS(Q13)+ABS(R13))/2*3НАК(Q13) для вертикального круга;
 =ЕСЛИ(И(К13=«»;G\$5=63510153);W13;ЕСЛИ(W13+X13=0;0;ЕСЛИ(W13>X13;(W13+X13+180)/2;(W13+X13-180)/2))) для горизонтального круга.

Окончательные координаты точек рассчитываются с помощью формул выбора усредненного значения из всех рассчитанных вариантов в скрытом в процессе работы модуля диапазоне ячеек F34:F132 (рис. 2).

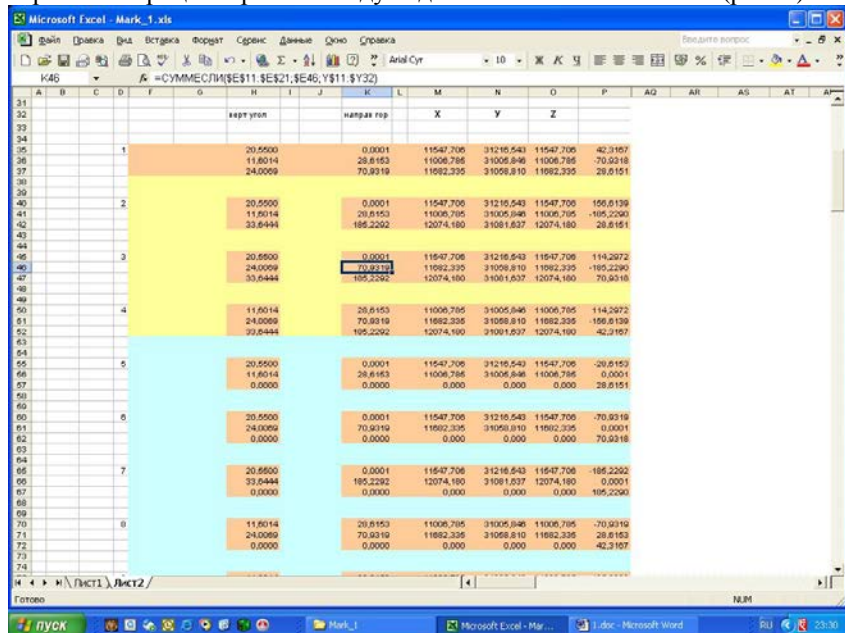


Рис. 2. Расчет координат точек

Созданный модуль обрабатывает данные, используя табличный процессор «**MICROSOFT EXCEL**», совместим с компьютерами, на которых установлена операционная система Windows и пакет программ **MICROSOFT OFFICE**.

УДК 528.087:622.271.023

Е.А. Емельяненко, Е.А. Романько, Е.В. Савченко, А.Б. Янбердина
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ БОРТОВ КАРЬЕРА СИБАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Сибайское месторождение расположено в центральной части рудно-поля в восточном крыле одноименной горст-антиклинали, сложенной породами риолит-базальтовой формации, ограниченное с запада северным экстрезивно-эффузивным куполом липарито-дацитового состава, на востоке – Восточно-Сибайским разрывным нарушением.

Запасы Сибайского медно-колчеданного месторождения осваивают комбинированной последовательной открыто-подземной геотехнологией. Открытые горные работы велись на месторождении в период с 1941 по 2003 гг. В процессе отработки контур карьера неоднократно пересматривался в сторону увеличения глубины и углов наклона бортов с целью вовлечения в добычу открытым способом дополнительных объемов руд. При постановке уступов в предельное положение формировались сгруппированные уступы со следующими параметрами: высота 70–80 м и угол откоса 50–70°. При этом, за контуром карьера осталось 19314 тыс. т руды, из которых 39% залегают в бортах карьера выше горизонта 469 м. Для доработки оставшихся запасов был осуществлен переход на подземную геотехнологию. Вскрытие произведено вертикальными стволами «Клетевым», «Скиповым», «Вентиляционным» и «Северным Вентиляционным», а также штольнями из карьера, для полноценного функционирования которых требуется полная сохранность карьерного транспортного съезда. В период ведения открытых горных работ он был спиральным, а после начавшихся на участке восточного борта деформационных процессов преобразован в петлевой на участке восточного борта в отм. +165 - +125 м. Прибортовые запасы в южной и северной частях карьера обрабатываются технологией «открытых камер» (прирезками) для обеспечения сохранности транспортного съезда. Основная часть запасов дорабатывается с применением поэтажного обрушения с торцевым выпуском и высотой подэтажа 20 м.

С точки зрения устойчивости все участки карьера имеют ряд особенностей. Наибольшее влияние на устойчивое состояние Восточного борта оказывает Восточно-Сибайское тектоническое нарушение, расположенное субпараллельно простиранию борта с западным падением 55–65°. Нарушение осложнено прилегающими оперяющими трещинами, по которым и происходят просадки. Породы Западного, Северного и Южного бортов также пересечены большим количеством тектонических нарушений, по которым и происходят деформации.

Наиболее сложными по устойчивости являются участки Юго-Западного, Северо-Западного и верхней части Восточного бортов.

На участке Юго-Западного борта карьера в результате глубинного смещения массива сдвижение пород происходило по «желобу», образованному косесекущими крупными тектоническими трещинами. По вертикали деформация охватила массив с гор. 225 м до гор. 70 м; по горизонтали – до 30 м. Сцепление пород по тектоническим трещинам и между отдельными блоками почти отсутствует, деформирующиеся породы мелкотрещиноватые. Дальнейшее развитие этих деформаций привело бы к уничтожению капитального съезда на южном фланге карьера, для их прекращения был оставлен рудный целик в нижней части борта от гор. 20 м и ниже.

В верхней части Восточного борта деформации проявляются в виде открытых трещин и просадок, обусловлены Восточно-Сибайским тектоническим нарушением. Они зафиксированы на транспортных и предохранительных бермах гор. 340 м и на прилегающей к карьере территории, здесь трещины и просадки охватывают по простиранию борта 200 м, вкрест простирания до 60 м.

По Северо-Западному борту карьера деформации откосов уступов отмечаются в незначительных объемах, интенсивное осыпеобразование и просадки в пределах горизонтов +55 м +225 м приурочиваются, как правило, к периоду весеннего таяния снегов и ливневых осадков.

Анализ сложившихся инженерно-геологических условий в Сибайском карьере показал, что основными причинами деформационных явлений является:

- наличие неблагоприятно ориентированных тектонических нарушений;
- наличие контактов пород и руд согласного с бортом залегания;
- переувлажнение паводковыми и ливневыми водами участков бортов, сложенных ослабленными метасоматическими породами, и зон интенсивной трещиноватости;
- сейсмическое воздействие взрывных работ при обработке блоков;
- высокие значения углов откосов участков борта карьера;
- релаксация напряжений при понижении горных работ;

- наличие в бортах подземных горных выработок.

Инструкцией по наблюдениям за деформациями бортов откосов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости предусматривается систематическое изучение деформаций бортов карьеров, уступов и отвалов и выявление причин их возникновения; предупреждение оползней и обрушений откосов на карьерах, разработка и применение мер, исключающих проявление деформаций, опасных для жизни людей и влекущих за собой снижение экономической эффективности горных разработок.

Изучение деформаций бортов карьеров и уступов, а также их развитие во времени производится специалистами ОАО «Уралмеханобр» и Геотехнической службы СФ ОАО «УГОК» путем ведения непрерывного геомеханического мониторинга. Для чего были заложены наблюдательные станции по периметру карьера, а также в пределах наблюдаемых деформаций и производились постоянные маркшейдерские инструментальные съемки по рабочим реперам, расположенным в станции в пределах интересующих деформаций. Маркшейдерские наблюдения выполнялись с помощью лазерного сканирования и электронного тахеометра. Основными объектами геомеханического маркшейдерского мониторинга являются трасса капитального карьерного съезда на период его эксплуатации; борта карьера и прибортовая поверхность, что обусловлено весьма низкими величинами запаса устойчивости бортов при полной доработке запасов подземным способом, и расположением вблизи карьера объектов промплощадки рудника; а также локальные участки выемки прибортовых запасов с учетом конфигурации вновь формируемого откоса борта (участка борта).

Основными противодеформационными мероприятиями, реализуемыми в условиях Сибайского месторождения, являются:

а) изучение геологических и гидрогеологических условий, условий залегания породных слоев, структуры массива полезного ископаемого, налегающих и вмещающих пород, пород основания отвалов;

б) проведение систематических глазомерных наблюдений; выявление зон и участков возможного проявления разрушающих деформаций и организация на этих участках стационарных инструментальных наблюдений;

в) изучение возникающих нарушений устойчивости, установление их характера, степени опасности и причин возникновения, их документация;

г) составление проектов искусственного укрепления ослабленных зон и участков, контрфорсов, пригрузок откосов, специальной технологии горных работ и других мероприятий по борьбе с деформациями откосов на карьерах;

д) систематический контроль за состоянием противодеформационных сооружений и выполнением мероприятий, предотвращающих развитие нарушений устойчивости откосов;

е) контроль за соблюдением проектных параметров откосов уступов, отвалов и бортов карьеров; корректировка углов откосов рабочих уступов и отдельных участков рабочих бортов;

ж) проведение расчетов устойчивости по локальным участкам выемки прибортовых запасов с учетом конфигурации вновь формируемых откосов борта.

Выполнение указанных мероприятий по результатам маркшейдерского мониторинга позволит осуществлять добычу руды без аварийных ситуаций и вовремя принимать меры по противодействию оползневых явлений.

Список литературы

1. РД-07-603-03. Инструкция по производству маркшейдерских работ. Утв. Госгортехнадзором России 06.06.2003 г.
2. Научное сопровождение и надзор за состоянием устойчивости бортов Сибайского карьера: Отчет о НИР. Екатеринбург: Уралмеханобр, 2009.

УДК 622.7.017.24

И.А. Гришин, В.Ш. Галямов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПОИСК РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТСЕВОВ ОБОГАЩЕНИЯ ХРОМИТОВЫХ РУД

Современные тенденции в обогащении полезных ископаемых требуют комплексного подхода к переработке руд и минералов, в связи с этим многие предприятия стремятся вовлечь в переработку скопившиеся у них запасы труднообогатимых руд и сырье, которое не может перерабатываться по существующим схемам. Так, на предприятии ЗАО ГДК «Хром» возникла необходимость переработки руд класса -5+0 мм, которые в данное время не обогащаются. Проведенные изыскания были направлены на решение данной проблемы наименее затратными методами.

Работа велась на пробе хромовых руд крупностью -5+0 мм, был определен её гранулометрический и химический состав. Химический состав хромитовой руды является основным показателем её качества, он приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав хромитовой руды

| Массовая доля, % | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----|--------------------------------|------------------|
| Общий Cr ₂ O ₃ | Общий Fe ₂ O ₃ | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ |
| 23 | 22 | ≥25 | 18 | 7 |

В ходе исследования на обогатимость при помощи ситового анализа был определен гранулометрический состав пробы, распределение компонентов по классам крупности. В целом распределение довольно равномерное, основная часть пробы представлена материалом менее 1 мм – 68,14%, в котором наблюдается преобладание класса 0,25+0,1 мм – 28,09%

На основании анализа литературных источников и схем действующих фабрик было принято решение о проведении опытов по разделению исходной пробы магнитными и гравитационными методами. Опыты проводились в лабораторном масштабе, исходная проба была усреднена, сокращена и доведена до крупности -1+0 мм при помощи лабораторной щековой и валковой дробилок и лабораторной шаровой мельницы.

В ходе исследования проводились опыты по сухой магнитной сепарации на материале крупностью -1+0 мм при различной напряженности магнитного поля, наилучшее разделение наблюдалось при напряженности 480 кА/м, при этом выход немагнитной фракции составил 55,33%, массовая доля Cr_2O_3 – 35,18% при извлечении 84,63%, массовая доля Fe_2O_3 – 5,78% при извлечении 14,54%. Ввиду того, что разделение в водной среде при использовании магнитных методов происходит более эффективно, было решено применить на данном типе руд мокрую магнитную сепарацию. По результатам магнитного анализа была выбрана напряженность магнитного поля, которая составила 144 кА/м. Результаты разделения исходной пробы крупностью 1-0 мм приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты ММС

| Наименование продукта | Выход, % | Массовая доля, % | | Извлечение, % | |
|-----------------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | Cr_2O_3 | Fe_2O_3 | Cr_2O_3 | Fe_2O_3 |
| Магнитная фр. | 34,63 | 47,84 | 59,68 | 72,03 | 93,94 |
| Немагнитная фр. | 65,37 | 9,84 | 2,04 | 27,97 | 6,06 |
| Исходный материал | 100,00 | 23,00 | 22,00 | 100,00 | 100,00 |

По полученным результатам можно сделать вывод о высокой эффективности мокрой магнитной сепарации, однако полученный немагнитный продукт не является кондиционным хромитовым концентратом. В связи с этим было решено провести исследование на обогатимость с использованием гравитационных процессов.

Из гравитационных процессов изучалось разделение на концентрационных столах и винтовая сепарация. Материал крупностью 1-0 мм разделялся на 2 класса крупности, которые обогащались отдельно. Материал крупностью -1+0,25 мм направлялся на концентрационный стол, а -0,25+0 мм – на шламовый стол. При проведении опытов с использованием концентрационного стола наилучшие результаты были получены при расходе воды 4 л/с. Выход легкой фракции составил 22,53%, массовая доля оксида хрома

в ней 5,06%, при извлечении 4,96%. Выход промпродукта составил 48,35% массовая доля оксида хрома 24,03%, извлечение составило 50,52%. Выход тяжелой фракции составил 29,12%, массовая доля оксида хрома 35,17%, извлечение 44,53%. Как и предполагалось, концентрация на столе оказалась весьма эффективной, однако для наилучшего разделения необходимо не допускать изменения крупности подаваемого материала, так как наличие в материале класса менее 0,25 мм приводит к засорению концентрата и потерям ценного компонента с хвостами.

Винтовой сепаратор имеет низкую эффективность разделения, однако весьма дешев в эксплуатации, поэтому его целесообразно использовать для предконцентрации. Винтовая сепарация проводилась на материале крупностью 1-0 мм. Наилучшие результаты были получены при расходе воды 2 л/мин, они приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты разделения на винтовом сепараторе

| Наименование продукта | Выход, % | Массовая доля, % | | Извлечение, % | |
|-----------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | Cr ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Cr ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ |
| Тяжелая фракция | 57,67 | 28,19 | 24,51 | 70,68 | 64,25 |
| Легкая фракция | 42,33 | 15,93 | 18,58 | 29,32 | 35,75 |
| Исходный материал | 100,00 | 23,00 | 22,00 | 100,00 | 100,00 |

По полученным результатам можно сделать следующие выводы: 1. Винтовая сепарация может использоваться первой операцией перед последующим обогащением. 2. Сухая магнитная сепарация, не смотря на высокие показатели разделения, является высокзатратной операцией, требующей предварительной подготовки исходного сырья. 3. Мокрая магнитная сепарация показала высокую эффективность и может быть использована в схеме обогащения промпродукта разделения хромитовых руд. Необходимая напряженность магнитного поля составляет 144 кА/м. 4. Концентрация на столах достаточно эффективна, но применение столов требует больших капитальных затрат и производственных площадей. 5. Окончательную схему переработки промпродукта крупностью -5 мм можно представить после проведения схемных опытов и уточнения показателей обогащения. В схему следует включить винтовую сепарацию и мокрую магнитную сепарацию.

Список литературы

1. Козин В.З. Исследование руд на обогатимость. Екатеринбург: УГГА, 2009.
2. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов. М.: Недра, 1982.

О.П. Шавакулева, Д.В. Чернов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Носова»

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД

В связи с интенсивной разработкой богатых магнетитовых руд и истощением их запасов актуальной проблемой отечественной и мировой черной металлургии становится использование менее технологичных видов железорудного сырья. Одним из наиболее перспективных видов таких нетрадиционных руд считают титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые руды, общие запасы которых в мире огромны и составляют многие десятки миллиардов тонн. Вовлечение этих руд в промышленную переработку позволит разрешить проблему обеспечения железорудным сырьем целого ряда крупных металлургических предприятий в Российской Федерации.

Сведения о физико-механических свойствах руд и продуктов обогащения являются необходимой информацией для принятия решений, связанных с технологией обогащения. Исключительно на их основе выбираются схемы и аппараты для подготовки руды к обогащению, схемы и аппараты обезвоживания и пылеулавливания, а также устройство складов, бункеров, хвостохранилищ.

Перечень возможных физико-механических свойств достаточно велик. Для каждой руды определяются только те свойства, которые необходимы для дальнейших оценок. Некоторые физические характеристики могут использоваться и как разделительные признаки.

Объектом исследования являлась вкрапленная титаномагнетитовая руда Копанского месторождения, расположенного на территории Челябинской области. Полный химический состав вкрапленной титаномагнетитовой руды Копанского месторождения представлен в табл. 1.

Таблица 1
Массовая доля основных компонентов в руде Копанского месторождения

| Элемент или соединение | Fe | TiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | P | V ₂ O ₅ | S |
|------------------------|------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|-----|------|-------------------------------|------|
| Массовая доля, % | 23,3 | 10,4 | 32,0 | 13,7 | 6,6 | 4,4 | 0,03 | 0,46 | 0,43 |

Определялись следующие физико-химические свойства:

1) Крепость. Основной способ разрушения кусков руды – раздавливание. Поэтому всегда определяют сопротивление руды сжатию. Основным методом – раздавливание образцов правильной формы, цилиндрической

или кубической со сторонами 50 мм. Если образцы изготовить нельзя, крепость руды характеризуют удельной работой дробления (метод толчения) на образовании частиц крупностью – 0,5 мм. При определении крепости титаномагнетитовой руды пользовались вторым методом. На дно стального стакана в один слой укладывали 6-10 кусков руды крупностью 20-40 мм. На куски с высоты 0,5 м сбрасывали гирию массой 2 кг. Опыт выполняли 5 раз. Полученный коэффициент крепости по шкале М.М. Протодьяконова составил $10 \pm 1,5$.

2) Удельная поверхность. Кроме известных способов определения характеристик крупности материалов (ситовой и седиментационный анализы) во многих отраслях промышленности используют величину удельной поверхности порошков. Под удельной поверхностью понимают суммарную площадь поверхности зерен, имеющих массу, равную единице. опыты проводили на материале крупность 0,074 мм, используя прибор В.Товарова в 4 параллелях, за результат брали среднюю величину. Полученная фактическая удельная поверхность $S_{\phi} = 1,98 \text{ м}^2/\text{кг}$ имеет небольшое расхождение с теоретически определенной величиной (определенной для частиц правильной формы (шар, куб) $S_{\tau} = 1,88 \text{ м}^2/\text{кг}$.

3) Истинная плотность. Под истинной плотностью минерального сырья понимают отношение массы твердой фазы к ее объему. Она определяется химическим составом и структурой минерала. Важную роль играют атомная масса элементов, составляющих минерал, их валентность, координационное число, размер ионных радиусов. Для исследования использовали пикнометрический метод, основанный на измерении массы пикнометра, наполненного жидкостью, при замене части этой жидкости навеской материала. опыты проводили в 5 параллелях, используя измельченную руду крупностью 0,074 мм. Полученная средняя величина истинной плотности ρ равна 3950 кг/м^3 .

4) Дробимость. Важность процессов дробления и измельчения определяется тем, что они обеспечивают раскрытие сростков извлекаемых минералов с остальными и создают, таким образом, возможность получения более высоких технологических показателей.

Определение дробимости титаномагнетитовой руды проводилось по методике института «Механобр» на лабораторной конусной дробилке, питанием которой был продукт крупностью 50–0 мм, из которого были выделены куски менее ширины разгрузочной щели. При проведении опытов размер разгрузочной щели составлял 10 мм. Масса каждой пробы составляла 10 кг. Исследования проводились при токе холостого хода, равном 1,75 А, напряжение в сети – 220 В и мощность холостого хода – 0,87 кВт. Потребляемая мощность под нагрузкой – 1,21 кВт. Индекс чистой работы дробления W_i составил $8,63 \left(\text{кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{т}} \right)_{\text{МКМ}}^{0,5}$.

5) Измельчаемость. Важную роль в технологии рудоподготовки имеет процесс измельчения, использование которого позволяет создать технологию глубокого обогащения с минимальными потерями ценных компонентов. Процесс измельчения является более энергоемким, чем про-

процесс дробления. Поэтому изучение кинетических закономерностей процесса измельчения с целью установления оптимальных условий его проведения является актуальным.

Опыты по измельчению проводились в открытом цикле в лабораторной шаровой мельнице размером 0,19x0,14 м и объемом 3 дм³. Крупность измельчаемого материала составляла 5 – 0 мм, масса шаров составляла 5 кг, при этом количество шаров диаметром 40 мм принято 50%, диаметром 28 мм – 40% и диаметром 18 мм – 10%. Проводилось мокрое измельчение в течение 5, 10, 20 и 40 мин при содержании твердого 75%. За эталон принимали кварц. Получен коэффициент измельчаемости титаномагнетитовой руды (по сравнению с кварцем), равный 1,224, показывающий, что титаномагнетитовая руда измельчается лучше, чем кварц. Индекс чистой работы Бонда составил $23 \pm 1,5$ кВт·ч/т.

б) Сгущаемость. Сгущение – это процесс частичного обезвоживания пульпы в результате осаждения твердых частиц под действием силы тяжести или центробежной силы и выделения жидкой фазы в виде относительно чистого слива.

Сгущаемость определяют для пульп, при сгущении которых выделяется чистый слив. Пульпу соответствующей плотности помещают в цилиндр и отмечают положение границы осветленного слоя во времени. Сгущаемость пульпы характеризуется скоростью осаждения твердой фазы $V_{\text{крит}}$, м/ч, и удельной площадью сгущения f , м²ч/т. Опыты проводили в трех параллелях на измельченной титаномагнетитовой руде крупностью – 74 мкм в лабораторном сосуде объемом 500 см³ с исходным разжижением пульпы $R = 3$. Полученные результаты трех опытов усредняли и рассчитывали параметры сгущения, которые составили: скорость осаждения твердой фазы $V_{\text{крит}} = 3,24$ м/ч, удельная площадь сгущения $f = 0,59$ м²ч/т, конечная разжиженность $R = 1,1$.

Все исследованные физико-механические свойства руды сведены в общую табл. 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства титаномагнетитовой руды
Копанского месторождения

| Наименование показателей | Значение показателя |
|---|---|
| Крепость по М.М.Протогдыяконову | $10 \pm 1,5$ |
| Плотность | 3950 кг/м^3 |
| Удельная поверхность | $1,98 \text{ м}^2/\text{кг}$ |
| Индекс чистой работы дробления | $8,63 \left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}} \right)_{\text{МКМ}}^{0,5}$ |
| Индекс Бонда | $23 \pm 1,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$ |
| Коэффициент измельчаемости (по сравнению с кварцем) | 1,224 |
| Скорость осаждения твердой фазы | 3,24 м/ч |
| Удельная площадь сгущения | $0,59 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/т}$ |

Список литературы

1. Шавакулева О.П. Технология обогащения титаномагнетитовой руды Копанского месторождения // Материалы VI Конгресса обогатителей стран СНГ. М.:Альтекс, 2007. Т.1. С. 133-134.
2. Остапенко П.Е. Обогащение железных руд. М.: Недра, 1977.
3. Ильин А.А., Колачёв Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник. М.: ВНИС - МАТИ, 2009.
4. Шавакулева О.П., Степанова К.А., Муртазин Д.А. Поиск оптимальных условий обогащения на полиградиентном сепараторе ильменитового промпродукта титаномагнетитовых руд Копанского месторождения // Материалы 65-й науч.-техн.конф. по итогам науч.-исслед. работ за 2006-2007 годы. Магнитогорск: МГТУ, 2007. Т.1. С.181-182.
5. Шавакулева О.П., Гафаров Е.Х., Мусина А.Р. Изучение дробимости и измельчаемости титаномагнетитовых руд // Материалы 64-й науч.-техн.конф. по итогам науч.-исслед. работ за 2004-2005 годы. Магнитогорск: МГТУ, 2005. Т.1. С.220-223.

УДК 622.7.017'17:504.1

О.В. Петрова, Г.Р. Байназарова, Ю.Д. Янтурина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЗЕРНОЕ И ЗАПАДНО-ОЗЕРНОЕ С УЧЕТОМ ПРЕДОТВРАЩЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

Предотвращенный экологический ущерб представляет собой оценку результатов природоохранной деятельности, направленной на сохранение или улучшение экологического качества окружающей природной среды.

На сегодняшний день медно-колчеданные месторождения Озерное и Западно-Озерное (ОАО «Учалинский ГОК») согласно проектной документации планируются к отработке на основе традиционных подходов: схема вскрытия запасов не предусматривает в перспективе вовлечения некондиционных запасов в эффективную отработку, не учитываются возможные направления снижения экологического ущерба. В этом отношении определяющую роль играет учет экологических факторов уже на начальных стадиях проектирования горнотехнических систем, а не последующая разработка мероприятий по ликвидации негативных воздействий.

Направлениями предотвращения экологического ущерба могут являться:

- использование вскрышных пород для закладки выработанного пространства подземных камер;
- вовлечение некондиционных руд в эффективную отработку;
- полезное использование карьерного пространства (для расположения штабеля выщелачивания, закладочного комплекса);
- применение физико-химических способов добычи - кучного и подземного выщелачивания.

В работе предлагается несколько вариантов технологических схем предотвращенного экологического ущерба (см. рисунок): 1 – утилизация вскрышных пород в составе закладочных смесей; 2 – отработка балансовых запасов Озерного месторождения подземным способом и некондиционных руд кучным выщелачиванием с последующей утилизацией отходов выщелачивания при закладке подземного выработанного пространства; 3 – вовлечение некондиционных запасов в эффективную отработку скважинным выщелачиванием с утилизацией пустых пород в качестве закладки подземного выработанного пространства; 4 – вовлечение некондиционных запасов скважинным выщелачиванием и утилизация пустых пород в качестве закладки подземного выработанного пространства с расположением закладочного комплекса в чаше карьера.

Уровень комплексного экологического воздействия оценивается по комплексному критерию экологичности горнотехнических систем [1]. Результаты расчета комплексного критерия экологичности представлены в табл. 1.

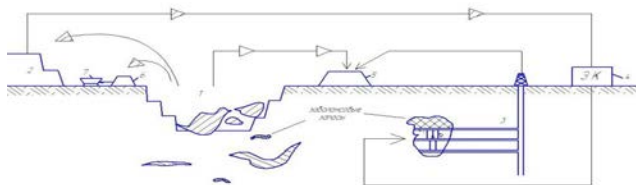
Таблица 1

Результаты расчета комплексного критерия экологичности

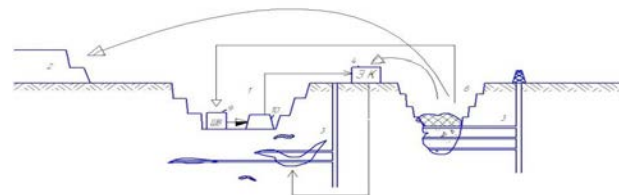
| Вариант горнотехнической системы | <i>K_ц</i> | <i>K_{исп.пр}</i> | <i>K_{зем.отв}</i> | <i>K_{ут.отх}</i> | <i>K_{пр.вод}</i> | <i>K_н</i> | <i>K_{заб.зап}</i> | <i>Комплексный критерий экологичности</i> |
|----------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|---|
| 1 | 0,63 | 0,222 | 0,306 | 0,048 | 0 | 0 | 0 | 0,07 |
| 2 | 0,59 | 0,5 | 0,31 | 0,092 | 0,48 | 0,33 | 0,8 | 0,284 |
| 3 | 0,61 | 0,242 | 0,6 | 0,094 | 0,48 | 0,36 | 0,8 | 0,320 |
| 4 | 0,61 | 0,5 | 0,626 | 0,094 | 0,48 | 0,36 | 0,8 | 0,353 |

Расчеты комплексного критерия показали, что наиболее перспективным с точки зрения предотвращения экологического ущерба является 4 вариант. Значение комплексного критерия экологичности составляет 0,35.

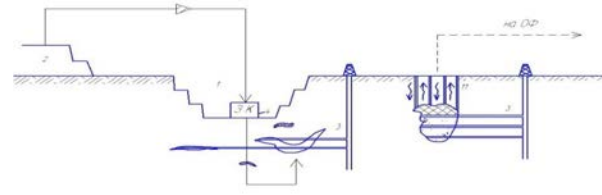
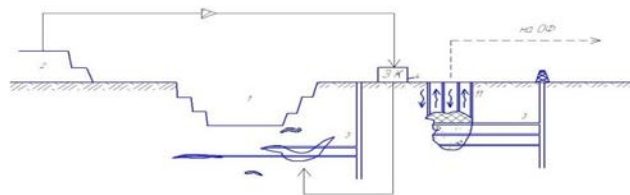
Вариант горнотехнической системы, принимаемый к реализации, должен обладать в определенной степени экономической эффективностью. Обоснование эффективности предложенных направлений производилось по критерию индекса доходности [2].



1 – утилизация вскрышных пород в составе закладочных смесей



2 – Обработка некондиционных руд кучным выщелачиванием с последующей утилизацией отходов выщелачивания при закладке подземного выработанного пространства



3, 4 – Вовлечение некондиционных руд в эффективную отработку способом скважинного выщелачивания

1-карьер Западно-Озерного месторождения; 2-отвал вскрыши; 3-шахта;
4-закладочный комплекс; 5-склад руды; 6-складирование строительного камня;
7-ДСУ; 8-карьер Озерного месторождения; 9-штабель выщелачивания; 10-отходы выщелачивания; 11-скважинное выщелачивание

—> Вскрышные породы
- - -> Рудопоток с ОЗР
- - -> Отходы выщелачивания

Направления предотвращения экологического ущерба при освоении
Озерного и Западно-Озерного месторождений

Таблица 2

Расчет индекса доходности для различных технологических схем

| Показатели | Единица измерения | Направления предотвращения экологического ущерба | | |
|---|-------------------|--|-----------|-----------|
| | | 2 вариант | 3 вариант | 4 вариант |
| Эффект от получения дополнительной товарной продукции | млн р/год | -237,01 | 17,588 | 17,588 |
| Экономия на платежах за размещение отходов | млн р/год | 32,06 | 25,25 | 25,25 |
| Экономия на платежах земельного налога | млн р/год | 11 | 11 | 8 |
| Экономия на платежах за сброс загрязняющих веществ в водные объекты | млн р/год | 15 | 15 | 15 |
| Экономия материальных затрат при производстве закладочных работ | млн р/год | 41,60 | 32,76 | 32,76 |
| Экономия на материальных ресурсах при обогатительном переделе | млн р/год | 41,94 | 41,94 | 41,94 |
| Годовой эффект | млн р/год | -95,41 | 143,54 | 140,54 |
| Капитальные вложения | млн р | 1034,57 | 884,57 | 884,57 |
| Индекс доходности | | 0 | 0,178 | 0,175 |

Выполненные расчеты показали, что наиболее эффективным направлением предотвращения экологического ущерба является вовлечение некондиционных запасов в эффективную отработку скважинным выщелачиванием (индекс доходности равен 0,17, что соответствует сроку окупаемости 8 лет).

Использование таких технологий на стадии проектирования позволяет определять перспективность проектных решений по подземному выщелачиванию металлов, оптимизации расположения единого и(или) мобильного закладочного комплекса, что существенно может повысить эффективность освоения месторождений с нарядом со снижением экологического ущерба.

Список литературы

1. Методика оценки эколого-экономической эффективности освоения участка недр / В.Н.Калмыков, М.В.Рыльникова, О.В.Петрова, Т.П. Плевских // Маркшейдерский вестник. 2012. №1. С.59-65.
2. Милкин Д.А., Петрова О.В., Аверьянов К.А. Обоснование критерия сравнительной экономической эффективности технологий активной утилизации техногенного сырья // Маркшейдерский вестник. 2012. №2. С.20-24.

В.С. Вагин, А.М. Филатов, А.И. Курочкин
 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г.И. Носова»

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗРЕДУКТОРНЫМ ГИДРОПРИВОДОМ ПРОХОДЧЕСКОГО ПОДЪЕМА

Гидромеханические устройства управления приводами широко применяются на самолетах и вертолетах, в колесных и гусеничных транспортных машинах, в системах ручного и автоматического управления летательных аппаратов. Простота конструкции и высокое быстродействие определили применение гидравлических следящих систем с дроссельным управлением для гидравлических приводов с объемным регулированием [1].

На рис. 1 показана одна из принципиальных схем гидромеханических системы управления с цилиндрическим распределительным золотником 4, которая может быть положена в основу разработки системы управления гидроприводом передвижной проходческой подъемной установки.

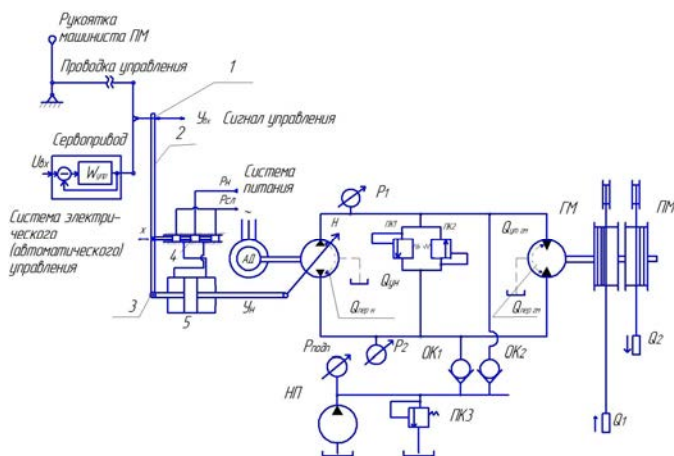


Рис. 1. Принципиальная схема системы управления гидравлическим приводом передвижной проходческой подъемной установки

Основное назначение гидромеханической системы управления заключается в обеспечении слежения статора регулируемого насоса Н за управляющим движением рукоятки управления подъемной машины, задаваемым машинистом проходческой подъемной установки.

Следящая гидравлическая система с механическим управлением состоит из дроссельного гидропривода, охваченного жесткой механической обратной связью. С помощью рукоятки управления подъемной машины (ПМ) осуществляется подача к золотнику 4 сигнала управления U_{BX} через проводку управления, образованную системой механических тяг, рычагов и канатов. Сигнал рассогласования x , измеряемый с помощью рычажного дифференциала 2, как разность сигналов управления U_{BX} и обратной отрицательной механической связи U_{OC} , поступающей от штока поршня цилиндра 5, управления производительностью насоса, подается на золотник 4.

В результате смещения плунжера золотника 4 на величину x жидкость поступает в соответствующую полость цилиндра 5 и смещает поршень (вместе со статором регулируемого насоса Н) до тех пор, пока он с помощью рычага 2 не вернет золотник 4 в нейтральное положение. Смещение поршня гидроцилиндра 5 (статора насоса) пропорционально отклонению управляющего сигнала U_{BX} , причем коэффициент пропорциональности определяется размерами плеч рычажного дифференциала 2 между точками шарнирного крепления золотника 4 точкой 1 крепления тяги проводки управления и точкой 3 штока гидроцилиндра.

Динамическая модель исполнительного устройства гидромеханической системы управления высокомоментным гидравлическим приводом передвижной проходческой подъемной установки может быть представлена в виде, показанном на рис. 2.

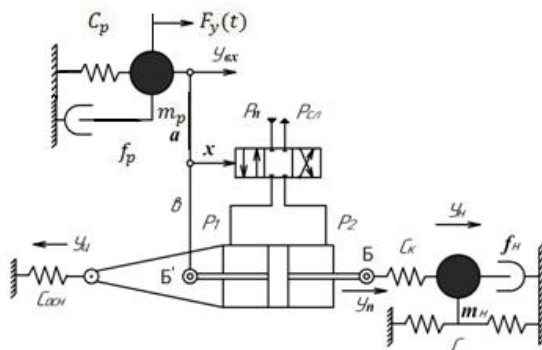


Рис. 2. Скорректированная динамическая модель исполнительного устройства гидромеханической следящей системы управления

Из этой динамической модели (рис. 2) видно, что рукоятка управления машиниста подъемной установки с массой m_p перемещается под действи-

ем управляющего усилия $F_y(t)$, вызывая изменение входной координаты u_{ex} исполнительного устройства следящей системы управления.

Следящее движение штока гидроцилиндра исполнительного устройства с координатой u_n передается посредством силовой проводки с жесткостью C_k на рабочий орган (статор регулируемого насоса силовой системы привода) с массой m_H и координатой перемещения u_H . Рабочий орган нагружен упругой нагрузкой с коэффициентом жесткости C и вязким трением f_H .

Таким образом, динамическая модель (см. рис. 2) исполнительного устройства может быть описана линеаризованной системой уравнений, представленной в [2], которая позволяет рассчитать динамические характеристики и оценить устойчивость линейной модели гидромеханической следящей системы управления проходческой передвижной подъемной установки с безредукторным гидравлическим приводом.

Список литературы

1. Борохович А.И., Вагин В.С. Уравнения динамики передвижных проходческих подъемных установок с безредукторным гидроэлектроприводом. // Изв. вузов. Горный журнал. 1989. № 4. С. 92-96.
2. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М.: Машиностроение, 1987. 464 с.

УДК 622.27:622.235.213:658.5

Д.В. Доможиров, Д.Б. Симаков

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ АУТСОРСИНГА ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВВ НА КАРЬЕРАХ

При расходе ЭВВ крупным горным предприятием более 5 тыс.т/год целесообразно строить специальные местные технологические комплексы по производству взрывчатых веществ. Для предприятий меньшего масштаба это становится экономически невыгодным. В данном случае можно воспользоваться услугами сторонних организаций, специализирующихся в этой области, то есть передать процесс подготовки горных пород к выемке в аутсорсинг.

Аутсорсинг – это передача организацией (заказчик) на основании договора определенных бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании (аутсорсер).

В ГК РФ аутсорсинг выступает в качестве классического подряда или процесса возмездного оказания услуг.

Существует большое количество организаций, которые предоставляют услуги в области взрывных работ («Костанайвзрывпром», г. Пласт, «РВС» и «Уральский Сибирит», г.Магнитогорск, «НГВПС» и «БК Урал», г.Уфа, «Гранит-С» и «Энергия-Т», г. Орск и др.). Таким образом, у горнодобывающих предприятий, сотрудничающих с подобного рода организациями, решаются вопросы на получение лицензий, на проектные работы и получения заключения экспертизы промышленной безопасности, а также на ведение взрывных или буровзрывных работ.

Схема отношений горнодобывающих предприятий и подрядных организаций представлена на рис. 1.

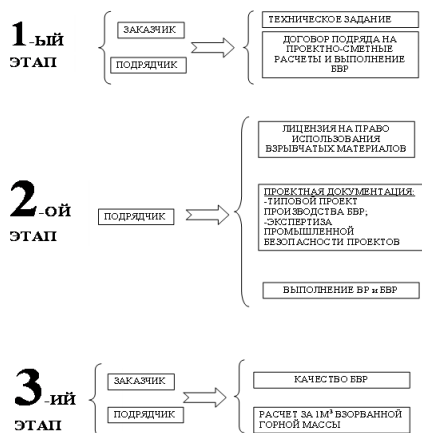


Рис. 1. Схема отношений горнодобывающих предприятий и подрядных организаций

Тем не менее, при внедрении аутсорсинга в структуру горного предприятия необходимо оценить целесообразность подобного шага.

Эффективность проектов аутсорсинга может быть оценена с помощью «метода эталонного сравнения», основанного на сравнении работы собственного подразделения предприятия с эталоном (аутсорсером). Сравнивая их работу, заказчик может выявить основные проблемы в работе собственного подразделения или перевести это подразделение на аутсорсинг, если это и являлось целью анализа. Показателями (критериями оценки) эффективности деятельности подразделения и аутсорсера могут быть: качество подготовки, безопасность и экологичность, затраты, планирование. Соблюдение правил безопасности – очевидная константа.

Все виды деятельности оцениваются. Сравнительный анализ проводится в табличном виде. По данным таблицы строится матрица сравнительного анализа деятельности собственного подразделения и аутсорсера (рис. 2).

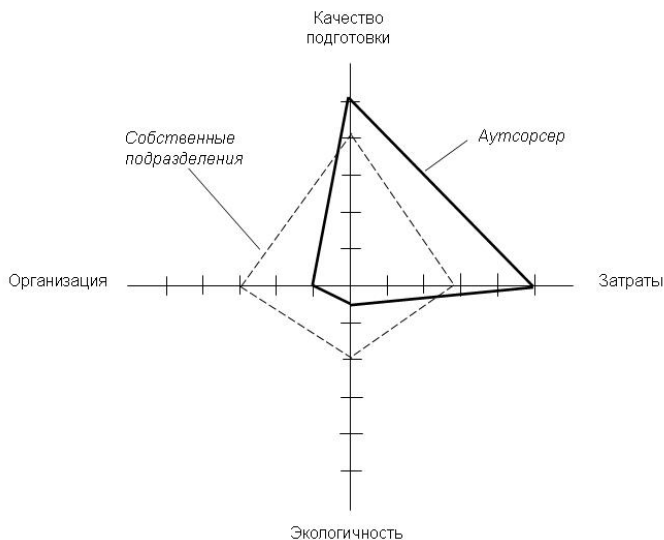


Рис. 1. Матрица сравнения собственного подразделения и аутсорсера

Так, как область качества и затрат приоритетная, то максимальная ориентация на данную область будет главным показателем качественной работы подразделения. В данном примере преимущество аутсорсера очевидно.

Такие компании, как ЗАО «Азот-Взрыв», ЗАО «НитроСибирь», ООО «Уральский Сибирит» (г. Магнитогорск) и другие выполняют законченный цикл работ в сфере взрывного дела: научные исследования и разработка новых технологий, создание ТУ и ТЗ, проектирование технологической части эмульсионных производств, заказ и поставка оборудования для эмульсионных производств, оформление разрешительной документации в органах надзора, производство ЭВВ, их доставка и зарядание на местах работ, проведение буровых работ, проведение массовых взрывов на предприятиях заказчиков.

Подобная практика ведения буровзрывных работ, с использованием ЭВВ, позволила многим горнодобывающим предприятиям (Абзаковский, Гумбейский, Новоорский и другие карьеры) с небольшими производственными мощностями обеспечить приемлемую рентабельность.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации: Ч.1. М.: Эксмо, 2008. 156 с.

2. Бучин С.А. Развитие аутсорсинга как инновационной формы интеграции промышленных предприятий: организационно-экономические аспекты: автореф. дис. ... канд.экон.наук. М., 2010.
3. Доможиров Д.В., Симаков Д.Б., Зурков И.Е. Пути повышения конкурентоспособности предприятий горнорудной промышленности в современных экономических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. №10. С. 82-85.
4. Симаков Д.Б., Доможиров Д.В. Механизмы преобразований в проектировании технологических процессов на горнорудных предприятиях в современных экономических условиях. Магнитогорск, 2009. 10 с. Деп. в ВИНТИ 07.12.09, №772 – В 2009.

УДК 662.21+546.26

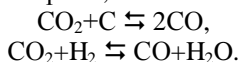
П.С. Симонов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

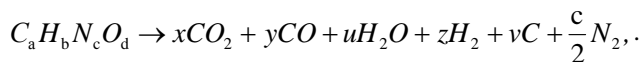
ВЫБОР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОАЛМАЗОВ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА

До настоящего времени не предложено детального механизма, объясняющего все стадии процесса получения наноалмазов детонационного синтеза. Очевидно, что для получения конденсированного углерода в продуктах детонации необходимо использовать взрывчатые составы, имеющие химическую формулу $C_a H_b N_c O_d$ с количеством кислорода, недостаточным для полного газообразования ($\frac{a+b/2}{d} > 1$), т.е. с существенно отрицательным кислородным балансом (K_B). Такие взрывчатые составы одновременно являются источником энергии и углерода.

При вычислении состава продуктов взрыва ВВ с существенно отрицательным кислородным балансом можно пренебречь реакциями образования NH_3 , CH_4 , NO , O_2 [1, 2]. В этом приближении реакциями, определяющими состав продуктов взрыва, являются



Таким образом, уравнение взрывчатого разложения ВВ с существенно отрицательным кислородным балансом в общем виде имеет вид:



Для определения неизвестных коэффициентов в уравнении реакции используются следующие зависимости:

$$x + y + v = a, \quad z + u = \frac{b}{2}, \quad 2x + y + u = d, \quad K_w = \frac{y \cdot u}{x \cdot z}, \quad K_p = \frac{p \cdot y^2}{n \cdot x},$$

где p – общее давление системы;

n – сумма всех газообразных молей;

K_w – константа равновесия водяного газа ($\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$);

K_p – константа равновесия генераторного газа ($\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$).

Для решения вышеприведенной системы уравнений необходимо знать значения температуры и давления, от которых зависят константы равновесия газовых реакций при данной степени расширения. Ими вначале задаются, а затем точное решение находится методом последовательного приближения (итерации) – по найденному в нулевом приближении составу продуктов взрыва рассчитывают теплоту реакции и теплосодержание продуктов взрыва. По этим величинам находят уточненное значение температуры. Затем вновь решают систему уравнений, находят в первом приближении состав продуктов взрыва, и так поступают до тех пор, пока расхождения в результатах счета не будут превышать задаваемой точности определений.

Величина давления (Па) в плоскости Чепмена–Жуге может быть выражена через скорость детонации и плотность ВВ

$$P_{\text{ЧЖ}} = \frac{1}{4} \rho_0 D^2,$$

где ρ_0 – плотность ВВ, кг/м^3 ;

D – скорость детонации.

Константы равновесия генераторного и водяного газа рассчитывались по данным справочника [3].

Выполненный по такой методике расчет выхода конденсированного углерода $\gamma_{[C]}$ в продуктах взрыва смеси тротила с гексогеном при детонационном давлении (в плоскости Чепмена–Жуге) представлен на рис. 1.

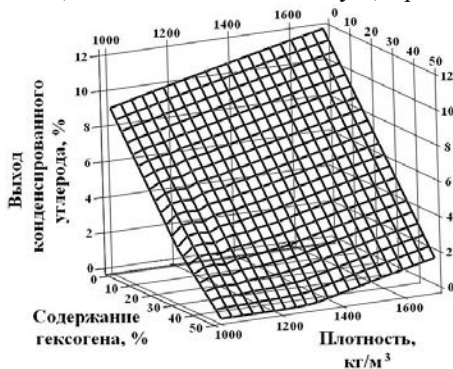


Рис. 1. Зависимость выхода конденсированного углерода от плотности и состава смеси тротил-гексоген

Анализ полученных зависимостей показывает, что для увеличения выхода конденсированного углерода необходимо применять заряды максимально большой плотности. Максимальный выход конденсированного углерода наблюдается для зарядов, целиком состоящих из тротила, при увеличении содержания гексогена выход конденсированного углерода снижается.

Для определения выхода наноалмаза введем коэффициент графитизации, который показывает процент конденсированного углерода, превращаемый в процессе расширения продуктов взрыва в графит

$$\gamma_{[gp]} = K_{gp} \cdot \gamma_{[C]}; \quad \gamma_{[al]} = \gamma_{[C]} - \gamma_{[gp]},$$

где $\gamma_{[C]}$, $\gamma_{[gp]}$, $\gamma_{[al]}$ – выход соответственно конденсированного углерода, графита и алмаза;

K_{gp} – коэффициент графитизации наноалмаза.

Коэффициент графитизации зависит от ряда факторов, определяющих условия взрыва. В первом приближении можно принять, что K_{gp} определяется детонационным давлением ВВ – при давлении детонации до 20 ГПа $K_{gp}=100\%$, т.е. весь углерод превращается в графит, при давлении детонации более 30 ГПа $K_{gp}=0\%$, т.е. весь углерод, образующийся в плоскости Чепмена-Жуге, остается в форме наноалмаза.

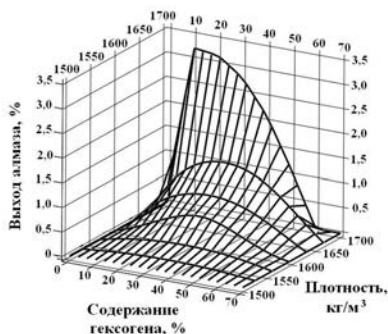
$$K_{gp} = \begin{cases} 100, \text{ при } p_{чж} \leq 20 \text{ ГПа}; \\ 300 - 10 \cdot p_{чж}, \text{ при } 20 \text{ ГПа} < p_{чж} \leq 30 \text{ ГПа}; \\ 0, \text{ при } p_{чж} > 30 \text{ ГПа}. \end{cases}$$

Таким образом, при взрывании зарядов из тротила $p_{чж}=21,2$ ГПа ($\rho_0=1,66$ г/см³) практически весь образующийся алмаз превращается в графит. При увеличении содержания гексогена в смеси тротил-гексоген растет детонационное давление и температура продуктов детонации. Поэтому для смеси тротил-гексоген по предлагаемой методике можно рассчитать оптимальный состав ВВ, дающий максимальный выход наноалмаза (рис. 2).

Кроме того, на выход конденсированного углерода влияет условия охлаждения продуктов взрыва при их расширении. При охлаждении продуктов взрыва с помощью воды выход ультрадисперсного алмаза увеличивается почти в 2 раза.

Источником сырья для производства наноалмазов могут также служить некоторые бензофуросаны [4], обладающие высоким детонационным давлением и отрицательным кислородным балансом (см. таблицу).

а



б

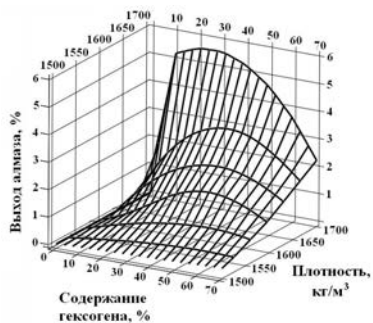


Рис. 2. Выход наноалмаза при расширении газов до давления окружающей среды: а – при взрыве в вакууме; б – при охлаждении водой

Расчет выхода конденсированного углерода для бензофуроксанов

| ВВ | Формула | ρ_0 , кг/м ³ | D , м/с | $p_{чж}$, ГПа | $\gamma_{[C]}$, % |
|-----------------------------|----------------|------------------------------|-----------|----------------|--------------------|
| Аминонитробензофуроксан | $C_6H_4N_4O_4$ | 8440 | 8440 | 34,0 | 18,4 |
| Диаминодинитробензофуроксан | $C_6H_4N_6O_6$ | 8793 | 8793 | 38,3 | 6,0 |
| Аминонитробензодифуоксан | $C_6H_2N_6O_6$ | 8776 | 8776 | 37,0 | 3,8 |
| Нитробензодифуоксан | $C_6HN_5O_6$ | 8640 | 8640 | 34,9 | 2,8 |

Выводы:

1. Разработана методика расчета выхода конденсированного углерода и алмаза из продуктов взрыва ВВ с существенно отрицательным кислородным балансом, позволяющая производить выбор ВВ, а также определять оптимальный состав смесевых ВВ.

2. Установлены зависимости выхода конденсированного углерода и алмаза при различных условиях охлаждения продуктов взрыва для смеси тротил-гексоген.

3. Показано, что источником сырья для производства наноалмазов детонационного синтеза могут являться бензофуроксаны, обладающие высоким детонационным давлением и отрицательным кислородным балансом.

Список литературы

1. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. М., 1959. 800 с.
2. Даниленко В.В. Взрыв: физика, техника, технология. М.: Энергоатомиздат, 2010. 784 с.
3. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочное издание: в 4 т. / Л.В. Гуревич, И.В. Вейц, В.А. Медведев и др. М.: Наука, 1978.
4. Пепекин В.И., Корсунский Б.Л., Матюшин Ю.Н. Взрывчатые свойства фуоксанов // Физика горения и взрыва. 2008. Т. 44. №1. С. 123-128.

С.А. Корнеев, А.М. Мажитов, В.С. Корнеева, М.В. Губин
 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г.И. Носова»

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ДОРАБОТКЕ РУДНОГО ТЕЛА №12 КАМАГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Камаганское медно-колчеданное месторождение расположено на территории Баймакского района Республики Башкортостан, в черте г. Сибай, в 3 км к северу от Сибайского карьера. Месторождение представлено группой линзообразных и пластообразных залежей, отработанных карьером до глубины 150 м.

В соответствии с существующим проектом вскрытие запасов подземного рудника осуществляется двумя штольнями и квершлагом от ствола шахты «Северная Вентиляционная». Основные горизонты подземного рудника (90, 160, 240 м) соединяются между собой наклонным съездом. Нижняя штольня (гор. 140 м) служит для выдачи горной массы в карьер, перемещения людей, доставки материалов и оборудования. Верхняя штольня (гор. 90 м) является запасным выходом и служит для выдачи отработанного воздуха (рис. 1).

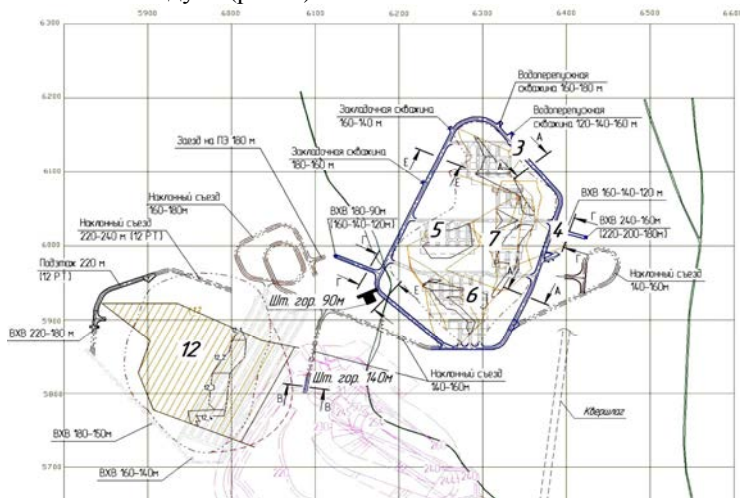


Рис. 1. План горизонта 160 м при вскрытии Камаганского месторождения

Квершлаг от ствола шахты «Северная Вентиляционная» служит основной воздухоподающей выработкой и вторым запасным выходом, также по нему проложены трубопроводы для подачи промышленной воды и сжатого воздуха.

Первоначально предусматривалась отработка рудных тел № 2 и 3, а затем № 6 и 7 одновременно с № 4, 5 и 12.

Однако, в связи с тем, что строительство квершлага задерживается, и восполнение выбывающих мощностей находится под угрозой, руководство СФ ОАО «Учалинский ГОК» приняло решение о пересмотре последовательности отработки рудных тел.

Для доработки выбрано рудное тело № 12, второе по величине запасов. В связи с этим, задачей данной работы являлось изыскание экономически выгодного и безопасного способа доработки.

В разработанном варианте предлагается осуществлять вскрытие двумя штольнями и наклонным съездом (рис.2).

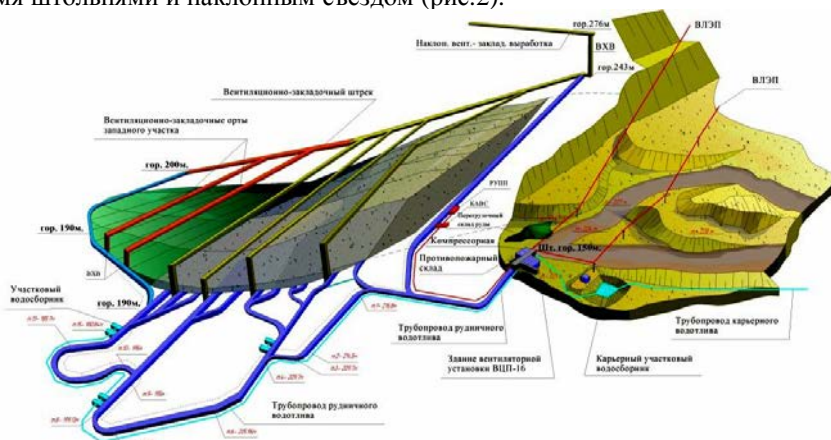


Рис. 2. Вскрытие и отработка рудного тела № 12

Нижняя штольня (гор. 150 м) является основной воздухоподающей выработкой и служит для выдачи горной массы в карьер, перемещения людей, доставки материалов, оборудования, пром. воды, сжатого воздуха и водоотлива. У портала штольни предусмотрено строительство здания вентиляторной установки ВЦП-16. Верхняя штольня (гор. 90 м) служит для выдачи отработанного воздуха и является запасным выходом. Данное решение позволяет осуществить вентиляцию участка независимо от общешахтной вентиляционной струи.

В связи с тем, что борт карьера должен находиться в устойчивом состоянии, так как по нему проходит высоковольтная линия электропередач и располагаются вскрывающие выработки, в качестве конкурирующих были рассмотрены следующие варианты систем разработки с закладкой: со взрыводоставкой, горизонтальными слоями и камерная. В результате технико-экономического сравнения, учитывая высокий уровень потерь отбитой руды на почве камер при взрыводоставке и высокую себестоимость добычи руды при слоевой выемке, принят вариант камерной системы разработки с закладкой выработанного пространства.

Рудное тело по падению делится на секции, состоящие из 3-4 лент, расположенные вкрест простирания рудного тела. Каждая лента, в свою очередь, делится по длине на несколько камер (от 3 до 4), в зависимости от формы рудного тела.

Подготовка осуществляется путем проведения заездов с наклонного съезда на ленты. По центру ленты на всю длину проходит буродоставочная выработка. С целью снижения объемов горнопроходческих работ выпуск руды из камер предусматривается производить через торцевые заезды с использованием погрузочно-доставочных машин, оборудованных дистанционным управлением. Работы могут производиться одновременно в нескольких секциях. Порядок отработки – нисходящий. После выемки руды камеры заполняются твердеющей закладкой.

Для снижения затрат на проходку вентиляционных выработок возможно осуществлять проветривание камер с удалением загрязненного воздуха по специально пробуренным скважинам с вентиляционного горизонта до выработанного пространства. После полного выпуска руды вентиляционные скважины диаметром 275 мм используются для подачи закладочного материала в выработанное пространство камер (рис. 3).



Рис. 3. Камерная система разработки с последующей закладкой

Для отработки участков рудного тела мощностью менее 5 м предусмотрен вариант камерно-целиковой системы разработки с однослойной выемкой и последующей закладкой с расположением камер вкрест простирания залежи.

Технология очистной выемки при данной системе разработки основана на: мелкошпуровом способе отбойки и закладке выработанного пространства твердеющей смесью.

Пересмотренные проектные решения по доработке в части вскрытия и подготовки способствуют более быстрому вводу в эксплуатацию рудного тела № 12 и уменьшению объемов горно-капитальных и горно-подготовительных работ в полтора раза, по сравнению с существующим вариантом, за счет изменения расположения вскрывающих выработок (см. таблицу).

Объемы горно-капитальных и горно-подготовительных работ

| 1 вариант | | | | 2 вариант | | | |
|--|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---------------|-------------------------|-----------------------|
| Наименование выработки | Длина, м | Сечение, м ² | Объем, м ³ | Наименование выработки | Длина, м | Сечение, м ² | Объем, м ³ |
| гор. 90 м накл. съезд 70-90 м ВХВ 180-90 м | 233,5 90 | 18,7 9 | 4366,45 810 | накл. съезд (m>5) накл. съезд (m<5) | 353,84 130 | 19,9 20,7 | 7207,96 2587 |
| гор. 160 м накл. съезд 140-160 м накл. съезд 160-180 м накл. съезд 220-240 м ВХВ 220-180 м ВХВ 180-150 м ВХВ 160-140 м | 203 366 81,2 40 30 20 | 18,7 18,7 18,7 9 9 9 | 3796,1 6844,2 1518,44 360 270 180 | заходки | 479,69 | 16,1 | 8126,96 |
| гор. 180 м накл. съезд 180-200 м | 647,2 | 18,7 | 12102,6 | орг по раз-дел. целику | 216,44 | 16,1 | 3484,68 |
| гор. 200 м накл. съезд на п.э. 220 м | 367,5 | 18,7 | 6872,25 | насосная РУПП КАВС | | | 1170 |
| ВСЕГО: | | | 37120,1 | ВСЕГО: | | | 22576,6 |

Результаты, полученные в ходе выполнения данной работы, были приняты к внедрению на Сибайском руднике.

УДК 622.235

Н.В. Угольников, Д.В. Доможиров, А.В. Генкель

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АНАЛИЗ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВВ НА КАРЬЕРАХ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Последнее десятилетие отечественной горной промышленности ознаменовалось стремительным скачком в области взрывного дела. Все большее внимание уделяется научному подходу для решения горнотехнических задач, связанных с ведением взрывных работ; перенимаются технологии, достижения и опыт зарубежных компаний, которые с успе-

хом осваиваются и широко применяются на карьерах Российской Федерации. При вхождении Российской Федерации во Всемирную торговую организацию неотъемлемым требованием является переход горной промышленности на более безопасные и экологически чистые взрывчатые вещества, не содержащие тротила. Большинство предприятий России переходят на применение эмульсионных взрывчатых веществ на основе прямой и обратной эмульсии.

В пределах Южно-Уральского региона взрывное рыхление при добыче полезных ископаемых открытым способом осуществляется более чем на 120 карьерах, добывающих руды черных, цветных металлов, известняково-доломитовые и строительные материалы, химическое сырье, уголь и другие полезные ископаемые. Общий годовой объем взрывного рыхления на карьерах превышает 70 млн м³, а расход взрывчатых веществ (ВВ) – свыше 45 тыс. т.

Взрываемые горные породы представлены осадочными и вулканическими скальными разновидностями с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодяконова $f = 6-18$. Основными видами полезных ископаемых, добываемых на карьерах, являются: железные руды и руды черных металлов (Подотвальное и Малый Куйбас в районе Магнитогорска, Теченское, Туканское и другие железорудные месторождения); руды цветных металлов (карьеры Михеевский, Ганеевский, Султановский и др.); известняково-доломитовое сырье (Агаповский, Лисьегорский, Худолозский, Ириклинский, Южно-Кандвуровский, Северо-Кизильский и другие карьеры); строительные материалы (карьеры Гудроновский, Гумбейский, Магнитогорский гранитный, Абзаковский, Мансуровский, Аргаяшский, Бобровский, Новоорский и др.).

Обработка месторождений ведется уступами высотой 5–15 м, с углами откосов 65–80° и диаметрами скважин от 100 до 250 мм. Перебур скважин колеблется от 1–2 до 3–3,5 м. Заполнение скважин по длине зарядом ВВ составляет от 50 до 68%. Междускважинные расстояния в зависимости от высоты уступа и характеристик взрываемых пород изменяются от 3 до 8 м. Линия сопротивления по подошве (ЛСПП) составляет 4–9 м. Удельный расход при взрывном рыхлении массива изменяется (в зависимости от типов взрываемых пород) в пределах 0,5–1,53 кг/м³.

Большинство карьеров региона перешло на эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ) («Сибирит»; АС-25П, «Эмуласт»; «Нитронит»; «Фортис»; «Эмульсен»).

Иницирование скважинных зарядов осуществляется с применением неэлектрических систем иницирования «Нонель», «Эксэл», «Коршун», «СИНВ» и «Искра» с интервалами замедления соответственно внутрискважинные 450, 475, 500 мс и поверхностные 25, 42, 67 мс. При использовании ДШЭ-12 и ДШВ короткозамедленное взрывание (КЗВ) обеспечивается пиротехническими реле РП-Н, РП-Д и РПЭ-2 с интервалом замедления 20–50 мс.

Основные параметры БВР, применяемые типы ВВ и средства иницирования для различных карьеров Южно-Уральского региона приведены в таблице.

**Основные показатели (параметры) и ЭВВ
карьеров Южно-Уральского региона**

| Карьер (предприя- тие) | Применяемое ЭВВ | Кэффи- циент крепости | Удель- ный рас- ход, кг/м ³ | Диаметр скважин, мм | Сетка скважин, м | Средства иницииро- вания (СИ) |
|---|---|-----------------------------|--|---------------------------|------------------------------|--|
| Железорудные месторождения | | | | | | |
| Теченский | Сибирит 1200; Сибирит 2500РЗ; АС-25П | 10-14 | 0,96-1,4 | 178; 252 | 4,5х4,5; 6,5х6,5 | СИНВ; Коршун; Нонэль; ДШ |
| Туканский, Верхне- Карадинский | Эмуласт АС- 30; «Нитронит»; «Форτισ» | 10 | 0,54-0,71 | 110 | 3,8х3,8 | Коршун; Примадет; Эксэл; ДШ |
| «Малый Куйбас»; «Подотваль- ное» | Сибирит-1000 Сибирит-1200 «Форτισ» | 8-18 | 0,98-1,4 | 250 | 8х7,5; 7,5х6,5 6,5х5,5 | Примадет; Рионель; Нонель; Эдилин; ДШ |
| Месторождения цветных металлов | | | | | | |
| Султанов- ский | «Нитронит»; «Форτισ» | 6-15 | 1,34-1,74; 1,1 | 110-170 | от 3,2х3,2 до 5,4х5,4 | Коршун; Примадет; Эксэл |
| Михеевский | Сибирит 1200; Сибирит 2500РЗ; АС-25П; «Игданит П»; Гранулит НП | 12-15 | 1,02-1,35 | 140-250 | от 3,6х3,6 до 6,4х6,4 | ДШ; Эди- лин; СИНВ; Нонель |
| Ганеевский | Эмуласт АС- 30; «Нитронит»; «Форτισ» | 10 | 0,54-0,71 | 110 | 3,2х3,2 | Коршун; Примадет; Эксэл |
| Известняковые, доломитовые месторождения | | | | | | |
| Худолозский | АС-25П; «Форτισ» | 6-10 | 0,65-0,8; 0,7-1,1 | 110; 250 | 3,4х3,4; 6,8х6,8 | СИНВ; Кор- шун; ДШ |
| Ириклин- ский | АС-25П; «Форτισ Эдвантедж 100» | 8 | 0,55; 0,51 | 127 | - | Эдилин;; Коршун |
| Агаповский; Лисьегор- ский | Сибирит; «Форτισ» | 10 | 0,65-0,8; 0,7-1,1 | 230; 250 | 6,4х6,4; 6,8х6,8 | Примадет; Рионель; Нонель; ДШ |
| Суюш | Эмуласт АС- 30 ФП-90 | 10 | 0,8; 2,0 | 110 | 2,8х2,8 | Эдилин; СИНВ; ДШ |
| Южно- Кандуров- ский | АС-25П; Сибирит | 2-4 | 0,88-0,91 | 110 | 3,0х3,0 | ДШ; Эди- лин; СИНВ; Нонель |

Окончание таблицы

| Карьер (предприятие) | Применяемое ЭВВ | Коэффициент крепости | Удельный расход, кг/м ³ | Диаметр скважин, мм | Сетка скважин, м | Средства инициирования (СИ) |
|--|--|----------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| Месторождения строительных материалов | | | | | | |
| Гудроновский | Эмуласт; АС-25П; «Фортис» | 14 | | 220; 250 | 5,8х5,8 6,2х6,2 | Эдилин; ДШ |
| Ново-Петровский | «Фортис-1»; Эмульсолит П-А-20; Игданит | 8-14 | 0,81-1,03; 0,7-1,58; 0,66-1,03 | 220; 250 | 5,8х5,8 6,2х6,2 | Эдилин; ДШ; Коршун; Эксэл |
| Абзаковский | Эмуласт АС-30; «Эмульсен И-90» | 8 | 1,0 | 110 | 3,0х3,0 | Эдилин;; Коршун |
| Аргаяшский; Еленинский | АС-25П; Сибирит | 8-15 | 1,01-1,39 | 220 | от 3,2х3,2 до 5,7х5,7 | ДШ; Эдилин; СИНВ; Нонель |
| «ЮжУрал-гипс» | АС-25П; Сибирит | 8 | 0,62 | 150 | 5,0х5,3 | ДШ; Эдилин; СИНВ; Нонель |
| Медногорский | АС-25П; «Фортис»; Эмульсолит | 12-14 | 0,8-1,0; 0,85-1,2; 0,6-0,65 | 110; 130; 170 | 3,0х3,0; 3,5х3,5; 4,5х4,5 | ДШ; Коршун |
| Гумбейский | АС-25П; Сибирит | 10 | 0,84-1,07 | 110; 220 | от 3,2х3,2 до 5,9х5,9 | ДШ; Эдилин; СИНВ; Коршун; Нонель |

Преимущества ЭВВ по сравнению с тротилсодержащими ВВ очевидны, поэтому на большинстве карьеров Южного Урала последние находят ограниченное применение, либо окончательно вытеснены.

К достоинствам ЭВВ следует отнести:

- возможность механизированного приготовления в местах производства взрывных работ;
- использование невзрывчатых компонентов;
- относительная простота адаптации к различным физико-механическим свойствам взрывааемых массивов путем регулирования рецептуры ЭВВ;
- существенное сокращение числа и вместимости складов ВМ на предприятиях;
- низкая себестоимость изготавливаемых ЭВВ по сравнению со штатными заводскими ВВ;
- улучшение экологической обстановки в местах ведения взрывных работ.

При расходе ЭВВ предприятием более 5 тыс.т/год целесообразно строить специальные местные технологические комплексы, привязанные к этому

предприятию, по производству взрывчатых веществ. При меньшем расходе ЭВВ это трудновыполнимо. Существует большое количество организаций, которые предоставляют услуги в области взрывных работ («Костанайвзрывпром», г.Пласт, «РВС» и «Уральский Сибирит», г.Магнитогорск, «НГВПС» и «БК Урал», г.Уфа, «Гранит-С» и «Энергия-Т», г. Орск и др.). Поэтому у горнодобывающих предприятий, сотрудничающих с подобного рода организациями, отпадают вопросы на получение лицензий, на проектные работы и получение заключения экспертизы промышленной безопасности, а также на ведение взрывных или буровзрывных работ.

Такие компании, как ЗАО «Азот-Взрыв», ЗАО «НитроСибирь», ООО «Уральский Сибирит» (г. Магнитогорск) и другие выполняют законченный цикл работ в сфере взрывного дела: научные исследования и разработку новых технологий, проектирование технологической части эмульсионных производств, заказ и поставку оборудования для эмульсионных производств, оформление разрешительной документации в органах надзора, производство ЭВВ, их доставку и зарядание на местах работ, проведение буровых работ, проведение массовых взрывов на предприятиях заказчиков.

Переход на эмульсионные ВВ позволил улучшить экологическую обстановку, повысить общую безопасность производства буровзрывных работ, снизить себестоимость работ за счет полной механизации и дешевизны компонентов ЭВВ. Но, несмотря на большие достоинства и перспективы применения ЭВВ по сравнению с гранулированными ВВ заводского изготовления, до сих пор не разработано четких рекомендаций по выбору оптимальных параметров, техники и технологии производства буровзрывных работ.

Поэтому актуальным является проведение исследований, направленных на обоснование рациональных параметров БВР, техники и технологии производства взрывных работ при применении современных эмульсионных взрывчатых веществ в породах различных физико-технологических свойств, что обеспечит эффективность использования энергии взрыва на дробление горных пород.

УДК 622.4.001.24

А.Д. Кольга, В.П. Мухин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ТУРБОМАШИН СО ВСТРЕЧНЫМ ВРАЩЕНИЕМ И С КОАКСИАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧИХ КОЛЕС

Россией, как одной из ведущих мировых стран, в настоящее время взят курс на современное, экономически эффективное и экологически безопасное производство. Одним из приоритетных направлений, ориен-

тированных на повышение экономической эффективности производства, на сегодняшний день является энергосбережение.

Вопрос повышения энергоэффективности актуален во всех областях жизнедеятельности и труда современного человека, среди которых особое место занимают водоотливные и вентиляционные системы, используемые практически во всех отраслях промышленности, народного хозяйства и в быту. Данные машины характеризуются большой энергоёмкостью (до 45% от себестоимости продукции в различных отраслях промышленности).

Высокая энергоёмкость объясняется относительно низкой способностью к приспособлению различных параметров турбомашин к изменяемым условиям эксплуатации или потребностям. Уровень приспособления к этим потребностям турбомашин, в свою очередь, зависит от эффективности регулирования рабочих параметров и от эффективности конструктивных параметров этих турбомашин.

Под эффективными конструктивными параметрами понимается правильность подбора турбомашин и её основных элементов (электродвигатель, рабочее колесо с различными конфигурациями лопаток, кожух турбомашин и т.д.) к требуемым условиям эксплуатации. На сегодняшний день имеется значительное число работ по совершенствованию каких-либо отдельных элементов турбомашин, однако стоит отметить, что большинство из них ведет к значительным усложнениям и удорожанием конструкции.

Среди способов регулирования наибольшее распространение получило дросселирование. Дросселирование – самый распространенный и самый неэффективный способ регулирования, основанный на искусственном введении в сеть дополнительного сопротивления (дросселя), при котором в равной степени происходит изменение и подачи, и напора. Применение других способов регулирования ведет к значительному усложнению и удорожанию конструкции.

Повышение энергоэффективности на сегодняшний день достигается либо путем совершенствования каких-либо отдельных элементов турбомашин, либо за счет применения средств регулирования. Возможность решения поставленной задачи по повышению энергоэффективности применяемыми способами в совокупности не рассматривался.

Для эффективного снижения потребляемой электроэнергии необходим высокий уровень приспособления различных параметров турбомашин к выставляемым потребностям, а значит, необходимы в совокупности эффективное регулирование различных параметров турбомашин и эффективные конструктивные параметры. Такой процесс приспособления можно назвать адаптацией.

В сравнении с применяемыми на сегодняшний день способами повышения энергоэффективности турбомашин, адаптация различных параметров в энергосберегающих конструкциях турбомашин объединяет в себе большинство известных способов регулирования, работая на систему нагнетания в совокупности. Такой способ повышения энергоэффек-

тивности турбомашин основывается на изменении относительной частоты вращения двух коаксиально-расположенных рабочих колес в зависимости от меняющихся потребностей.

Вопрос о встречном вращении рабочих колес в вентиляционных и водоотливных турбомашинах разработан недостаточно. Нет полной ясности даже в самой постановке вопроса о целесообразности применения таких установок. Этим объясняется то обстоятельство, что встречное вращение осевых рабочих колес турбомашин нашло свое применение сравнительно недавно и только в качестве усовершенствования конструкции турбомашин, без возможности регулирования ее рабочих параметров. При этом встречное вращение центробежных колес на сегодняшний день не рассматривалось вовсе. Также стоит отметить, что встречное вращение рабочих колес рассматривалось только в вентиляционных системах и не рассматривалось в водоотливных системах.

Исследование работы турбомашин с регулированием относительной частоты рабочих колес основывается на анализе кинематики потока в пределах этих колес, который базируется на построении параллелограмма скоростей потока текучего на входе и выходе из рабочих колес (рис. 1).

Решетки профилей турбомашин с регулируемой частотой встречно-вращающихся рабочих колес имеют зеркальное отображение лопастей относительно друг друга. При встречном и равным по частоте вращении рабочих колес абсолютная скорость C_4 будет иметь максимальное значение, а абсолютная скорость C_2 на выходе с решетки 1-го колеса будет равна абсолютной скорости C_3 на входе в решетку 2-го колеса. Уменьшение числа оборотов 2-го колеса будет сопровождаться увеличением абсолютной скорости C_4 . При совпадении направления и частоты вращения рабочих колес напор турбомашин будет равен нулю (абсолютная скорость $C_4=0$), а если частота вращения второго колеса при одинаковом направлении вращения превысит частоту вращения первого, произойдет изменение направления потока.

Таким образом, за счет изменения частоты и направления вращения одного из рабочих встречно-вращающихся колес становится возможным регулирование рабочих параметров турбомашин.

Эксперименты, проведенные на спроектированных и изготовленных моделях установок (рис. 2) с двумя рабочими колесами (осевые и центробежные), позволяют сделать выводы о возможности применения предла-

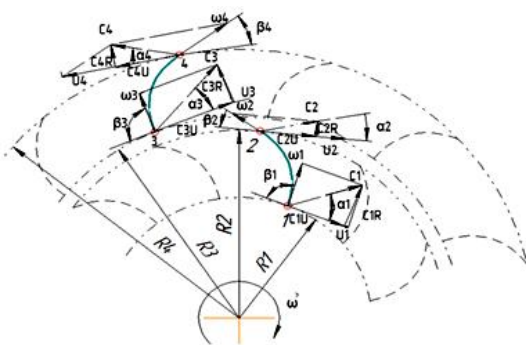


Рис. 1. Радиальные решетки коаксиально-расположенных профилей

гаемого технического решения для регулирования рабочих параметров турбомашин.

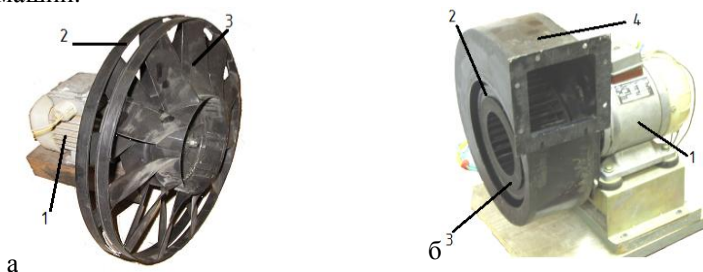


Рис. 2. Экспериментальная установка:
 а – с осевыми рабочими колесами; б – с центробежными рабочими колесами; 1 – электродвигатель; 2 – 1-е рабочее колесо; 3 – 2-е рабочее колесо; 4 – улиткообразный кожух

Результаты проведенных экспериментов представлены в виде зависимости P - Q (рис. 3).

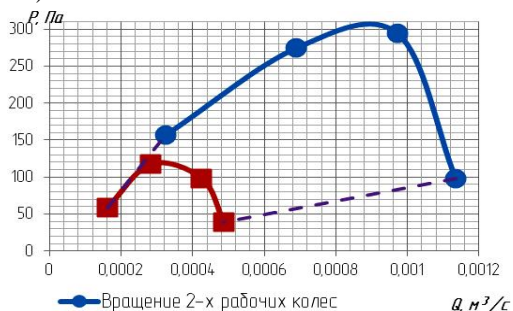


Рис. 3. Зависимость P - Q экспериментальной установки

УДК 622.035.097

Р.Х. Шарипов, И.С. Туркин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г.И. Носова»

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БУРОВОЙ КОРОНКИ MITSUBISHI

Наиболее распространенным способом отделения от массива горных пород является буровзрывной способ. Бурение шпуров и скважин является одной из наиболее трудоемких операций при добыче полезных иско-

паемых, составляющей 25–40% общих трудовых затрат на все работы производственного цикла и 55–60% стоимости всех работ при буровзрывном способе [1].

Практика показывает, что интенсификация процесса бурения сдерживается низкой эксплуатационной стойкостью рабочего инструмента (буровые коронки) бурильных машин. Так, на медно-колчеданных месторождениях Урала максимальная эксплуатационная стойкость коронок типа Mitsubishi составляет 20–61 м, что значительно меньше стойкости, заявленной заводом – изготовителем.

Исследования эксплуатационной надежности коронок Mitsubishi показывают, что наибольшее количество отказов коронок связано с проявлением предельных нагрузок, значительно превышающих допустимый предел прочности, основной причиной которых является концентрация на рабочей поверхности максимальных напряжений, формирующихся при изготовлении и эксплуатации.

Наиболее распространенными отказами коронок являются срыв породоразрушающих вставок (рис. 1, а) и износ корпуса коронок из-за не соответствия геометрической оси конструкции с осью вращения коронки (рис. 1, б). В связи с этим моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) коронки позволяет определить зоны максимальных концентраций напряжений конструкции с учетом геометрических параметров коронок и физико-механических свойств породы.



Рис. 1. Отказы коронок: а – срыв породоразрушающих вставок; б – абразивный износ корпуса коронки

Одним из наиболее эффективных подходов в решении задачи оценки распределения напряжений является использование метода конечных элементов (МКЭ) [2]. Применение моделей МКЭ позволяет с высокой степенью точности анализировать напряженно-деформированное состояние конструкции буровых коронок [3].

Для реализации МКЭ широко используется программа *APM WinMachine*, в которой расчет НДС конструкций выполняется в модуле *Structure3D*. При расчете в этом модуле требуется составить модели конструкции и нагружения.

Создание компьютерной модели конструкции коронки выполнено в программе *КОМПАС-3D V13* по реальным размерам объекта (рис. 2).

Модель позволяет достаточно быстро менять размеры и сечения коронки, что дает возможность подбирать параметры сечений, при которых масса конструкций будет наименьшей или напряжения будут находиться в допустимом диапазоне.

Конструкция коронки моделировалась оболочечными элементами с автоматическим разбиением на конечные элементы с использованием модуля поверхностного моделирования *APM Studio* (рис. 3). При автоматическом разбиении на конечные элементы получилось 231 тыс. конечных элементов с шагом 2 мм.



Рис. 2. Модель конструкции коронки Mitsubishi

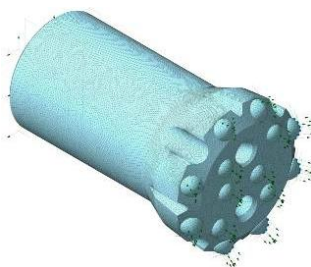


Рис. 3. Конечно-элементная модель коронки Mitsubishi

Нагружение буровой коронки Mitsubishi производилось в вертикальной плоскости с учетом действия внешних нагрузок. Внешние нагрузки моделировались от действия осевого усилия бурильной машины и реакций породы.

Моделирование НДС коронки Mitsubishi показало, что максимальные напряжения отмечаются в местах установки породоразрушающих вставок в корпус коронки при существенно меньших значениях рабочих напряжений по остальным сечениям конструкции, не превышающих допустимых значений (рис. 4).

Значения напряжений в критических зонах достигают 232 МПа, которые при динамическом характере приложения нагрузок приводят к разрушению корпуса коронки и вследствие чего к срыву породоразрушающих вставок. Данный характер распределения напряжений объясняется тем, что при запрессовке породоразрушающих элементов в корпус коронки возникают остаточные напряжения.

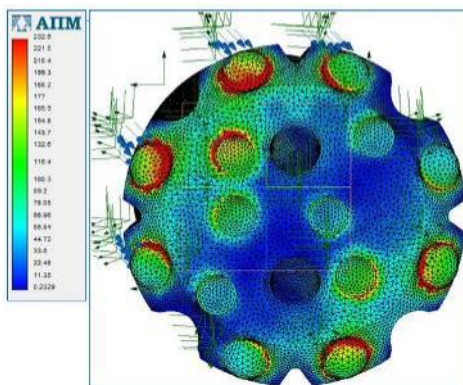


Рис. 4. Карта НДС коронки Mitsubishi

Таким образом, моделирование НДС конструкции коронки позволяет определить характер распределения напряжений по форме конструкции и опасные сечения конструкции (зоны максимальных концентраций напряжений), в которых действуют предельные нагрузки, приводящие к разрушению конструкции.

Список литературы

1. Малевич Н.А. Горнопроходческие машины и комплексы. М.: Недра, 1980.
2. Капанин Н.В. К разработке методики расчета нагрузок на металлоконструкции экскаватора-драглайна// Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. Екатеринбург: УГГУ, 2009. С. 261-267.
3. Савинова Н.В., Савинов Д.В. Подготовка расчетной модели стержневой конструкции высотой более 10 м // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. Екатеринбург: УГГУ, 2010. С. 335-340.

УДК 622:658.274:658.58

А.Д. Кольга, В.Д. Горячих, Д.М. Айбашев
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ, ПРИВОДЯЩИХ К ОТКАЗАМ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, НА ПРИМЕРЕ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ

Одним из основных показателей работы горного оборудования является время производительной работы, которое зависит от продолжительности простоев (рис. 1).

В общей структуре технических простоев дробилки ЩДП 15-21У доля простоев, связанных с отказами механического оборудования, составляет до 60%, значительная часть которых приходится на отказы металлоконструкций (рис. 2).

Анализ исследований показывает, что одной из основных причин простоев дробилок являются отказы металлических конструкций, выраженные в виде трещин, влекущие длительные простои, и необходимость в проведении долгосрочного ремонта (рис. 3). Надежность дробилок также снижается и с возрастанием числа хрупких разрушений его металлоконструкций (рис. 4).

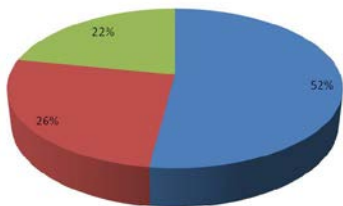


Рис.1. Распределение календарного фонда рабочего времени дробилки ЩДП 15-21У:

1 – фактическое время работы;
2 – ремонт; 3 – простои

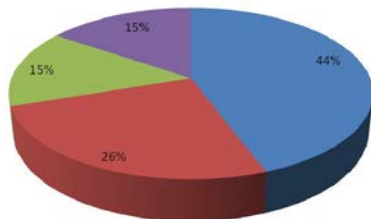


Рис.2. Структура технических простоев дробилки ЩДП 15-21У:

1 – фактическое время работы;
2 – ремонт; 3 – простои

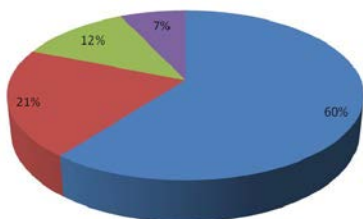


Рис.3. Структура отказов металлоконструкции дробилки ЩДП 15-21У:

1 – обрыв шпилек броней; 2 – износ броней; 3 – износ блюмсов; 4 – прочее

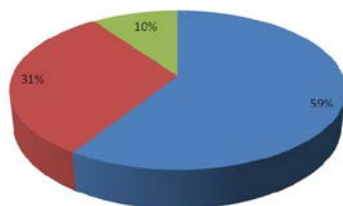


Рис.4. Время простоя из-за отказов металлоконструкции дробилки ЩДП 15-21У:

1 – обрыв шпилек броней; 2 – износ броней; 3 – износ блюмсов; 4 – прочее

Для поддержания, сохранения и повышения эксплуатационной надежности за счет совершенствования профилактического обслуживания и ремонта наиболее ценными являются данные об отказах, полученных в условиях эксплуатации.

Надежность дробилок типа ЩДП 15-21У снижается с возрастанием отказов шпилек, выраженных в виде хрупких разрушений.

При сборе данных о надежности дробилок были использованы данные агрегатных журналов, эксплуатируемых в условиях ГОП ОАО «ММК» в период 2005-2011 гг. При этом учитывались: дата и причина отказа, характер разрушения, возможные причины разрушения, объем выполненной работы, время простоя и т.д.

Для определения показателей надежности шпилек проведены производственные наблюдения за работой дробилок в условиях ГОП ОАО «ММК». Были установлены зависимости интенсивности и вероятности безотказной работы (рис. 5, 6).

На рис. 7 изображены категории тяжести последствий:

I – отказ, который может повлечь снижение качества функционирования объекта, но не представляет опасности для окружающей среды, самого объекта и здоровья людей.

II – отказ, который может повлечь задержку выполнения задачи, снижение готовности и эффективности объекта, но не представляет опасности для окружающей среды, самого объекта и здоровья людей.

III – отказ, который быстро и с высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для самого объекта и/или для окружающей среды, срыв выполняемой задачи, но создает пренебрежимо малую угрозу жизни и здоровья людей.

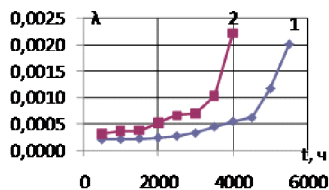


Рис.5. Интенсивность отказов щековых дробилок:
1 – ЩДП 15-21У; 2 – Трайлор

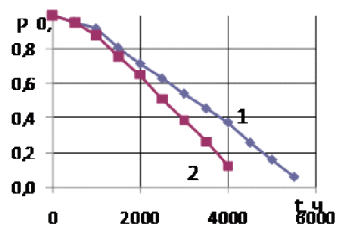


Рис.6. Вероятность безотказной работы щековых дробилок:
1 – ЩДП 15-21У; 2 – Трайлор

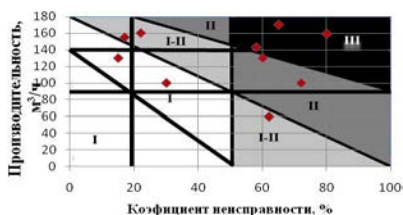


Рис.7. Матрица соответствия производительности щековых дробилок коэффициенту неисправности и тяжесть последствий отказов

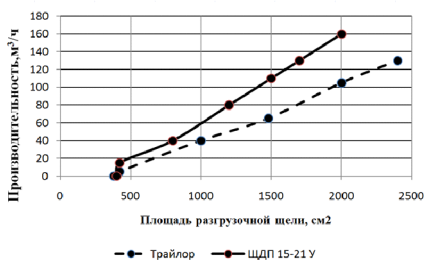


Рис.8. График зависимости производительности щековых дробилок от площади разгрузочной щели

По полученной матрице можно сделать вывод, для того чтобы выйти из III (опасной) категории, необходимо устранять неисправности или снижать производительность работы. Производительность щековых дробилок зависит от многих факторов: состава дробимого сырья, размеров разгрузочной щели дробилки и крупности загружаемых кусков, конструктивных особенностей дробилки (угла захвата, числа качаний щеки, профиля плит и т.д.). Самым доступным способом снижения производительности является уменьшение площади разгрузочной щели (рис.8). Но этот способ ведет к изменению размеров дробимого сырья на выходе. Поэтому при варьировании факторов необходимо учитывать выходные параметры.

А.Д. Кольга, Д.М. Айбашев, В.Д. Горячих
 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г.И. Носова»

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ РИФЛЕНИЙ ДРОБЯЩИХ ПЛИТ НА ПРОЦЕСС ДРОБЛЕНИЯ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

Дробление характеризуется значительными капитальными затратами и эксплуатационными расходами, доля которых достигает 50–70% расходов в целом по фабрике. Благодаря простоте конструкции и удобству обслуживания и ремонта щековые дробилки нашли широкое применение во многих отраслях промышленности для дробления различных по прочности и хрупкости материалов. Одним из основных недостатков щековых дробилок является высокая энергоёмкость, составляющая от 7 до 20 кВт·ч/т [1].

Для снижения энергозатрат на дробление куска породы футеровочные плиты, защищающие неподвижную и подвижную щеки, делают рифлеными (рис. 1).

Выступы (рифы) на плите неподвижной щеки располагают против впадин на плите подвижной щеки, при этом дробящие усилия концентрируются на меньшей площади, соответствующей выступам футеровочных плит, и разрушение (раздавливание) кусков породы частично заменяется таким видом разрушения, как излом в результате изгиба. Предел прочности на изгиб $\sigma_{из}$ для материалов средней твердости близок к разрывающему напряжению σ_p , т.е. $\sigma_{из} \approx \sigma_p$. Поскольку горные породы имеют значительно меньшие пределы прочности на растяжение, чем на сжатие. Например, магнетитовые руды имеют пределы прочности на сжатие $\sigma_{сж}=64-302$ МПа, а на растяжение всего $\sigma_p=4,5-23$ МПа [2].

На рис. 2 приведена фотография процесса дробления в экспериментальной дробилке с двумя подвижными щеками [2].

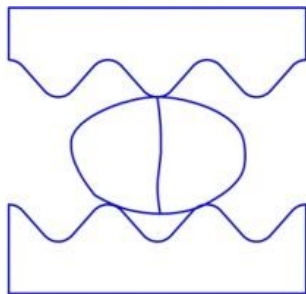


Рис. 1. Раскалывание куска материала в камере дробления

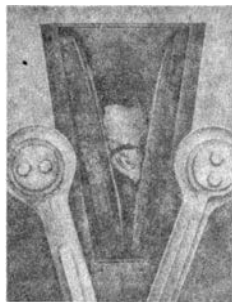


Рис. 2. Раскалывание куска материала в экспериментальной дробилке

Как видно на фотографии, раскалывание куска породы происходит не в вертикальной плоскости (по рифам), а в горизонтальной. Результаты экспериментов показали, что в верхней и средней частях камеры дробления влияние размеров и формы рифлений плит на процесс дробления незначительны. Напротив, в нижней части камеры, у выходной щели, размеры и форма рифлений существенно влияют на зерновой состав, форму зерен, производительность и расход энергии на дробление.

Результаты экспериментов можно объяснить тем, что значение шага рифлений t – величина постоянная по всей длине плиты (рис. 3), а в камеру дробления попадают куски породы различной крупности, соответственно они разрушаются в разных сечениях камеры.

Для всех плит шаг рифлений определяется по выражению $t \approx b$. Так как ширина b выходного отверстия величина переменная, то для определения оптимальных параметров профиля рифлений для данной дробилки применяют номинальное (или среднее) значение ширины щели.

Для наглядности проведен следующий эксперимент (рис. 4, 5).

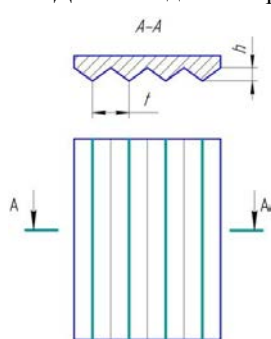


Рис. 3. Футеровочная плита:
 t – шаг рифлений; h – высота рифлений (зубьев)

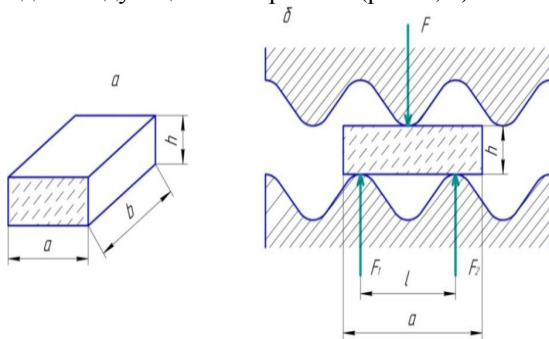


Рис. 4. Разрушения кирпича изломом в результате изгиба

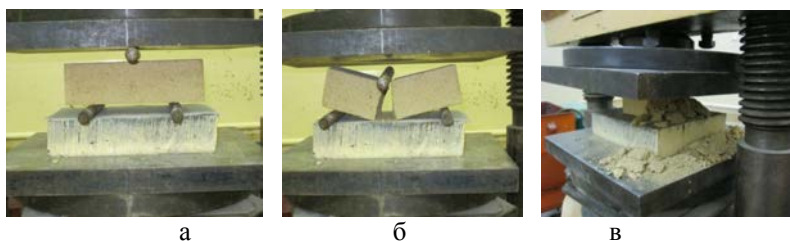


Рис. 5. Разрушение кирпича: а, б – изломом; в – раздавливанием

Кусок породы (кирпич) с размерами a , b , h разрушается изломом и раздавливанием в результате изгиба между рифлениями щек. Для упро-

жения эксперимента вместо породы правильной формы использовали обычные кирпичи с размерами 230x114x65 мм (рис. 5, а, б).

Результаты экспериментов разрушения породы изломом (см. рис. 5, а, б) с размерами 230x114x65 мм (кирпич) внесены в табл. 1, раздавливанием (рис. 5, в) с размерами 115x115x65 мм (половина кирпича) – в табл. 2. По результатам эксперимента построен график зависимости усилий разрушения от величины шага рифлений плит (рис. 6).

Таблица 1
Результаты экспериментов разрушения породы изломом

| № | Шаг рифлений l , см | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|
| | 4,6 | 9,2 | 13,8 | 18,4 |
| | Шаг рифлений в долях крупности породы D | | | |
| | 0,2D | 0,4D | 0,6D | 0,8D |
| Усилие, кН | | | | |
| 1 | 7,62 | 6,5 | 4,87 | 0,73 |
| 2 | 6,5 | 5,24 | 3,64 | 0,6 |
| 3 | 7,62 | 6 | 3,98 | 0,4 |
| 4 | 7,62 | 6,06 | 4,41 | 0,35 |
| 5 | 7,2 | 3,71 | 1,46 | 0,45 |
| Среднее значение | 7,312 | 5,502 | 3,672 | 0,506 |

Таблица 2
Результаты экспериментов разрушения породы раздавливанием

| № | Усилие, кН |
|------------------|------------|
| 1 | 343,82 |
| 2 | 327,32 |
| Среднее значение | 335,57 |

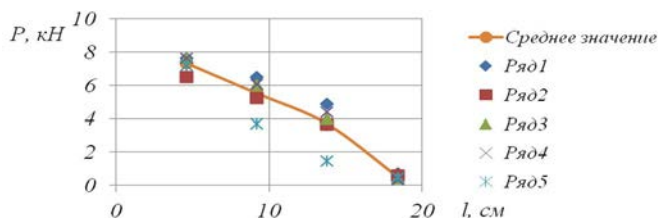


Рис. 6. Зависимость усилий разрушения от шага рифлений

Очевидно, что в средней и верхней части камеры дробления усилие для разрушения куска породы значительно больше, чем в нижней части.

Для разрушения куска породы с размерами 118x115x65 мм (половина кирпича) раздавливанием затрачивается усилие 335,57 кН (см. рис. 5, в). Это характеризуется потреблением значительной энергии для разруше-

ния и нежелательным переизмельчением материала. При раздавливании происходит переизмельчение горных пород, и в большинстве случаев размеры готовой продукции $d_{2,n}$ получаются намного мельче заданного d_3 , т.е. $d_{2,n} \ll d_3$.

Снижение усилий дробления и обеспечение заданной крупности d_3 готовой продукции может быть достигнуто заменой энергоемкого вида разрушения (раздавливания) на менее энергоемкий вид (излом).

Поэтому при определении значения шага рифлений плит t необходимо учитывать размеры кусков породы в разных сечениях камеры дробления.

Приняв постоянной величину угла захвата α и ширину выходной щели b , значение шага рифлений в разных сечениях камеры дробления должно определяться по следующей зависимости:

$$t = k_p \cdot D,$$

где D – размер куска породы (крупность);

k_p – коэффициент, учитывающий размер куска породы в разных сечениях камеры дробления.

Например, для щековой дробилки типа ШДП – 15x21 значение шага рифлений должно изменяться от 160 до 900 мм по длине плиты.

Список литературы

1. Потемкин С.А. Совершенствование методов расчета и обоснование рациональных параметров щековых дробилок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МГУИЭ, 2000. 16 с.
2. Распределение и корреляция показателей физических свойств горных пород / Протодыakon М.М., Тедер Р.И., Ильницкая Е.И. и др. М.: Недра, 1981. 192 с.
3. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.

УДК 622.7.017.24

Н.В. Фадеева, Э.И. Сафиуллина, В.Е. Хахалкина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ СОБИРАТЕЛЕЙ ПРИ ФЛОТАЦИИ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД

Месторождение «Юбилейное» является одним из крупнейших медно-цинковых месторождений на Урале. По минеральному составу на месторождении Юбилейном преобладают, в основном, первичные сульфидные минералы – халькопирит и сфалерит. При переработке руды основные проблемы связаны с их селективным разделением и потерями минералов цинка

не только с хвостами обогащения, но и с медным концентратом. Причинами этого является ультратонкая вкрапленность сфалерита во всех минералах и его различная флотационная активность [1]. Основными направлениями совершенствования технологии обогащения являются повышение тонины помола для раскрытия сростков и корректировка реагентного режима.

В последнее время предложено достаточно большое количество новых реагентов. Некоторые из предлагаемых реагентов, как отечественных, так и зарубежных, относятся к одной группе химических соединений, основные отличия в них – массовые доли соединений определенного класса или сочетаний химических соединений в различных соотношениях. Основными направлениями повышения селективности действия реагентов при флотации сульфидных руд являются:

- сочетание слабого и сильного собирателя одного класса, например, совместное использование ксантогенатов с разной длиной углеводородного радикала (изопропиловый и бутиловый), сочетание ксантогенатов и дитиофосфатов и т.д.;

- сочетание слабого и сильного собирателя разных классов (ионогенных и неионогенных), например, ксантогенатов и тионокарбаматов; дитиофосфатов и тионокарбаматов, эфиров ксантогеновых кислот; ксантогентов и аполярных масел и др.

- модифицирование растворов известных собирателей различными высокоактивными химическими веществами, образующими хелатные соединения с ионом металла кристаллической решетки минерала;

- сочетание сульфгидрильных собирателей и новых модификаторов, селективно подавляющих флотацию определенных минералов.

Традиционным классическим собирателем при флотации медно-цинковых руд является ксантогенат. Модифицированный собиратель серии Борофлот представляет собой смесь диалкилдитиофосфатов, тионокарбаматов, изопропилового спирта, оксиэтилированного бутилового спирта, соснового масла, эфиров ксантогеновой кислоты, диалкилсульфидов. В рецептуру состава разных образцов серии Борофлот может входить от 2 до 5 компонентов. Борофлот 3035 представляет собой сочетание дитиофосфата и тионокарбамата в определенном соотношении.

Ранее проведенные исследования [2] показали, что Берафлот 3035 проявляет наименьшую флотационную активность по отношению к пириту, а по отношению к халькопириту – сопоставимые результаты с ксантогенатом. При флотации пирита и халькопирита сочетанием реагентов при увеличении доли неионогенного О-изопропил-N-метил-тионокарбамата извлечение пирита изменяется незначительно, а извлечение халькопирита повышается на 10%. Кроме этого, при использовании одного Борофлота 3035 либо при большей его доле в композиции с ксантогенатом наблюдаются различия в кинетике флотации сульфидов меди и сфалерита.

В данной работе исследовалось действие собирателей ксантогената и Борофлот 40 на флотируемость и смачиваемость минералов, отобранных из руды Юбилейного месторождения. Флотируемость изучалась методом беспенной флотации на трубке Халлимонта. Метод беспенной флотации, в от-

личие от флотационных опытов на руде, позволяет оценить собирательную способность реагентов. Исходным материалом для исследований являлась смесь из чистых халькопирита и сфалерита. Масса навески – 500 мг. Крупность минералов в исходной смеси – халькопирита -74+40 мкм, сфалерита - 40+20 мкм. Различная крупность минералов позволяет произвести качественный анализ. Соотношение минералов в смеси халькопирит к сфалериту = 2:1 для моделирования природной руды, в которой отношение меди к цинку 1:1. В результате флотации получали концентрат, состоящий из халькопирита и сфалерита. Концентрат рассеивался на сите 40 мкм для качественного анализа и определения технологических показателей флотации. Из методов изучения смачиваемости наиболее простым в лабораторных условиях и дающим хорошие воспроизводимые результаты является метод измерения параметров капли воды на минеральном шлифе. Исследованию подвергались мономинеральные шлифы халькопирита, пирита, сфалерита.

В результате исследований установлено (рис. 1), что с увеличением концентрации реагентов выход концентрата увеличивается. При этом с использованием берафлот40 выход больше. Наибольший прирост наблюдается при концентрации реагентов до 20 мг/дм³. Далее выход концентрата увеличивается не существенно (Берафлот 40) или падает (ксантогенат).

Массовая доля халькопирита в концентрате растет при увеличении концентрации до 20 мг/дм³. При использовании Берафлот 40 массовая доля халькопирита в концентрате больше, чем при применении ксантогената (рис. 2, а). Массовая доля сфалерита в концентрате увеличивается при концентрации реагентов 5 мг/дм³, затем постоянно, выше концентрации 15 мг/дм³ при использовании ксантогената увеличивается, а при использовании Берафлот 40 падает. Извлечение (рис.2, б) халькопирита в концентрат растет при увеличении концентрации до 20 мг/дм³. Извлечение сфалерита при использовании обоих реагентов падает.

Результаты изучения краевого угла смачивания приведены на рис. 3. По степени гидрофобности минералы выстраиваются в ряд: пирит, сфалерит, халькопирит. С повышением концентрации реагентов поверхность всех минералов сначала гидрофобизируется, а затем краевой угол смачивания уменьшается. Максимальное значение краевого угла смачивания практически одинаково для трех минералов. При этом при использовании Берафлот 40 максимальное значение краевого угла наблюдается при концентрации 0,01 мг/дм³, а при использовании ксантогената – при концентрации 0,1 мг/дм³. Увеличение смачиваемости минералов при больших концентрациях реагентов может быть следствием полислойной адсорбции.

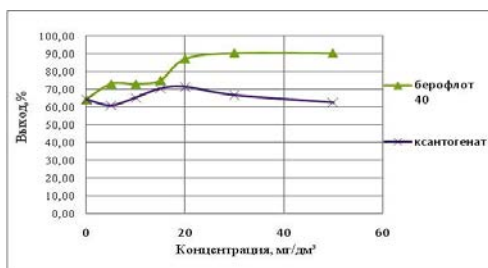


Рис. 1. Влияние концентрации реагентов на выход минералов в концентрат

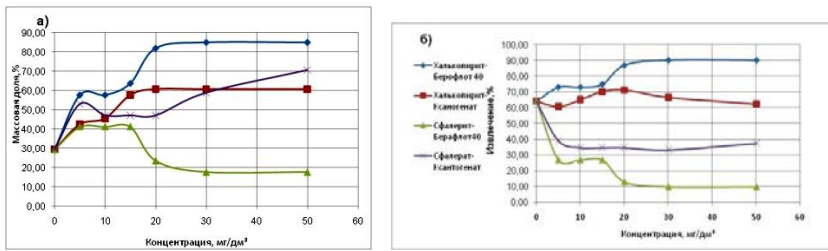


Рис. 2. Влияние концентрации реагентов на массовую долю (а) и извлечение (б) минералов в концентрат при использовании ксантогената и Берофлот 40

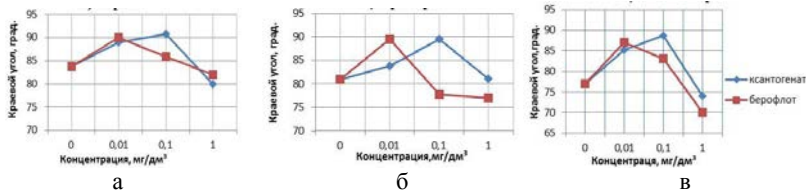


Рис. 3. Влияние концентраций реагентов на краевой угол смачивания пирита (а), сфалерита (б), халькопирита (в)

Исследование влияния соотношения реагентов на изменение краевого угла смачивания показало, что с увеличением в смеси реагентов доли Берофлота (рис. 4) смачиваемость халькопирита не изменяется, а краевой угол смачивания пирита и сфалерита увеличивается и при этом гидрофобизация сфалерита увеличивается постоянно, а пирита до соотношения 2:1, а затем снижается.

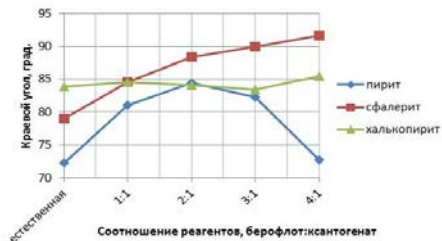


Рис.4. Влияние сочетаний реагентов на краевой угол смачивания

Проведенные исследования показали, что из исследуемых реагентов Берофлот 40 проявляет более селективное действие, чем ксантогенат. Оптимальный расход реагента (по массовой доли и извлечению минералов в концентрат) – 20 мг/дм³. Берофлот 3035 позволяет повысить флотационную активность сульфидов меди при снижении флотуемости пирита и сфалерита. Регулировать селективность разделения минералов в операциях коллективной или селективной флотации можно изменением соотношения реагентов в их смеси.

Список литературы

1. Изучение степени раскрытия минеральных фаз тонковкрапленной медно-цинковой руды месторождения «Юбилейное» / Фадеева Н.В., Заварухина Е.А., Хахалкина В.Е., Сафиуллина Э.И. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011.
2. Селективный реагентный режим флотации медно-цинковой руды Юбилейного месторождения с использованием сочетания сульфгидрильных собирателей / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров, М.Н. Сабанова, Н.Н. Орехова // Цветные металлы. 2012. №2. С.16 – 20.
3. Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. М.: Недра, 1974. 352 с.

УДК 656: 658.286

О.А. Копылова, А.Н. Рахмангулов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В условиях возрастающего спроса на энергоресурсы и роста тарифов на них особое значение приобретают вопросы энергосбережения. Одним из самых энергозатратных секторов экономики является транспортный комплекс, до 16% всего энергопотребления страны (рис. 1) [1]. При этом наиболее динамично потребление энергии в 2000-2010 гг. росло именно на транспорте и составило 54% всего прироста (рис. 2) [1].

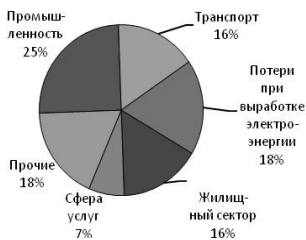


Рис. 1. Структура потребления энергии по основным секторам экономики в России

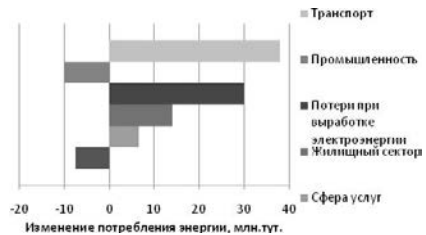


Рис. 2. Прирост потребления энергии по основным секторам экономики в 2000-2010 гг.

Можно выделить следующие причины роста и высокого энергопотребления в транспортном секторе при грузоперевозках:

- Рост парка грузового автотранспорта. За период 2000-2010 гг. ежегодный прирост числа грузового автотранспорта в среднем составлял 6,6% [2].
- Высокий расход топлива отечественных грузовых транспортных средств по сравнению с зарубежными аналогами. Так, расход топлива автомобиля марки «КамАЗ» составляет в среднем 38 л/100 км, у европейски грузовиков, например марки SCANIA, – 30 л/100 км, при мощности двигателя 340 л.с.
- Снижение экономичных видов транспорта в структуре грузооборота. Доля перевозок грузов железнодорожным транспортом за период 2000-2010 гг. снизилась более чем на 5% [2].

Самым энергозатратным является автомобильный транспорт, на его долю приходится 48% всего энергопотребления данного сектора, и он имеет наибольший потенциал энергосбережения за счет повышения топливной энергоэффективности и применения биотоплива [3].

Повышению конкурентоспособности экономичных видов транспорта при организации грузоперевозок препятствует недостаточное развитие транспортно-логистической инфраструктуры, разрыв в оснащенности которой достигает 60% между Центральной частью России и регионами [4]. Формирование современной транспортно-логистической инфраструктуры в регионах при логистическом подходе к управлению цепями поставок позволит: снизить себестоимость перевозок за счет снижения энергопотребления; уменьшить загрязнение окружающей среды за счет сокращения объема транспортной работы, приходящейся на единицу груза; увеличить долю железнодорожного транспорта в структуре объемов грузоперевозок; улучшить взаимодействие различных видов транспорта и т.д.

Ключевым в вопросе формирования энергоэффективной транспортно-логистической инфраструктуры становится выбор оптимального места размещения логистического центра как пункта взаимодействия различных видов транспорта. Оптимальное место размещения логистического центра будет способствовать энерго- и ресурсосбережению в транспортной отрасли за счет сокращения порожних пробегов, расходов на топливо, повышения степени использования грузоподъемности и грузместимости транспортного средства, а также позволит создать условия для применения энергоэффективных видов транспорта и транспортных средств, тем самым снизить энергоемкость перевозки.

Большинство известных методов в качестве основного критерия при выборе места размещения элементов транспортной инфраструктуры используют критерий минимума транспортных затрат путем учета таких параметров, как объем перевозок, расстояние, стоимость перевозки. При этом оценка энергоэффективности всего логистического комплекса, на величину которой оказывает влияние множество факторов, как правило, не производится.

Потребление энергоресурсов при грузоперевозках зависит от следующих факторов:

- энергоемкость перевозки (включая эффективность использования топлива различными видами транспорта);
- интенсивность грузоперевозок;
- соотношение используемых видов транспорта (автомобильный, железнодорожный, речной и т.д.) и видов топлива на каждом из них.

Исследование зависимости потребления энергоресурсов от величины грузооборота показало, что на автомобильном транспорте существует линейная зависимость потребления дизельного топлива от грузооборота, при этом наблюдается снижение использования автомобильного бензина за анализируемый период (рис. 3) [2].

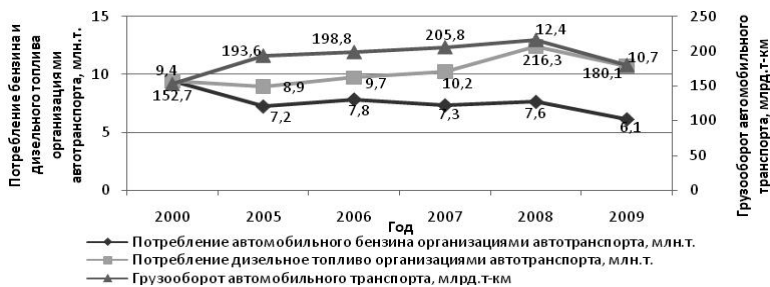


Рис. 3. Динамика грузооборота и потребления энергоресурсов на автомобильном транспорте

На железнодорожном транспорте за период 2005-2009 гг. потребление энергии колеблется в пределах 44,4-46,5 млрд кВт-ч. При этом в отличие от автомобильного транспорта с увеличением грузооборота количество потребляемой энергии, приходящейся на единицу транспортной работы, наоборот, уменьшается. Так, при величине грузооборота равной 1858 млрд т-км, количество потребляемой энергии составило 0,024 кВт-ч/т-км, а при грузообороте 2116 млрд.т-км – 0,021 кВт-ч/т-км (рис. 4) [2].

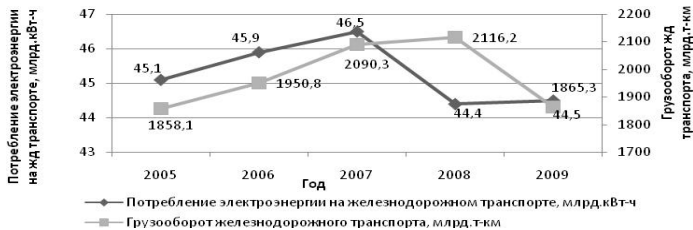


Рис. 4. Динамика грузооборота и потребления энергии на железнодорожном транспорте

Уровень грузоперевозок, в свою очередь, также зависит от ряда факторов. Наличие природных ресурсов, географическое расположение производственных мощностей, уровень жизни населения, объем торговли оказывают влияние на объем грузоперевозок в регионе, а значит, и на принятие решения о размещении логистических мощностей.

Необходима разработка методики, которая в комплексе учитывает различные рыночные факторы, влияющие на размещение элементов транспортно-логистической инфраструктуры, динамику изменения этих факторов и возможность энерго- и ресурсосбережения за счет привлечения экономичных видов транспорта.

В качестве факторов, оказывающих существенное влияние на формирование транспортно-логистической инфраструктуры, предлагается использовать показатели спроса на грузовые перевозки и складские услуги, а также параметры инвестиционной привлекательности потенциального региона размещения транспортно-логистических мощностей [4,5].

Для исследования динамического изменения рыночных факторов предлагается построение имитационной модели подходом системной динамики, что позволит установить зависимости внутри системы и спрогнозировать изменение поведения системы в будущем. Это позволит разработать такую методику формирования транспортно-логистической инфраструктуры, которая будет удовлетворять потребностям региона в обеспечении грузоперевозок не только на текущий уровень его развития, но и учитывая динамику роста социально-экономического потенциала региона, что обеспечит эффективность работы логистических объектов в будущем.

Список литературы

1. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии/ Центр по эффективному использованию энергии [Электронный ресурс]. URL: http://www.cenef.ru/art_11212_119.html.
2. Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991-2010 гг./ Росстат. 2011. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики России [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/publishing/catalog/statisticCollections/doc_1270707126016.
3. Энергоэффективность в России: скрытый резерв: Отчет исследований группы Всемирного банка в сотрудничестве с Центром Энергоэффективности [Электронный ресурс]. URL: http://www.cenef.ru/art_11212_119.html;
4. Копылова О.А., Рахмангулов А.Н. Анализ спроса и предложения на рынке транспортно-логистических услуг// Современные проблемы транспортного комплекса России: сб. науч. тр./ под ред. А.Н. Рахмангулова. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. С.115-121.
5. Аутов Е.К, Рахмангулов А.Н., Копылова О.А. Выбор мест для размещения логистических мощностей // Мир транспорта. 2012. №1. С.84-91.

К.К. Несват, Н.А. Осинцев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ЗАО «МЕХАНОРЕМОНТНЫЙ КОМПЛЕКС»

В связи с нарастающим потреблением тьюбингов при строительстве тоннелей метрополитена в крупных городах Российской Федерации и странах СНГ, одним из важнейших направлений ЗАО «Механоремонтный комплекс» является производство и продажа тьюбингов из марки чугуна СЧ-20. Подразделением ЗАО «МРК», отвечающим за производство данного вида продукции, является Литейный цех, в котором изготавливают отливки из серого чугуна с пластинчатым графитом, высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, жаропрочного высокохромистого чугуна углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и сплавов*.

Транспортно-технологическая схема литейного цеха представляет собой единую производственно-транспортную систему, основными элементами которой являются конвейерный, автомобильный и железнодорожный виды транспорта. Существующий процесс производства формовочной смеси состоит из системы подающих конвейеров и возвращающих отработанную смесь, 5 пескометов для набивки форм формовочной смесью, 4 формовочных машин для формовки и уплотнения литейных форм, 6 сушил для сушки готовых форм, 3 выбивных машин для отлитых форм.



Рис. 1. Существующая транспортно-технологическая схема (ПГС-процесс)

В настоящее время в литейном цехе используется устаревший процесс изготовления формовочной смеси на основе песчано-глинистых смесей (ПГС). Основными недостатками существующей транспортно-технологической схемы являются: устаревшая технология передачи гру-

* Несват К.К., Осинцев Н.А. Оптимизация внутрицеховых транспортно-технологических потоков Литейного цеха ЗАО «МРК» // Современные проблемы транспортного комплекса России. Вып. 2: межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012. С. 43-50.

зопотоков; низкая надежность и сбои в работе конвейерного транспорта; высокие энергозатраты, связанные с сушкой готовых форм; высокая степень запыленности и большие площади, занимаемые оборудованием.

Устранение данных недостатков и увеличение объема выпускаемой продукции возможно за счет перехода на технологию производства фасонного литья и валков с использованием холодно-твердеющих смесей (ХТС). Данная модернизация позволит полностью исключить из транспортно-технологической схемы цеха такую трудоемкую и устаревшую систему ленточных конвейеров, которая задействована на подаче формовочного материала и на возврате отработанного обратно на смесеприготовительный участок (рис. 2).

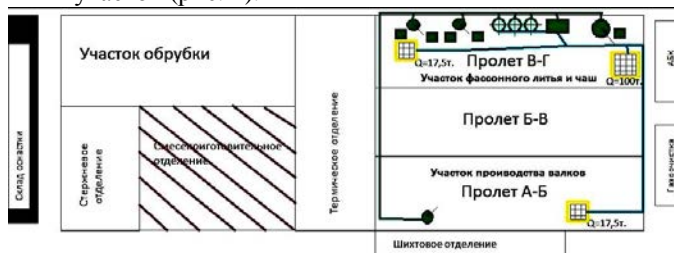


Рис.2. Предлагаемая транспортно-технологическая схема (ХТС-процесс)

Реализация мероприятий по изменению технологии работы литейного цеха потребует вывода из эксплуатации имеющегося оборудования ПГС-процесса и внедрения на освобождаемые площади оборудования ХТС-процесса (установку регенерации отработанной формовочной смеси, установку просева регенерата, установку охлаждения горячего песка, установку пылеудаления, систему пневмотранспорта, смесители для наполнения и набивки литейных форм, вибростолы для встряхивания и упрочнения литейных форм, реконструкция выбивных решеток для выбивки отлитых форм). В целом, из эксплуатации будет выведено 66 ед. оборудования, внедрено в эксплуатацию 22 ед. оборудования (см. таблицу).

Таким образом, совершенствование транспортно-технологической схемы литейного цеха:

- позволит отказаться от процесса сушки литейных форм; повысить выбиваемость формовочной смеси из залитых форм на 60%; улучшить качество поверхности на 30%, повысить регенерацию отработанной формовочной смеси на 20%;
- получать экономию денежных средств за счет снижения брака около 2 млн руб./год, а также экономию за счет снижения потребляемого коксового и природного газа около 12 млн руб./год;
- получать прибыль от производства дополнительных объемов тюбингов за счет увеличения свободных площадей для заливки форм около 6,5 млн руб./год.

Сравнение количества оборудования существующей и предлагаемой транспортно-технологической схемы, ед.

| Наименование оборудования | Количество оборудования | |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| | Существующий вариант | Предлагаемый вариант |
| Питатель ленточный | 28 | - |
| Транспортер подачи глины | 3 | - |
| Питатель песка | 1 | - |
| Цепной конвейер | 1 | - |
| Пневмотранспортер регенерата | - | 3 |
| Пневмотранспортер горячего песка | - | 3 |
| Пневмотранспортер сухого песка | - | 3 |
| Итого транспортного оборудования | 33 | 9 |
| Всего основного оборудования | 66 | 22 |

УДК 656.025.2:629.046

А.Н. Хомченко, Н.А. Осинцев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОЛОС ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА*

Рост численности парка автотранспортных средств, повышение транспортной подвижности населения и слабое развитие транспортной инфраструктуры в крупных и средних городах Российской Федерации приводит к исчерпанию резервов пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) [1]. Это ухудшает условия движения, приводит к дорожным заторам, росту количества дорожно-транспортных происшествий, снижению качества оказания транспортных услуг, ухудшению экологической обстановки, повышению ресурсоэкономичности процесса доставки пассажиров и грузов в транспортных системах городов [2].

Повышение пропускной способности УДС возможно путем реализации комплекса мероприятий, включающего технические решения (расширение проезжей части, строительство многоуровневых развязок), правовых (запреты стоянок и остановок на участках дорог с высокой интенсивностью движения транспортных средств (ТС)) и организационных (оптимизация скоростного режима, выделение отдельных полос для ГОПТ в часы пик, реверсивное движение и пр.).

* Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной Программы 2011-219-002.304, направленной на коммерциализацию наукоемких разработок в области нанотехнологий и наноматериалов, новых материалов и энергоресурсосбережения.

На примере г. Магнитогорска была рассмотрена возможность выделения отдельных полос для движения городского общественного пассажирского транспорта в часы пик. В качестве объекта исследования был выбран проспект Ленина, как самый аварийный участок УДС с самой высокой интенсивностью движения транспортного потока [1].

Обследование проводилось на регулируемых перекрестках от ул. Московская до бул. Сиреневый. В протокол замеров заносились данные о количестве транспортных средств, движущихся по перекрестку по направлениям налево, прямо и направо, а также данные о количестве транспортных средств по составу – легковые автомобили, грузовые автомобили, автобусы особо малой вместимости («маршрутные такси»), автобусы большой вместимости, а также легковые такси.

Максимальная пропускная способность проезжей части в одном направлении N_n , авт./ч, определяется по формуле [3]

$$N_n = N_n \cdot k_{пол} = 0,5 \cdot \frac{3600 \cdot V_p}{S_g} \cdot k_{пол}, \quad (1)$$

где N_n – максимальная пропускная способность одной полосы движения, авт./ч;

$k_{пол}$ – коэффициент полосности дорог; принимается при одной полосе движения равным 1,0, при двух полосах – 1,9, при трёх полосах – 2,7;

0,5 – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на скорость движения автомобилей ряда лимитирующих её факторов: погодных условий, состава движения, предписанных мер по организации движения;

V_p – расчётная скорость, м/с;

S_g – расчётное расстояние видимости поверхности дороги, м.

Интенсивность движения транспортных средств различных типов приводится к эквивалентному количеству легковых автомобилей. Расчётная часовая интенсивность движения всех транспортных средств $N_ч$, авт./ч.

$$N_ч = N_l + N_m + N_{сп} \cdot k_{пр}^{гп} + N_m \cdot k_{пр}^м + N_a \cdot k_{пр}^а, \quad (2)$$

где N_l – интенсивность движения легковых автомобилей, авт./ч; N_m – интенсивность движения такси, авт./ч; $N_{сп}$ – интенсивность движения грузовых автомобилей, авт./ч; N_m – интенсивность движения автобусов особо малой вместимости (маршрутные такси «Газель»), авт./ч; N_a – интенсивность движения автобусов большой и средней вместимости, авт./ч;

$k_{пр}^{гп}, k_{пр}^м, k_{пр}^а$ – коэффициент приведения интенсивности движения определенного типа транспортного средства к эквивалентному количеству легковых автомобилей. В расчетах принимается значение коэффициента приведения для грузовых автомобилей $k_{пр}^{гп} = 1,75$; для автобусов малой вместимости $k_{пр}^м = 1,5$; для автобусов средней и большой вместимости $k_{пр}^а = 1,75$.

Условие выделения отдельной полосы для движения городского пассажирского транспорта определяется следующей системой ограничений:

$$\begin{cases} N_n \geq N_q; \\ N_1 \geq N_m + N_a + N_m; \\ N_n - N_1 \geq N_q - (N_m + N_a + N_m), \end{cases} \quad (3)$$

где N_1 – максимальная пропускная способность полосы для движения ГОПТ, авт./ч.

Соблюдения ограничений (3) позволяет говорить о наличии резерва пропускной способности участка УДС и возможности выделения отдельной полосы для движения пассажирского транспорта. При несоблюдении неравенства для повышения пропускной способности УДС необходима реализация мероприятий по уширению проезжей части.

Результаты расчетов по выделению отдельных полос для движения городского пассажирского транспорта по пр. Ленина в г. Магнитогорске представлены в таблице.

Результаты расчетов по выделению отдельных полос для движения городского пассажирского транспорта по пр. Ленина, авт./ч

| Наименование перегона | Интенсивность движения | | | Максимальная пропускная способность | | Интенсивность движения ТС без учета маршрутных ТС | Фактический резерв пропускной способности | Рекомендации |
|-------------------------------|------------------------|---------|--------------|-------------------------------------|--------------|---|---|---------------------|
| | всех ТС | ТС ГОПТ | одной полосы | проезжей части | одной полосы | | | |
| пр. Ленина – ул.Московская | 521 | 298 | 261 | 946 | 473 | 223 | 250 | Выделение полосы |
| пр. Ленина – ул.Комсомольская | 1042 | 234 | 521 | 946 | 473 | 808 | -335 | Уширение 1 полосы |
| пр. Ленина – ул.Ленинградская | 1761 | 233 | 881 | 946 | 473 | 1528 | -1055 | Уширение 2,5 полосы |
| пр. Ленина – ул. Гагарина | 1692 | 403 | 564 | 1344 | 448 | 1289 | -393 | Уширение 1 полосы |
| пр. Ленина – ул. Грязнова | 1997 | 446 | 666 | 1344 | 448 | 1551 | -655 | Уширение 1,5 полосы |
| пр. Ленина – ул. Сов. Армии | 1319 | 222 | 660 | 946 | 473 | 1097 | -624 | Уширение 1,5 полосы |
| пр.Ленина – ул.Завенягина | 1637 | 292 | 546 | 1344 | 448 | 1345 | -449 | Уширение 1 полосы |
| пр.Ленина – ул.Б.Ручьева | 1457 | 230 | 486 | 1344 | 448 | 1227 | -331 | Уширение 1 полосы |
| пр.Ленина – бул.Сиреневый | 882 | 15 | 441 | 946 | 473 | 867 | -394 | Уширение 1 полосы |

Таким образом, использование рекомендаций позволит:

- определить участки УДС, требующие проведения реконструктивных мероприятий по уширению проезжей части в связи с выделением отдельной полосы для движения ГОПТ;
- повысить качество транспортного обслуживания населения (соблюдение графика движения, интервалов движения транспортных средств, снижение продолжительности поездки);
- повысить скорость доставки пассажиров в часы пик;
- снизить удельный расход топлива и выбросы вредных веществ при работе ГОПТ.

Список литературы

1. Методика разработки маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта (на примере г. Магнитогорска) / Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А., Цыганов А.В., Пыталева О.А. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2011. №2. С. 49-58.
2. Хомченко А.Н., Осинцев Н.А. Ресурсоэкономичность транспортных систем городов // Современные проблемы транспортного комплекса России. Вып. 2: межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012.
3. Дегтяренко В.Н. Автомобильные дороги и автомобильный транспорт промышленных предприятий: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 1981. 261 с.
4. Булавина Л.В. Расчет пропускной способности магистралей и узлов. учеб. электронное текстовое издание. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2011.
5. Пугачев И.Н. Методология развития эффективного и безопасного функционирования транспортных систем городов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 260 с.

УДК 656.07:658.286

Д.Ш. Тариков, С.Н. Корнилов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО- ГРУЗОВОГО КОМПЛЕКСА

В статье затронута тема современной работы горнодобывающих предприятий. В частности, анализируется работа ОАО «УГОК». Решается задача снижения себестоимости продукции за счет оптимизации транспортно-грузового комплекса с помощью методики, которая позволит сократить транспортно-технологические затраты.

За последние десятилетия условия на открытых горных работах усложнились. На протяжении второй половины прошлого столетия открытый способ разработки развивался быстрыми темпами. К настоящему времени глубина карьеров по добыче руд цветных металлов составляет более 300 м. Увеличение глубины ведения горных работ приводит к росту концентрации техники, грузопотока, стеснению промышленных площадок на дне карьеров, что затрудняет обработку рудных месторождений. Для сокращения производственных затрат, снижения производственных мощностей требуется решать целый ряд технологических задач, в том числе одну из основных – обеспечить согласованную работу переделов производства, что возможно осуществить посредством оптимизации элементов транспортно-грузового комплекса.

В себестоимости продукции горнодобывающего предприятия транспортные издержки достигают 30% всех непрямых затрат производства, состоящих из затрат на движеньеские операции, погрузочно-разгрузочные работы, складирование, затраты на топливо, горючесмазочные материалы и т.п. Все эти затраты необходимы для перемещения единицы продукции, а также для организации и управления процессом транспортировки грузов.

Актуальной задачей на данный момент является разработка методики, которая оптимизирует параметры элементов транспортно-грузовых комплексов. Данная методика позволит сократить транспортно-технологические затраты, что, в свою очередь, приведет к снижению себестоимости выпускаемой продукции.

В качестве объекта исследования выбрано предприятие по добыче и производству концентратов металлов меди и цинка – ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат», в котором рассматривается процесс доставки руды с Учалинского месторождения.

Учалинский горно-обогатительный комбинат – одно из крупнейших предприятий Республики Башкортостан и Российской Федерации по добыче руды и производству медного, цинкового и пиритного концентратов (концентрат FeS_2 , примесь в руде, используется для получения серы). Промышленные объекты комбината расположены на двух административных территориях: в республике Башкортостан и Челябинской области.

В результате анализа доставки руды с Учалинского месторождения составлена транспортно-технологическая схема, представленная на рис. 1. Транспортные элементы являются связующим звеном в системе производства. Доставка руды на производстве поделена на 3 этапа: А – доставка руды из проходческих и очистных забоев на дно карьера либо к рудоспуску; Б – доставка руды к усреднительному складу; В – заключительный этап – доставка сырья на обогатительную фабрику. В представленной системе присутствует элемент, являющийся согласовывающим звеном между добычей и обогащением руды, – усреднительный склад.

При анализе элементов схемы выявлено, что из-за несогласованности ритмов производства этапов А, Б и В в усреднительном складе в сред-

нем постоянно хранится более 60 тыс. т руды, данное количество руды является незаконченным производством. Одним из побочных результатов длительного хранения руды в усреднительных и промежуточных складах является ее окисление и потеря качества. Во всей цепочке производства ограничивающим элементом является обогатительная фабрика, так как мощности этого элемента ограничены, также являющаяся конечным переделом производства.

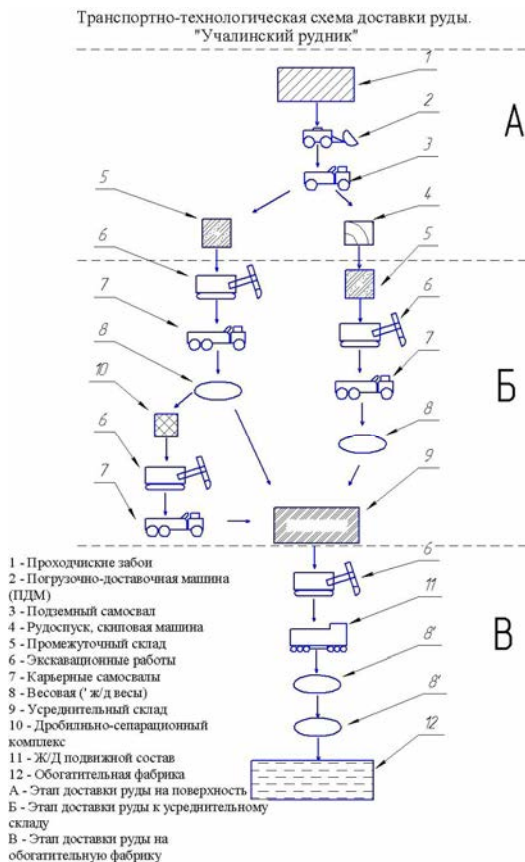


Рис. 1. Транспортно-технологическая схема доставки руды

Суть разрабатываемой методики – поиск узкого звена в системе, его оптимизация, согласование ритмов работы всех переделов производства посредством транспортно-грузовой комплекса. Оптимальный вариант работы комплекса – это осуществление добычи исходя из мощности ограничивающего элемента, когда сырье поступает напрямую на обогащение, минуя промежуточные склады, и меньшее время хранится в усреднительном складе.

В данной методике транспортно-грузовой комплекс будет представлен в виде логистической системы.

Обогатительная фабрика в системе выступает как основной потребитель сырья – материального потока. В предлагаемой методике фабрика будет являться элементом, задающим производственный ритм всем элементам системы.

Классическая логистическая система состоит из входных, накопительных, перерабатывающих, транспортных и выходных элементов. В данном объекте исследования в транспортно-грузовом комплексе входным элементом являются проходческие забои, накопительными элементами – усреднительный и промежуточные склады. К перерабатывающим элементам относятся дробильно-сепарационный комплекс, обогатительная фабрика, а также усреднительный склад. Погрузочно-доставочные машины, подземные автосамосвалы, рудоспуск, скиповая машина, карьерные автосамосвалы, железнодорожный подвижной состав являются транспортными элементами. Выходной элемент в данной системе – это обогатительная фабрика.

В рассматриваемом производстве выходной элемент имеет ограниченные мощности, в разрабатываемой методике именно этот элемент задает ритм всем элементам производства, «заказывая» производство n -го объема сырья. Далее входной элемент, выполнив заказ, подает заявку на транспортирование n -го объема сырья к накопительному элементу производства. После чего по логистической цепочке сырье проходит перерабатывающие, накопительные элементы и доставляется к выходному элементу.

Логистическая схема транспортно-технологическая системы представлена на рис. 2.

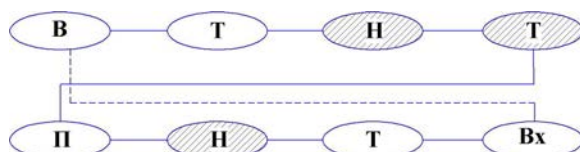


Рис. 2. Логистическая схема транспортно-технологической цепочки производства:

В – входной элемент; Т – транспортный элемент; Н – накопительный элемент;

П – перерабатывающий элемент; Вх – выходной элемент;

«---» – информационный поток-заказ; «-» – материальный поток-сырье

Методика предполагает отказ от работы «по плану», подразумевающей выполнение определенного плана по производству, заданного руководителем предприятия конкретно каждому элементу, независимо от мощности производства других элементов. При этом производство перестраивается под фактические мощности ограничивающего элемента. Данный подход позволит рационально использовать материальные и трудовые ресурсы, снизить себестоимость выпускаемой продукции и повысить конкурентоспособность предприятия.

В.Н. Калмыков, А.А. Зубков, А.А. Гоготин
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СГУЩЁННЫХ ОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПЕРЕДЕЛА ДЛЯ ЗАКЛАДКИ УЧАЛИНСКОГО КАРЬЕРА

Исчерпание емкости существующего хвостохранилища Учалинского ГОКа обусловило необходимость изыскания новых мест складирования отходов обогащения. Окончание горных работ в 2015 году в карьере Учалинский приведет к образованию значительного объема выработанного пространства, требующего рекультивации. Вместе с тем, образовавшуюся чашу карьера возможно рассматривать в качестве емкости для складирования отходов обогащения, что одновременно позволит решить вопросы размещения хвостов обогащения и рекультивации карьера. Объем Учалинского карьера составляет 150 млн/м³, это позволит складировать отвальные хвосты в течение 40 лет.

Оценка горнотехнической ситуации показала невозможность складирования хвостов обогащения в выработанном пространстве карьера без предварительного сгущения, ввиду наличия гидравлических связей их карьера с подземным рудником, где ведутся подземные горные работы. Многолетние наблюдения показывают, что ливневые паводковые воды, попадающие в выработанное пространство карьера, полностью дренируются в выработки подземного рудника и с помощью шахтного водоотлива откачиваются на станцию нейтрализации.

Отсутствие опыта формирования искусственных массивов на основе сгущенных хвостов в карьерном пространстве предопределило необходимость проведения исследований сгущаемости отвальных хвостов Учалинской обогатительной фабрики. Целью данных исследований является минимизация воды, поступающей в карьер совместно с хвостами. В 2011 году на пульпонасосной станции Учалинской обогатительной фабрики были проведены опытно-промышленные испытания сгущаемости отвальных хвостов обогащения. Проведенные исследования позволили сделать вывод о возможности сгущения отвальных хвостов до 70% по твердому. Данная плотность сгущения позволяет получить сгущенный продукт с минимальным содержанием воды и возможностью транспортирования смеси с помощью центробежных насосов.

Годовая производительность Учалинского ГОКа по отходам обогащения составляет 6 млн т/год, средняя часовая производительность обогатительной фабрики по хвостам равна 685 т/ч. Для данной производительности обогатительной фабрики были рассчитаны параметры сгустительного комплекса, состоящего из радиального сгустителя диаметром

50 м или двух по 25 м, станции приготовления флокулянта, емкости осветленной воды и насосной станции оборотного водоснабжения.

Гидравлическая связь Учалинского карьера с подземным рудником обеспечивается многочисленными выработками и зонами обрушения, через которые в настоящее время весь объем поступающей в карьер воды дренируется в подземный рудник. После замыва части каналов гущёнными хвостами обогащения возможно образование временного прудка из вод, образующегося в результате отдачи их закладочным массивом и атмосферных вод. Наличие гидравлической связи карьера с подземным рудником обуславливает высокую степень риска развития техногенной аварии за счет залпового прорыва воды или пульпы в подземный рудник через невыявленные и (или) неперекрытый водопроводящие каналы. Для предотвращения залпового прорыва пульпы в подземный рудник необходимо минимизировать статические запасы воды в карьере. Для этого в выработках, имеющих гидравлическую связь с чашей карьера, предусматривается сооружение фильтрующих перемычек (рис. 1).

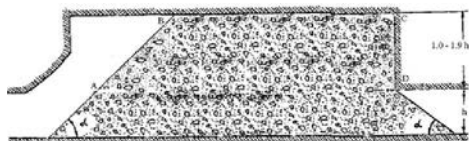


Рис. 1. Конструкция фильтрующей перемычки

При создании фильтрующей перемычки должна использоваться несортированная скальная наброска из пород вулканогенного комплекса Учалинского месторождения.

Для предотвращения образования прудка в карьере за счет поверхностных осадков, поступающих со всей водосборной площади карьера, и воды, поступающей от укладываемых в карьер хвостов, необходимо предусмотреть систему водоперепускных скважин и выработок для перепуска в шахтный водосборник. При этом намыв закладочного массива в Учалинском карьере необходимо производить таким образом, чтобы образующийся прудок вод располагался в определенном участке карьера, подготовленном под перепуск воды в водоотводные выработки подземного рудника (рис. 2).

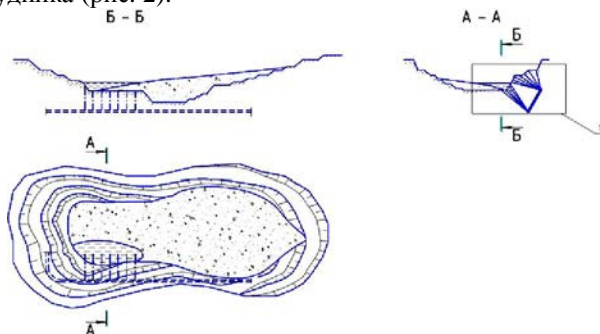


Рис. 2. Схема намыва закладочного массива в выработанном пространстве карьера

Скважины, предназначенные для перепуска шахтных вод из карьера, бурятся по локальному проекту из подземных выработок (рис. 3). За водоперепускными скважинами устраивается фильтрующая перемычка. Для обеспечения повышенного коэффициента фильтрующей массы может производиться взрывание перемычек. Для управления перетоками воды между горизонтами также целесообразно сооружение перепускных скважин (рис. 4).

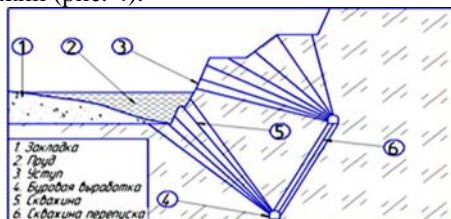


Рис. 3. Схема перепуска вод прудка в водосборную выработку подземного рудника

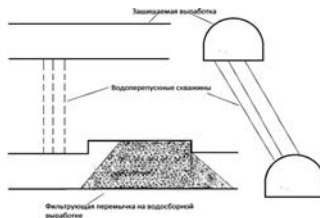


Рис. 4. Схема перепуска вод между горизонтами в водосборную выработку подземного рудника

Вся отфильтрованная вода поступает в насосную станцию шахтного водоотлива и затем транспортируется по трубопроводам на станцию нейтрализации шахтных вод.

Заполнение Учалинского карьера сгущенными хвостами обогащения позволяет производить полноценную его рекультивацию, размещать отходы обогатительного производства, уйти от необходимости строительства нового хвостохранилища. Одновременно решается ряд экологических проблем Учалинского ГОКа и Республики Башкортостан.

Согласно законодательству Российской Федерации отходы обогатительного производства, используемые для нужд предприятия, не облагаются экологическими налогами за размещение отходов. Произведенные расчеты показали экономическую эффективность рекультивации выработанного пространства Учалинского карьера отходами обогащения, в виде так называемой гидрозакладки. Учитывая приоритетные направления развития России на ближайшую перспективу в части повышения экологической безопасности и связанного с этим ужесточением экологических требований в виде увеличения платы за размещение отходов, эффективность использования карьерного пространства в качестве хранилища отходов обогащения будет увеличена, как минимум, в 6,5 раз. Вместе с тем, строительство нового хвостохранилища приведет к ежегодному росту затрат на его содержание, что будет способствовать снижению эффективности горного производства в целом и потребует через 20 лет изыскания новых площадей для размещения отходов.

УДК 666.974.2

А.А. Ряплова, А.Г. Валуев, Н.А. Босякова,

Э.В. Степанова, С.А. Поморцев

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

ООО «Огнеупор»

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бетонные смеси представляют собой многокомпонентные системы, состоящие преимущественно из двух частей: крупнозернистой части – огнеупорного заполнителя и тонкомолотой части – матрицы, которая имеет сложный и разнородный состав*.

Основным сырьём при производстве огнеупорных бетонных изделий в ООО «Огнеупор» до недавнего времени являлись привозные смеси высокоглинозёмистого состава марок СВБМ и СВН-80, а также бетон собственного производства с использованием традиционного вяжущего – высокоглинозёмистого цемента ВГКЦ-75 и регулятора реологических свойств бетонной массы – триполифосфата натрия.

Опыт использования привозных бетонных смесей показал, что они имеют нестабильные качественные показатели даже в пределах одной партии, что затрудняет процесс изготовления изделий. В отдельных случаях, из-за преждевременного схватывания массы, изготовление изделий было невозможно. При использовании бетонной смеси собственного производства наблюдалась повышенная водопотребность массы более 10%.

С целью стабилизации технологического процесса, а также для снижения затрат при производстве и удовлетворения повышенных требований металлургов были проведены исследования по разработке оптимальных составов бетонных смесей собственного производства.

На первом этапе исследований занимались подбором заполнителя и отработкой зернового состава. В качестве огнеупорного заполнителя были рассмотрены шлаки алюмотермического производства и лом муллитокорундовых изделий.

Следующим этапом была разработка матричных систем собственного производства с использованием, взамен высокоглинозёмистого цемента, связующей системы, которая характеризуется пониженным содержанием гидравлического вяжущего (4–8%) и наличием тонкодисперсных специ-

* Химическая технология огнеупоров / И. Д. Кашеев, К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин. М.: Интермет Инжиниринг, 2007. 752 с.

фических добавок, что дает возможность получить изделия более высокого класса.

Тонкодисперсные порошки, обладающие вследствие большой удельной поверхности высокой реакционной способностью, являются своеобразным компонентом вяжущего и заменяют значительную долю цемента. Твердение таких бетонов происходит по смешанному механизму и сопровождается образованием ряда гидроалюминатов кальция, а также упрочнением структуры материала даже при относительно низких температурах. Кроме того, применение тонкодисперсных порошков позволяет получить тиксотропные свойства бетона.

Для улучшения реологических свойств бетонных масс при формировании изделий и повышения эксплуатационных характеристик готовых бетонов использовали модифицирующие добавки – диспергирующие глинозёмы и дефлокулянты.

Диспергирующие глинозёмы – это химически модифицированные реактивные глинозёмы, которые выполняют две основные функции: диспергирование частиц в неформованных смесях и регулирование срока начала и конца твердения. Количество диспергирующего глинозема, вводимого в неформованные смеси, составляет примерно 1%.

При смешении сверхтонких порошков с водой происходит их коагуляция из-за возникающего на поверхности частиц электрического потенциала. Для исключения коагуляции вводят специальные вещества, изменяющие заряды сверхтонких частиц – дефлокулянты, количество которых составляет десятые-сотые доли процента. Эти добавки позволяют снизить количество воды и цемента в бетоне путём более равномерного распределения сверхтонких частиц в промежутках между частицами цемента и заполнителя. Были опробованы различные дефлокулянты как по отдельности, так и совместно. В результате пришли к выводу, что применение композиционных дефлокулянтов позволяет расширить возможность регулирования гидратации и структуры материала, продлить время схватывания бетона, тем самым улучшает физико-механические и другие свойства бетона. В итоге была разработана матричная система собственного производства двух марок БМ-1 и БМ-2. Матрица БМ-1 с использованием компонентов импортного производства, а БМ-2 – на основе материалов российских производителей.

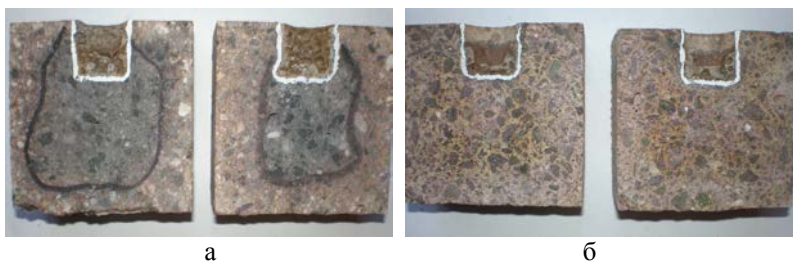
Составы бетонных смесей и качественные показатели лабораторных бетонных образцов приведены в таблице. Контрольный состав в таблице – качественные показатели бетона марки СВН-80.

Анализ таблицы показывает, что опытные бетонные смеси собственного производства по технологическим свойствам и физико-механическим показателям превышают требования к бетонной смеси марки СВН-80.

Для оценки эксплуатационных характеристик определяли шлакоустойчивость образцов тигельным методом в высокотемпературной печи. Внешний вид лабораторных образцов представлен на рисунке.

Результаты лабораторных испытаний бетонных смесей

| Наименование показателя | СВН-80, контр. | Состав № 1 | Состав № 2 | Состав № 3 | Состав № 4 |
|---|----------------|--------------|------------|-------------|------------|
| Щебень шлака металлического хрома | - | - | 70 | 52,5 | - |
| Лом муллитокорундовых изделий | - | 70 | - | 17,5 | 70 |
| Матричный продукт БМ-1 | - | 30 | 30 | 30 | - |
| Матричный продукт БМ-2 | - | - | - | - | 30 |
| Результаты испытаний | | | | | |
| Водопотребность, % | 6,3 | 6,7 | 5,5 | 5,5 | 7,0 |
| Изменение подвижности бетонной массы, % | -9,6 | +2,0 | -6,0 | +4,0 | -14,3 |
| Предел прочности бетона при сжатии, Н/мм ² : | | | | | |
| - после пропаривания | 25,0 | 41,6 | 61,5 | 45,2 | 33,7 |
| - после сушки при 110 ⁰ С | 85,4 | 84,3-95,4 | > 116-132 | 97,6-100,1 | 59,9-63,6 |
| - после термообработки при 350 ⁰ С | 70,0 | >122,0-126,0 | > 146-150 | 110,1-112,1 | 73,9-75,4 |
| - после термообработки при 800 ⁰ С | - | > 105,0 | >104,0 | 82,1 | 68,6 |
| Кажущаяся плотность бетона после термообработки при 350 ⁰ С, г/см ³ | 2,95 | 2,78 | 2,97 | 2,92 | 2,75 |
| Пористость открытая, % | 15,4 | 14,3 | 13,2 | 10,9 | 21,9 |
| Огнеупорность, С | >1770 | >1770 | >1770 | >1770 | >1750 |
| Шлакоустойчивость, мм ² : | | | | | |
| - площадь шлакопропитки | 388,8 | 2113,2 | - | - | 2649,0 |
| - площадь шлакоразъедания | 73,4 | 51,8 | 51,5 | 40,80 | 62,0 |



Внешний вид лабораторных образцов после определения шлакоустойчивости:
 а – на основе заполнителя из лома муллитокорундовых изделий;
 б – на основе заполнителя из щебня шлака металлического хрома

Составы, изготовленные на основе заполнителя из лома муллитокорундовых изделий, отличаются от составов на основе заполнителя из щебня шлака металлического хрома повышенной шлакопропиткой. Однако по площади шлакоразъедания они находятся на одном уровне, поэтому для изготовления бетонных изделий были рекомендованы оба вида заполнителя.

Применение бетонов нового поколения для высококачественных изделий требует современного технологического оборудования. С этой целью для получения фракционированного заполнителя в ООО «Огнеупор» был организован сортировочный комплекс, где осуществляется дробление, помол и фракционирование заполнителя. Для получения однородной смеси и более равномерного распределения малого количества модифицирующих добавок установлен новый смеситель планетарного типа СМ-1500.

В результате проделанной работы в ООО «Огнеупор» были разработаны бетонные смеси собственного производства с применением заполнителя муллитокорундового и матричных систем БМ-1, БМ-2. Это позволило отказаться от привозных смесей, что позволяет отследить качество каждого компонента по отдельности и смеси в целом. Разработанные бетонные смеси относятся к бетонам нового класса за счет пониженного содержания гидравлического вяжущего, что дает возможность широкого применения на всех переделах металлургического производства.

УДК 666.762.3

**А.А. Батурина, Ю.А. Борисова,
Э.А. Корчагина, С.А. Поморцев**

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»
ООО «Огнеупор»

ПРОИЗВОДСТВО ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВКОЙ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ СТАЛРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ ЭСПЦ

Технология производства стали требует использования огнеупоров, способных выдерживать агрессивность шлака и металла, длительное пребывание металла в сталеразливочном (с/р) ковше.

Износ огнеупоров происходит вследствие пропитки их металлом и шлаком, химического взаимодействия, механического износа и термических ударов. В комбинированных футеровках в зависимости от зоны применения используют огнеупоры с заранее заданными качественными характеристиками.

Для каждой из зон с/р ковша можно выделить основной вид и режим разрушающего воздействия. Так, футеровка зоны «стен» находится в жестких условиях, т.к. подвергается механическим, термическим и химическим воздействиям. Кроме того, нижние ряды кладки испытывают статистическую нагрузку, оказываемую верхними рядами, что может привести к механическому разрушению изделий.

Углеродсодержащие огнеупорные материалы являются наиболее устойчивыми в условиях металлургического производства.

Периклазоуглеродистые (ПУ) изделия, производимые в цехе магnezально-доломитовых огнеупоров (ЦМДО), на сегодняшний день являются основными изделиями, применяемыми для рабочей футеровки с/р ковшей, при производстве стали в ОАО «ММК». Такие изделия имеют повышенную термостойкость, коррозионноустойчивы (благодаря добавкам антиоксиданта) и имеют высокую механическую прочность.

ПУ-изделия представляют собой безобжиговые изделия, сформованные под высоким давлением с применением углеродистой связки и массы, содержащей периклазовый порошок и природный графит в различных соотношениях.

Углерод, находящийся в огнеупоре, препятствует проникновению металла и шлака в изделие, что связано с его низкой смачиваемостью и способностью восстанавливать оксиды железа в шлаке, повышая при этом вязкость и температуру плавления шлака ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{C} = 2\text{Fe} + \text{CO} + \text{CO}_2$).

На поверхности огнеупора формируется вязкое шлаковое покрытие, тем самым защищается горячая поверхность огнеупора от преждевременного разрушения. А газообразные продукты окисления углерода (CO и CO_2) заполняют поры и создают противодавление, препятствуя проникновению металла и шлака в тело огнеупора.

Преимущество введения углерода в огнеупорные изделия противостоит его низкой устойчивости к окислению. Для защиты углерода от окисления в состав огнеупора вводят антиоксиданты в виде дисперсного порошка в определенном количестве. В качестве антиоксидантов используют металлы, карбиды, бориды, силициды и др.

Антиоксиданты окисляются быстрее, чем углеродистая связка и графит. Так, металлический алюминий в процессе службы не только окисляется, но и взаимодействует с углеродом с образованием карбида алюминия Al_4C_3 , который распределяется по границам чешуек графита в виде кольцеобразных частиц, усиливая связь между огнеупорными зёрнами и повышая прочность огнеупоров.

Кроме Al_2O_3 и Al_4C_3 , образуется алюмомагнезиевая шпинель $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$. Металлический порошкообразный Al, вводимый в шихту, полностью не окисляется и остается не прореагировавшим вплоть до 800–1000°C внутри изделий, являясь источником образования шпинели. Механизм данной реакции подробно описан в работе Кашеева И.Д., Серовой А.В. (Взаимодействие алюминия с компонентами периклазоуглеродистых изделий // Новые огнеупоры. 2006. №4. С 118-120).

Сложность данной работы заключалась в подборе определённого количества антиоксиданта, так как реакция образования шпинели идет с увеличением объема, что может привести к разрушению изделий. В лабораторных условиях были протестированы образцы 15 составов с добавкой алюминия металлического в диапазоне от 1 до 12%.

В результате наибольший интерес представил состав № 5, в котором оптимальное количество антиоксиданта обеспечивает наилучшее сочетание качественных показателей – пористости, плотности, прочности и служебных характеристик.

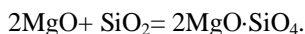
Отмечено, что в образцах данного состава в структуре материала возрастает доля пор меньшего радиуса (0,005 до 0,3 мкм) и снижается доля пор радиусом 1,0–31,0 мкм. Также установлено, что у опытных образцов показатель открытой пористости снизился на 20%, а механическая прочность увеличилась на 30%. Окисляемость снизилась в 2 раза, а доля обезуглероженного слоя на 20%.

Петрографическим исследованием (см. таблицу) подтверждено, что в порах ПУ-изделий образуются соединения карбида алюминия и алюмомагниевого шпинели, что приводит к увеличению прочности огнеупора. Снижение окисляемости повышает стойкость к шлакометаллической пропитке и, как следствие, предотвращается преждевременное разрушение.

Фазовый состав изделий с Al после службы в с/р ковше ЭСПЦ

| Зона ПУ-изделия | Наличие соединений выявленных после службы | | | | |
|-----------------|--|--|---|--------------|--------------------------------|
| | MgO | MgOAl ₂ O ₃ (шпинель) | Mg ₂ SiO ₄ (форстерит) | C-графит | Al ₄ C ₃ |
| Малоизмененная | + | + (мало) | + (мало) | + (много) | - |
| Переходная | + | + (мало) | + (мало) | + (мало) | - |
| Рабочая | + | + (много) | + | + (мало) | + (мало) |

Форстерит (ортосиликат магния) образуется, в данном случае, в результате взаимодействия оксида магния и оксида кремния, находящегося в шлаке:



Образование форстерита начинается при $T = 650^\circ\text{C}$ и в основном заканчивается при $T = 1450^\circ\text{C}$ ($T_{\text{пл}} = 1890^\circ\text{C}$, т.е. повышаются огнеупорные свойства ПУ-изделий).

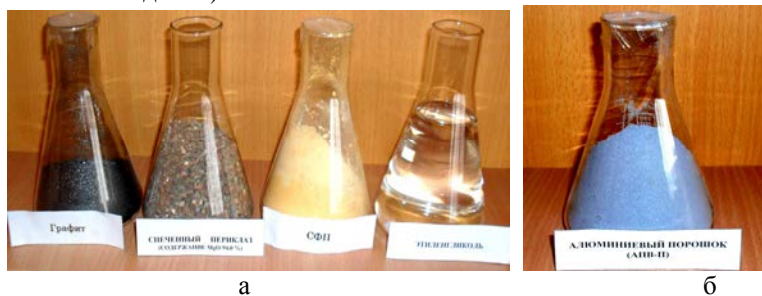


Рис. 1. Сырьевые материалы для производства ПУ-изделий:
а – традиционные сырьевые материалы; б – модифицирующий компонент

Таким образом, существующая технологическая схема производства ПУ-изделий, для футеровки с/р ковшей ЭСПЦ, была улучшена введением одного единственного компонента (рис. 1).

Для объективной оценки данных, полученных в результате лабораторных исследований, выпущена опытная партия изделий с добавкой модификатора. Испытания опытных ПУ-изделий проводились в электросталеплавильном цехе ОАО «ММК». Условия эксплуатации опытного с/р ковша не отличались от эксплуатации серийных ковшей.

На рис. 2 видно, что футеровка из экспериментальных изделий после службы ровная, монолитная, без трещин и разгаров. В результате образования Al_4C_3 и $MgOAl_2O_3$ структура огнеупора становится более прочной, мелкопористой, что уменьшает напряжение в огнеупоре и предотвращает проникновение шлакометаллического расплава в ПУ-изделия и, как следствие, разведение огнеупора. Поэтому износ изделий с добавкой Al более ровный, чем у серийных изделий.



Рис. 2. Вид футеровки с/р ковша после службы в электросталеплавильном цехе: а – экспериментальные изделия; б – серийные изделия

Кроме того, футеровка приобретает монолитоподобную структуру, в которой происходит спекание изделий между собой. Для оценки состояния опытной футеровки были выполнены замеры остаточных толщин в процессе ломки с/р ковша (рис. 3).

В результате установили, что скорость износа снизилась на 20%. Можно предположить, что ожидаемая стойкость увеличится на 20% и составит 60 плавков. Таким образом, введение Al-металлического улучшит служебные характеристики ПУ-изделий, а повышение стойкости опытных изделий, несмотря на увеличение их себестоимости относительно серийных изделий примерно на 3,5 тыс.руб, даёт *годовой экономический эффект более 15 млн руб.* (т.к. снижаются затраты на 1 тстали).



Рис. 3. Замер остаточных толщин

По результатам промышленных испытаний рекомендовано полностью перевести парк с/р ковшей ЭСПЦ на футеровки экспериментальными ПУ-изделиями.

М.В. Пузик, М.С. Ленкина, А.Н. Шаповалов
 ФГАОУ ВПО Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА В УСЛОВИЯХ ОАО «Уральская Сталь»

Известно, что на эффективность доменной плавки определяющее влияние имеет качество шихтовых материалов и шлаковый режим плавки. На металлургические свойства агломерата и процесс шлакообразования в доменной печи можно воздействовать введением специальных флюсующих материалов, например магнийсодержащих материалов.

Так, в ОАО «Уральская Сталь» (ОХМК) в качестве магниезиальных добавок при производстве агломерата в различные периоды применяли сидериты Бакальского рудоуправления (БРУ) и сырой доломит. Вместе с тем, вблизи ОХМК имеется Халиловское месторождение серпентинитомагнезитов с содержанием до 40% MgO.

Для оценки возможности применения серпентинитомагнезитов Халиловского месторождения при производстве агломерата были проведены опытные спекания в лабораторной аглочапе диаметром 105 мм.

В работе проведены три группы экспериментов с использованием в качестве магниезиальных добавок доломита, сидерита БРУ и серпентинитомагнезита. При проведении опытов воспроизводили шихтовые условия аглофабрики ОХМК.

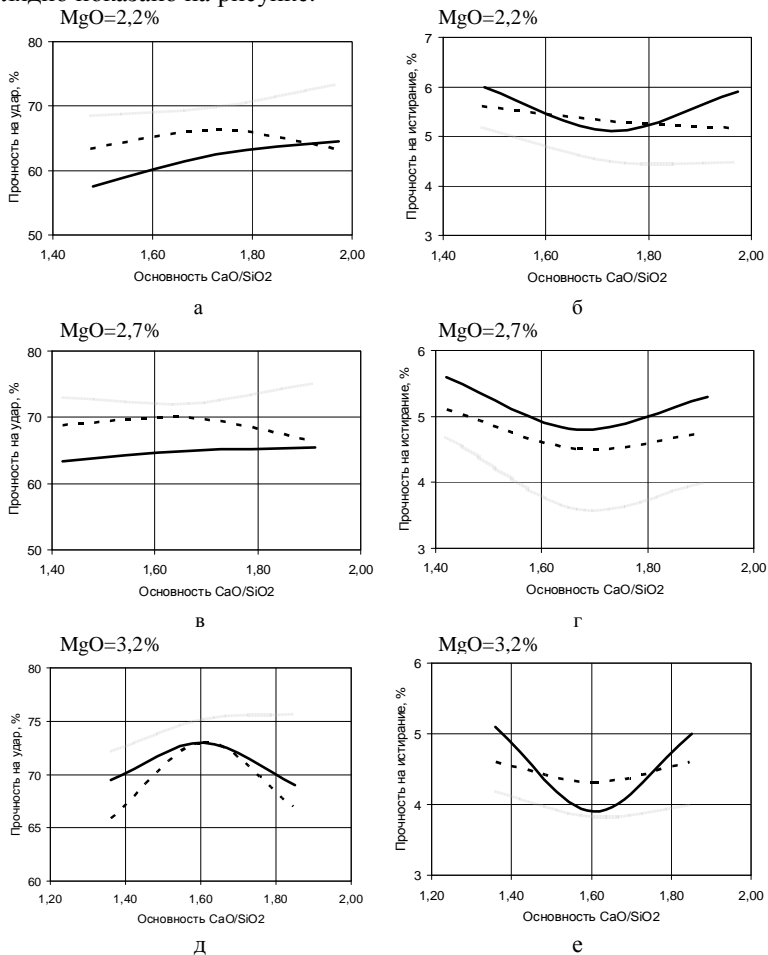
Усредненные показатели аглопроцесса и качества агломерата при применении различных магниезиальных добавок представлены в таблице.

Усредненные результаты опытных спеканий

| Показатель | Магниезиальный флюс | | | |
|--|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------|
| | Доломит | Сидерит БРУ | Серпентинито-магнезит | |
| Уд. произв. годн.агл., т/м ² ·час | 1,014 | 1,043 | 1,098 | |
| Углерода в шихте, % | 7,00 | 7,0 | 6,50 | |
| Выход аглоспека из шихты, % | 84,5 | 83,8 | 86,52 | |
| Скорость спекания, мм/мин | 23,9 | 21,0 | 23,50 | |
| Выход годного агломерата γ_a , % | 69,4 | 72,7 | 75,59 | |
| Прочность на истирание, % | 5,2 | 4,9 | 4,28 | |
| Прочность на удар, % | 65,5 | 67,1 | 72,83 | |
| Состав агломерата, %: | Fe | 52,99 | 52,47 | 51,74 |
| | FeO | 12,86 | 12,27 | 12,64 |
| | SiO ₂ | 8,09 | 8,29 | 9,20 |
| | CaO | 13,80 | 13,84 | 15,35 |
| | Al ₂ O ₃ | 1,15 | 1,17 | 0,90 |
| | MgO | 2,70 | 2,71 | 2,70 |
| | S | 0,048 | 0,031 | 0,046 |
| | P ₂ O ₅ | 0,045 | 0,047 | 0,047 |
| | CaO/SiO ₂ | 1,71 | 1,67 | 1,67 |
| | Суммарная основность | 2,04 | 2,00 | 1,97 |

В результате опытов установлено, что при постоянстве состава железорудной смеси и условий спекания применение в качестве магниальной добавки серпентинитомгнезита, по сравнению с доломитом и сидеритом, обеспечивает более высокие показатели прочности и выхода годного агломерата, а также увеличение производительности по годовому агломерату (см. таблицу).

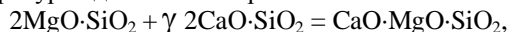
Наиболее важным результатом применения серпентинитомгнезита является устойчивое повышение прочностных показателей агломерата во всем исследуемом диапазоне основностей и содержании магнезии, что наглядно показано на рисунке.



— доломит - - - серпентинит ··· сидерит БРУ

Влияние вида магниальной добавки и основности на прочность агломерата при содержании MgO = 2,2% (а, б), 2,7% (в, г) и 3,2% (д, е)

Причем твердофазовые реакции силикатов магнезия, являющихся основным минералом серпентинитомагнезита, с силикатами кальция проходят при температурах до 800°C с образованием монтichelлита



а при более высоких температурах – с образованием мервинита



При использовании в качестве магнезиальной добавки доломита и сидерита БРУ образование монтichelлита и мервинита может происходить только после усвоения магнезии первичной шлаковой связкой. При использовании сидерита БРУ и доломита процесс минералообразования сдерживается пониженной активностью свободного MgO, образующегося при разложении карбоната магнезия. Усвоение магнезии сидерита БРУ ограничивается также его более крупным фракционным составом. Поэтому использование доломита и сидерита БРУ в аглошихте оказывает менее положительное влияние на прочность агломерата.

Выход годного агломерата при использовании серпентинитомагнезита существенно возрастает благодаря более раннему началу твердофазных реакций, а также более полному их протеканию. Это позволяет существенно повысить удельную производительность по годному агломерату. Отрицательным эффектом от применения серпентинитомагнезита является понижение содержания Fe в агломерате. Негативное влияние этого фактора на металлургическую ценность серпентинитомагнезита можно компенсировать одновременным снижением основности агломерата и доменного шлака.

Для оценки целесообразности использования серпентинитомагнезитов в агло-доменном производстве были проведены расчёты показателей доменной плавки на опытном агломерате с содержанием MgO = 2,5 %. В качестве сравнительного периода для расчётов был выбран период работы ДП №3 ОАО «Уральская Сталь» за июль - декабрь 2011 г., в течение которого печь работала на агломерате основностью 1,79 при среднем содержании MgO = 2 %.

Для расчета прогнозных показателей доменной плавки на магнезиальном агломерате применялась методика профессора НИТУ «МИСиС» И.Ф. Курунова, которая предварительно была адаптирована к условиям работы доменной печи №3 ОАО «Уральская Сталь» в сравнительном периоде. Результаты расчета показали, что применение более прочного магнезиального агломерата (MgO = 2,5%) обеспечивает образование устойчивых доменных шлаков с содержанием магнезии на уровне 7%, что благоприятно отражается на результатах работы доменной печи:

- производительность увеличивается на 2–4,5%;
- расход кокса снижается на 1,5–2,5%;

Кроме того, несмотря на уменьшение абсолютных значений основности шлака в расчетном варианте, качество чугуна по содержанию серы остается неизменным за счет образования более активного магнезиального шлака.

Расчёты калькуляции себестоимости чугуна показывают, что при работе на опытном агломерате издержки на производство чугуна снижаются в среднем на 33 руб./т, что в годовом выражении позволяет экономить более 80 млн руб./год.

Кроме того, за счет увеличения производительности доменного цеха по передельному чугуну годовой объем выручки от реализации продукции вырастет более чем на 1 млрд руб.

УДК 628.16

А.В. Нефедов, Е.В. Нефедова

ФГАОУ ВПО Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ОАО «Уральская сталь»

Проблема дефицита пресной воды обрела глобальный масштаб. Оренбургская область не является исключением. Запасы поверхностных и подземных вод имеют тенденцию к истощению. Ухудшается и качество природной воды. Поэтому актуальной становится проблема экологизации систем водопользования на предприятиях области.

Оренбургская область расположена в бассейнах двух крупных рек: Урала – 78,2 тыс. км² (63%) и Волги – 38,2 тыс. км² (31%). На бассейн Оби – р. Тобол приходится 2,2 тыс. км² (2%) территории и бессточной зоны – 4,9 тыс. км² (4%). Общий сток рек области за год составляет 13,7 км³. По состоянию на 01.01.2009 г. в области насчитывалось 1692 пруда и водохранилища с общим запасом пресной воды 4 км³.

Оценка динамики изменения среднегодовых уровней подземных вод в Оренбургской области в 2009 году показывает, что они повсеместно имели тенденцию понижения с 81,147 до 79,576 км³. Эта величина является самой минимальной за весь период наблюдений.

Основными загрязняющими веществами, характерными для водоемов Оренбургской области, являются соединения тяжелых металлов, азот аммонийный и нитритный, сульфаты, нефтепродукты, легкоокисляемые органические вещества по БПК (биохимическому потреблению кислорода) и органические вещества по ХПК (химическому потреблению кислорода), хлорорганические пестициды. Примером загрязнения служит река Урал в районе г.Новотроицка, где качество воды соответствует 3 «а» классу качества и характеризуется как «загрязненная».

Современное металлургическое производство невозможно представить без применения воды. Вода используется для охлаждения оборудования и готовой продукции, тушения кокса, грануляции шлака, для мокрой очистки дымовых газов, на бытовые нужды.

Проект водопользования ОАО «Уральская Сталь» является максимально экологичным на данном уровне развития производства. Вода используется в замкнутых циклах. В единовременном циклическом использовании на комбинате находится порядка 1 млрд м³ воды. Сбор и очистка производственных и ливневых сточных вод осуществляется в гидротехнических сооружениях (ГТС). Основная задача ГТС – задержать воду, использованную в производстве и предотвратить ее сброс в поверхностные водоемы. Несмотря на это, за счет испарения в производственном цикле происходит постоянная потеря воды. Эта потеря безвозвратно восполняется из реки Урал. Ежедневный водозабор составляет порядка 60 тыс. м³.

Так называемая ливневая канализация была введена в эксплуатацию в 1986 году, что позволило свести на нет сток загрязненных вод с территории комбината в реку Урал. ГТС №1 предназначено для сбора дождевых и талых вод. Здесь вода очищается от взвешенных частиц и направляется в оборотную систему предприятия.

На комбинате имеются объекты, в которых сосредоточены отходы производства. В частности, на ТЭЦ есть накопитель – золоотвал, куда вода вместе с золой направляется на очистку. До 1986 года дренажная вода по оврагу Максай поступала в Урал. Сейчас построена плотина по перехвату дренажных вод. Эти воды собираются в ГТС №2 и направляются в производственные циклы.

Сбросы загрязненной технической воды используются в производстве, поэтому отсутствуют практически круглый год. Вместе с этим, на период паводка, в половодье, предприятие имеет лицензию на сброс сточных вод в поверхностные водоемы в течение 60 дней. Из-за засушливой погоды в последние годы эта лицензия реализуется далеко не всегда. Максимально сброс сточных вод в Урал осуществляется 15 дней весной, в период обильного таяния снегов.

Водооборотные системы комбината условно можно подразделить на 3 группы:

1. Открытые оборотные системы – включают вентиляторные и башенные градирни, предназначенные для охлаждения воды, и гидроциклоны, предназначенные для осветления воды. После прохождения через эти объекты вода возвращается в водооборот.
2. Закрытые оборотные системы – предназначены для ионизации воды, дополнительной обработки, снижающей жесткость. После этого вода используется повторно, не выходя за пределы оборотной системы.
3. Условно чистые оборотные системы – предназначены для теплоотвода (например, в теплообменниках доменных и мартеновских печей, в доменном цехе находятся 2 теплообменника, в мартеновском – 32).

На каждом этапе водопользования вода подвергается жесткому экологическому контролю. Контроль проводится Лабораторией мониторинга окружающей среды (ЛМООС) Управления охраны окружающей среды

ОАО «Уральская Сталь», которая аттестована по международному стандарту ГОСТ Р ИСО 14000, имеет аккредитацию до 2015 года.

Для анализа воды используются химические и физико-химические методы исследования: кондуктометрия, ионометрия, фотометрия, атомно-абсорбционный анализ, титриметрические и гравиметрические методы. Лаборатория постоянно расширяет область аккредитации. Постепенно обновляется приборный парк лаборатории, что повышает точность измерений.

Отдельно следует рассматривать систему водопользования в коксохимическом цехе. Коксохимическое производство (КХП) – неотъемлемая часть металлургического производства. КХП выполняет важную задачу – переработку угля в кокс, необходимый для металлургических процессов. Вместе с этим, процесс коксования углей сопровождается выделением в окружающую среду большого количества загрязняющих веществ. Все сточные воды коксохимического производства отличаются высоким содержанием токсичных веществ и нуждаются в очистке.

Важным делом коксохимического предприятия является отделение очистки и утилизации сточных вод. На биохимическую установку поступают стоки фенольной и ливневой канализации. Вместе с этим, в системе оборотного водоснабжения циркулирует 27–37м³ условно чистой воды в расчете на одну тонну кокса.

Наиболее эффективной в настоящее время считается очистка сточных вод биологическим методом. Сущность одноиловой очистки сточных вод заключается в совмещении процессов очистки частично обесфеноленной сточной воды от фенолов, роданидов и аммонийного азота в одной ступени.

Совокупность различных бактерий, участвующих в биохимическом окислении загрязнений сточной воды, представляет собой активный ил. Смешанный ил, функционирующий в системе одноиловой очистки, представлен фенолразрушающими и роданразрушающими (ФРБ и РРБ) бактериями, бактериями – нитрификаторами, окисляющими аммонийные соединения до нитритов и нитратов, и бактериями – денитрификаторами, восстанавливающими образующиеся нитриты и нитраты до газообразного азота.

Конечным продуктом биохимического окисления фенолов являются углекислый газ и вода; роданидов – аммонийный азот и сульфаты; аммонийных соединений – элементарный азот и вода.

Содержание загрязняющих веществ в водах КХП до и после очистки, мг/дм³

| Вещества | До очистки | После очистки | ПДК для водоемов |
|----------------|------------|---------------|------------------|
| Фенолы | 400 | 5 | 0,01 |
| Роданиды | 300 | 20 | 0,01 |
| Аммиак летучий | 250 | 5 | 0,1 |
| Аммиак общий | 450 | 10-50 | 0,1 |
| Цианиды | 50 | 5 | 0,2 |
| Сероводород | 100 | 1 | 1 |
| Смолы и масла | 50-70 | 10 | 0 |

Данные таблицы показывают, что содержание вредных веществ в сточных водах КХП, даже после очистки, остается выше предельно допустимых концентраций. Поэтому сточные воды циркулируют в системе КХП, не попадая в открытые водоемы и на ландшафт местности. Контроль качества воды осуществляется специализированной лабораторией КХП, которая является, по сути, структурным подразделением ЛМООС.

Организация мониторинга состояния воды и экологического контроля производственной деятельности ОАО «Уральская Сталь» осуществляется на основании приказа главного инженера комбината. В приказе строго регламентированы объекты аналитического контроля, частота забора проб, применяемые методики, определяемые компоненты. На основании данных ЛМООС составляются отчеты «2-ТП водхоз» и рассчитываются экологические платежи.

Таким образом:

- в ОАО «Уральская Сталь» системы водопользования циклические, что позволяет избежать сброса сточных вод предприятия в природные водоемы;
- на предприятии силами аккредитованной лаборатории ведется мониторинг качества воды, циркулирующей в технологических циклах, а также воды в реке Урал в зоне водозабора;
- деятельность предприятия регламентирована законами РФ; предприятие регулярно осуществляет платежи за водопользование и экологические платежи за сброс сточных вод в период паводка;
- вместе с этим, деятельность комбината по безвозвратному водозабору из р. Урал (60 тыс. м³/сутки) негативно влияет на ситуацию истощения поверхностных и подземных вод Оренбургской области, следовательно, следует искать пути ресурсосбережения в системе водопользования комбината, что позволит уменьшить потери воды в технологических переделах.

Список литературы

1. Биохимическая очистка сточных вод от фенолов, роданидов и аммонийного азота: технологическая инструкция. Новотроицк: ООО Урал Сталь, 2004.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей природной среды Оренбургской области в 2009 году» / Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области, официальный сайт <http://mpr.orinfo.ru/ecology/100.html>
3. Лейбович Р.Е. и др. Технология коксохимического производства. М.: Металлургия, 2006.

В.М. Колокольцев, И.В. Иванова,

С.В. Берёзова, П.В. Кошечев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА (ВТОР) НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 4Х5В2ФСЛ*

Для улучшения структуры и свойств отливок из стали большое внимание уделяется подготовке расплава к заливке в литейную форму. Технология подготовки расплава должна включать следующие этапы: выбор оптимальной температуры заливки расплава в литейную форму; выбор рациональных температурных режимов плавки стали; определение порядка ввода легирующих элементов; раскисление, рафинирование и модифицирование расплава.

Известно, что для достижения высоких свойств отливок конкретному химическому составу должен соответствовать определенный перегрев расплава над линией ликвидуса. Поэтому целесообразно выбор оптимальных температурных режимов плавки сплавов связывать с характером изменения структурно-чувствительных свойств их расплавов.

В работе Колокольцева В.М. и др. ** были представлены результаты исследований по определению рационального интервала температуры заливки инструментальной штамповой стали 4Х5В2ФСЛ ($t_{зал} = 1540-1590^{\circ}\text{C}$).

Следующим этапом работы было исследование влияния высокотемпературной обработки расплава на структуру и свойства стали 4Х5В2ФСЛ. Была проведена выдержка расплава при температурах 1600, 1650, 1670, 1690, 1700, 1710 $^{\circ}\text{C}$ в течение 5, 10 и 15 мин при каждой температуре. Расплав заливали в формы с различной теплоаккумулирующей способностью (ПГФ сухую и кокиль). Результаты механических свойств опытных сталей представлены в таблице.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее высокие свойства у стали, выдерживаемой при температуре 1690 $^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем перегреве наблюдается тенденция уменьшения свойств, сохраняемая не только с увеличением температуры, но и времени выдержки.

* Работа проведена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, лот № 2, шифр 2011-1.3.2-207-008.

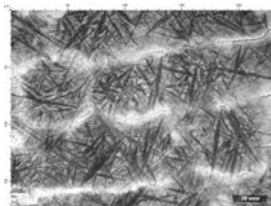
** Колокольцев В.М., Иванова И. В., Берёзова С.В. Влияние температуры заливки и условий охлаждения расплава в форме на свойства и структуру литейной инструментальной стали 4Х5В2ФСЛ для штампов горячего деформирования// Литейные процессы: межрегион. сб. науч. трудов. Магнитогорск, 2010. № 9. С.184-189.

Структура стали 4Х5В2ФСЛ, выдержанной при температуре 1690°С в течение 5, 10 и 15 мин представлена мартенситом и ферритной сеткой со специальными карбидами VC (рис. 1,2).

Металлографический анализ показал, что при дальнейшем увеличении температуры выдержки карбиды укрупняются, а их количество становится меньше. Также появляется более крупноигльчатая структура по мере увеличения температуры (от 1690-1710°С) и времени выдержки (от 5-15 мин). Качественно тенденция сохранялась при заливке стали в любую форму независимо от ее начальной температуры. Таким образом, можно сделать выводы о том, что размер зерна является не только функцией перегрева расплава (с увеличением перегрева расплава зерно укрупняется), но и функцией времени выдержки при этой температуре.

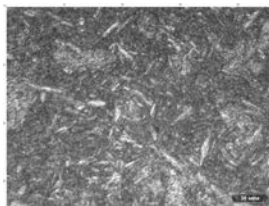
Механические свойства стали 4Х5В2ФСЛ после высокотемпературной обработки расплава

| Температура выдержки, °С | Время выдержки, мин | HRC, ед. | К _и , ед. |
|--------------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| | | ПГФ сухая/кокиль | |
| 1600 | 5 | 57,3/58,1 | 1,46/1,89 |
| | 10 | 54,3/56,1 | 1,44/1,46 |
| | 15 | 53,7/55,3 | 1,51/1,66 |
| 1650 | 5 | 47,0/47,8 | 1,42/1,46 |
| | 10 | 41,8/42,6 | 1,46/1,50 |
| | 15 | 47,7/49,9 | 1,46/1,52 |
| 1670 | 5 | 55,3/56,1 | 1,36/1,79 |
| | 10 | 52,3/54,1 | 1,42/1,44 |
| | 15 | 51,7/53,3 | 1,49/1,52 |
| 1690 | 5 | 45,0/46,8 | 1,38/1,46 |
| | 10 | 40,8/41,6 | 1,60/1,74 |
| | 15 | 47,7/49,9 | 1,55/1,66 |
| 1700 | 5 | 49,0/49,1 | 1,38/1,57 |
| | 10 | 44,3/45,2 | 1,28/1,44 |
| | 15 | 45,2/45,7 | 1,20/1,42 |
| 1710 | 5 | 47,0/48,1 | 1,38/1,55 |
| | 10 | 44,3/45,2 | 1,25/1,44 |
| | 15 | 45,2/45,7 | 1,20/1,42 |



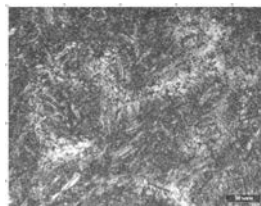
x500

а



x500

б



x500

в

Рис. 1. Микроструктура стали 4Х5В2ФСЛ, залитой в сухую ПГФ при температуре 1690°С с выдержкой: а – 5 мин; б – 10 мин; в – 15 мин

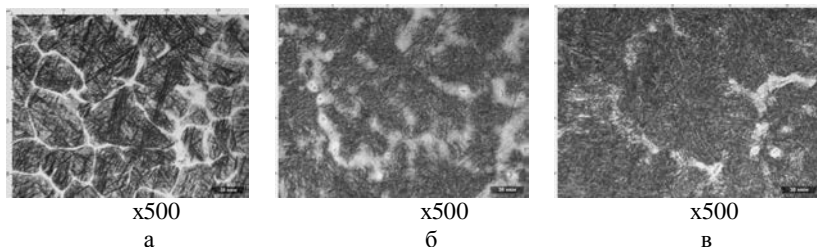


Рис. 2. Микроструктура стали 4X5B2ФСЛ, залитой в кокиль при температуре 1690°C с выдержкой: а – 5 мин; б – 10 мин; в – 15 мин

Вероятнее всего это связано с тем, что при увеличении перегрева и времени выдержки происходит дезактивация нерастворимых примесей экзогенного происхождения, которые могли бы служить подложками кристаллизации. Происходит гомогенизация расплава. Следовательно, после перегрева расплава и последующего снижения его температуры под заливку измельчения зерна не происходит.

Сравнивая показатели свойств, полученных при заливке в песчано-глинистые формы и кокиль, можно сделать вывод о том, что на исследуемые свойства сильно влияет тип формы, а точнее скорость охлаждения. Как видно из рис. 2, при заливке в кокиль образуется более мелкодисперсная структура, что объясняется большой теплоаккумулирующей способностью кокиля по сравнению с песчано-глинистыми формами. В кокиле за счет более сильного переохлаждения происходит измельчение карбидов, что, в свою очередь, положительно сказывается на механических свойствах.

Таким образом, при получении отливок из стали 4X5B2ФСЛ рекомендуется выдерживать расплав при температуре 1690°C не более 10 мин.

УДК 669.162.

И.В. Макарова, В.Г. Дружков, Т.М. Насыров
 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г. И. Носова»

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ГИБРИДНОГО АГЛОМЕРАТА И БРИКЕТОВ

В настоящее время добываемые железные руды по содержанию железа либо бедные, либо очень бедные. При глубоком обогащении таких руд получают тонкий концентрат фракции – 0,074 мм, который достаточно плохо подвергается агломерации вследствие своей низкой газопроницаемости. Такой концентрат идет на производство окатышей. Известно, что доменные

печи лучше работают на агломерате, чем на окатышах, так как последние имеют очень низкую горячую прочность из-за своеобразной структуры «с ядром» в виде магнетита Fe_3O_4 . Этот недостаток потребовал разработки новой технологии подготовки железорудных материалов к доменной плавке.

С 80-х годов прошлого века в Японии [1, 2] начато производство гибридного агломерата (агломератышей). Гибридный агломерат получают в несколько стадий. Сначала проводится предварительное окомкование тонкодисперсных концентратов в гранулы (мини-окатыши) до крупности 5-10 мм в тарельчатых грануляторах. Затем на полученные гранулы накатывается тонкоизмельченная коксовая (угольная) мелочь. Далее полученный полупродукт отправляется на агломерационную машину конвейерного типа на спекание. Предварительное окомкование тонкоизмельченных концентратов позволило улучшить газопроницаемость спекаемого слоя, а накатывание топлива на поверхность мини-окатышей – достичь частично плавления кальциевого феррита и получить конечную структуру гибридного агломерата, состоящую главным образом из магнетита с высокой восстановимостью. Гибридный агломерат по своим свойствам имеет промежуточное положение между агломератом и окатышами, достаточную восстановимость, хорошую газопроницаемость и отвечают всем требованиям доменщиков. Из всего вышесказанного следует, что доменные печи будут работать лучше на гибридном агломерате, чем на окатышах. Анализ применения гибридного окускованного сырья в Фукуяма и Курасики (Япония) при выплавке чугуна подтвердил, что по своему гранулометрическому составу оно близко к стабилизированному агломерату и даже при наличии

7–8% мелочи крупностью 0–5 мм приводит к увеличению производительности и снижению расхода твердого топлива (результаты опытных плавков с использованием гибридного агломерата приведены в табл. 1 и 2).

Таблица 1

Сравнительные результаты работы доменной печи № 2
в Курасики (Япония) [1]

| Показатели | | Обычный способ | Способ с накатыванием |
|---|---------------|----------------|-----------------------|
| Состав шихты, % | агломерат | 70 | 70 |
| | окатыши | 10 | 10 |
| | кусковая руда | 20 | 20 |
| Выход шлака, кг/т | | 282 | 282 |
| Обогащение кислородом, % | | 1,5 | 1,5 |
| Уд. производительность, т/(ч*м ³) | | 2,01 | 2,03 |
| Расход кокса, кг/т | | 517 | 510 |
| Температура дутья, °С | | 980 | 980 |
| Влажность дутья, г/м ³ | | 50 | 50 |
| Коэффициент использования CO, % | | 50,9 | 51,7 |

Производство нового железорудного сырья – агломератышей для доменных печей ОАО «ММК» предлагается организовать при освоении

Приоскольского железорудного месторождения. Для этого необходимо изменить технологию подготовки шихты к спеканию: установить тарельчатые грануляторы и обеспечить подачу концентрата и коксовой (угольной) мелочи для накатывания на гранулы.

Таблица 2

Сравнительные результаты работы доменных печей № 4 и 5
в Фукуяме (Япония) [2]

| Показатели | | Обычный способ | Способ с накатыванием |
|---|---------------------|----------------|-----------------------|
| Состав шихты, % | обычный агломерат | 78 | 23 |
| | окатыши | 2 | 2 |
| | кусовая руда | 20 | 20 |
| | гибридный агломерат | - | 55 |
| Выход шлака, кг/т | | 327 | 309 |
| Производительность, т/сут | | 9700 | 10300 |
| Уд. производительность, т/(м ³ *сут) | | 2,08 | 2,21 |
| Расход кокса, кг/т | | 517,5 | 505,0 |
| Температура дутья, °С | | 1050 | 1050 |
| Влажность дутья, г/м ³ | | 55 | 55 |

Другое направление в работе – использование брикетов в доменной плавке. Процесс брикетирования как способ подготовки железных руд известен еще с XVIII в., но не получил своего существенного развития в черной металлургии и практически не нашел применения в подготовке железорудного сырья. Основными причинами этого были несоответствие качества получаемых брикетов требованиям к шихтовым материалам и быстрое развитие технологии окускования железорудных материалов спеканием на агломашинах, производительность которых значительно превосходила производительность линии брикетирования.

В настоящее время использование брикетов находит все большее применение. Вместо прессов периодического действия, которые использовали раньше для производства брикетов, пришли валковые прессы непрерывного действия, позволяющие производить брикеты при повышенном давлении, а значит, более устойчивыми к разрушению.

Использование брикетов в ОАО «ММК» позволило бы использовать в плавке руды Бакальского месторождения. Сидеритовые руды Бакальского месторождения имеют множество достоинств: низкое содержание вредных примесей, высокая природная основность, хорошая восстановимость. А возможность введения в состав брикетов углеродосодержащих материалов позволяет полностью нейтрализовать один из серьезных недостатков использования в доменной плавке сидеритовых - повышенный расход кокса. Сидериты достаточно плохо подвергаются агломерации. Поэтому производство брикетов – это наилучший способ подготовки для них.

Брикеты имеют следующие преимущества перед другими видами железорудного сырья [3]:

- устойчивы к атмосферным воздействиям и в процессе хранения даже увеличивают свою прочность в некоторых случаях до 40%;

- механическая прочность брикетов очень высока. При трехкратном сбрасывании с 1,5 м на стальную плиту выход фракции – 5 мм составляет 1,1% при требовании не более 10%;
- пористость железуглеродосодержащего брикета – более 40%, при требовании не менее 10%;
- гигроскопическая влажность зависит от условий хранения, но в большинстве случаев находится в пределах 2–3%;
- брикет выдерживает, не разрушаясь, температуру до 1300°С;
- размягчаемость брикета близка к размягчаемости Михайловских окатышей.

Таким образом, в настоящее время удастся получить брикеты, отвечающие основным требованиям, предъявляемым к железорудной составляющей части шихты для доменной плавки. Использование брикетов позволит снизить расход кокса и повысить производительность печей.

Список литературы

1. Развитие технологии окомкования аглошихты в Японии / T.Higuchi, N. Oyama, K. Yamashita и др. //ОАО «Черметинформация». Новости черной металлургии за рубежом. 2011. № 1. С. 14-19.
2. Нива Я. Промышленное производство окускованного рудного доменного сырья с массовым использованием руды с низким содержанием пустой породы //Экспресс-обзор. Новейшие зарубежные достижения. 2010. Вып. 6.
3. Летимин В.Н. Брикетирование как метод подготовки железорудной шихты для доменной плавки //Литейные процессы. 2009. №8. С. 79-85.

УДК 621.746.5.047

В.В. Мошкунов, А.М. Столяров, А.С. Казаков

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО ОБЖАТИЯ СЛЯБОВОЙ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

В ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» к толстому горячекатаному листу для производства труб предъявляются высокие требования по однородности свойств металла и отсутствию дефектов. Для выполнения этих требований стан должен снабжаться высококачественной слябовой непрерывнолитой заготовкой. Отливка заготовок производится в кислородно-конвертерном цехе на одноручьевой МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком. На этой машине в процессе разлива имеется возможность осуществления мягкого обжатия слябовой заготовки в технологическом канале МНЛЗ. Схематичное изображение процесса мягкого обжатия сляба представлено на рис. 1.

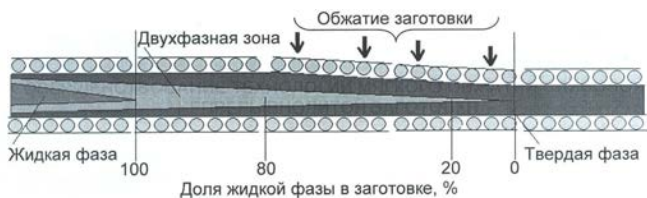


Рис. 1. Схема мягкого обжата слябовой непрерывнолитой заготовки в процессе разливки

В качестве характерного примера рассмотрим отливку непрерывнолитой заготовки сечением 300×2600 мм со скоростью вытягивания 0,8 м/мин из стали марки К60 с содержанием 0,10% углерода и 1,65% марганца. На рис. 2 показано распределение жидкой и твердой фаз внутри кристаллизующейся непрерывнолитой заготовки, полученное согласно динамической модели МНЛЗ.

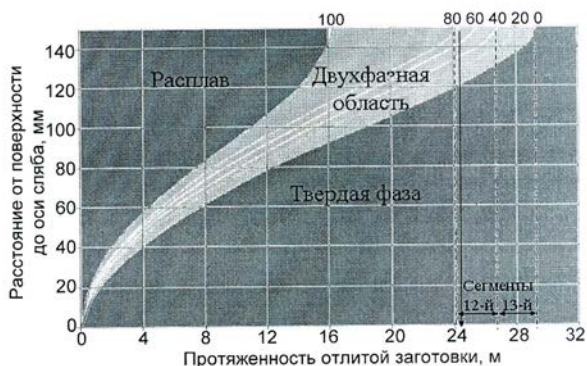


Рис. 2. Внутреннее строение слябовой непрерывнолитой заготовки толщиной 300 мм: цифры у линий – доля жидкой фазы (%)

Из рисунка видно, что конец лунки жидкого металла согласно прогнозу, выдаваемому динамической моделью машины, должен находиться на расчетной отметке, соответствующей концу 13 сегмента технологического канала МНЛЗ. Следовательно, мягкое обжатие сляба рекомендуется осуществлять в 12 и 13 сегментах машины.

Для проверки адекватности расчетных данных фактическому положению дел при определении длины лунки жидкого металла внутри заготовки были проведены эксперименты с созданием эффекта «искусственного раздутия» сляба.

Сопоставление экспериментальных и расчетных данных о длине заготовки с долей жидкой фазы, равной 70%, показало, что расчетные значения оказались заниженными на 1,9 м. Следовательно, расчетная длина всей лунки жидкого металла (29,1 м, см. рис. 2) должна быть скорректи-

рована в сторону увеличения на аналогичную величину, после чего она будет равна 31,0 м. На основании этого было изменено место приложения мягкого обжатия к заготовке с 12 и 13 сегментов на 13 и 14 сегменты технологического канала машины.

Опытное опробование мягкого обжатия в разных сегментах было проведено при разливке трубной стали марки К60 со скоростью вытягивания слябов из кристаллизатора 0,8 м/мин. Данные о параметрах трех вариантов режимов мягкого обжатия слябов представлены в таблице.

Параметры режимов мягкого обжатия слябов из трубной стали

| Вариант режима обжатия | Номера сегментов технологического канала МНЛЗ | Величина мягкого обжатия | |
|------------------------|---|--------------------------|---------------|
| | | удельная *, мм/м | суммарная, мм |
| А | 12 и 13 | 1,2/1,2 | 5,96 |
| Б | 13 и 14 | 1,2/1,0 | 5,0 |
| В | 13 и 14 | 0,6/1,2 | 5,5 |

*^в В числителе указана величина удельного обжатия в первом (по порядку приложения) сегменте, в знаменателе – во втором.

Варианты режима мягкого обжатия Б и В отличаются разными величинами удельного обжатия заготовки в 13 и 14 сегментах.

Для оценки качества макроструктуры литого металла было отобрано 423 поперечных осевых темплетга из слябовых заготовок толщиной 300 мм, отлитых со скоростью 0,8 м/мин в процессе разливки трубной стали. Результаты оценки качества макроструктуры металла по степени развития дефектов «Осевая рыхлость» и «Осевая химическая неоднородность» в соответствии с требованиями ОСТ 14-4-73 приведены на рис. 3.



Рис. 3. Результаты оценки количества темплетов со степенью развития дефектов «Осевая рыхлость» (ОП) и «Осевая химическая неоднородность» (ОХН) менее 1,5 балла в слябах толщиной 300 мм из трубной стали, отлитых по различным вариантам мягкого обжатия

Из представленных на рисунке данных следует, что наибольшее количество темплетов с небольшой степенью развития осевых дефектов

было получено при осуществлении мягкого обжата в сегментах 13 и 14 в том случае, когда величина удельного обжата во втором по порядку приложения сегменте вдвое больше, чем в первом.

Таким образом, в кислородно-конвертерном цехе ОАО «ММК» проведены исследования по совершенствованию технологии мягкого обжата непрерывнолитых слябов из трубной стали толщиной 300 мм, отливаемых на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком. Уточнение места приложения обжата на технологическом канале МНЛЗ и корректировка распределения величины удельного обжата по двум сегментам позволили улучшить качество осевой зоны слябовой непрерывнолитой заготовки.

УДК 669.162.16

**С.К. Сибгатуллин, Е.О. Теплых,
А.С. Харченко, Р.Ф. Махмутов**
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ АГЛОМЕРАТА ПО КРУПНОСТИ В БУНКЕРЕ БЗУ НА ОДНОРОДНОСТЬ ЕГО ПОСТУПЛЕНИЯ В КОЛОШНИКОВОЕ ПРОСТРАНСТВО ПЕЧИ

От равномерности распределения материалов по окружности колошника зависит ход доменной плавки. При ее повышении улучшается газораспределение по окружности печи, образуется более равномерный химический состава жидких продуктов плавки. Это приводит к улучшению фильтрации чугуна и шлака через слой коксовой насадки, снижению удельного расхода кокса и повышению производительности печи. Однако современные бесконусные загрузочные устройства лоткового типа не обеспечивают необходимого окружного распределения многокомпонентной шихты [1]. Одним из способов регулирования его воздействия на последовательность набора компонентов шихты в бункере БЗУ в зависимости от расхода материалов.

Для определения влияния этих факторов на равномерность распределения применили планирование эксперимента [2]. Для составления матрицы планирования использовали полный двухфакторный план при варьировании на трех уровнях:

- соотношение агломерата крупностью более и менее 10 мм;
- расположение агломерата крупностью более 10 мм в слое агломерата крупностью менее 10 мм;

В качестве выходного параметра, т.е. параметра оптимизации использовали коэффициент равномерности, который получили путем вычитания коэффициента вариации из единицы [3]:

$$K = 1 - \frac{\sigma_i}{A_{cp}}, \quad (1)$$

где σ_i – среднее квадратическое отклонение i -х порций;

A_{cp} – среднее значение поступающих из бункера порций.

Для математического описания выходного параметра от указанных факторов выбран полином второй степени:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_{12} + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2, \quad (2)$$

где x_1 - x_2 – факторы, влияния которых на параметр исследуются;

b – коэффициенты уравнения регрессии.

Исследования провели на физической модели однотрактового компактного загрузочного устройства, изготовленного в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 4 и 6 ОАО «ММК» [4, 5].

В процессе эксперимента в бункер БЗУ загружали агломерат крупностью + 10 мм и -10 мм в количестве 128 кг. Соотношение исследуемых фракций составляло 90:10; 50:50; 10:90, при этом в первой серии экспериментов агломерат крупностью -10 мм располагали внизу бункера, в середине объема – агломерат фракции +10 мм, поверх ее, а во второй серии экспериментов наоборот. При угле открытия шихтового затвора 50 град производили выпуск материала. По ходу выпуска отбирали пробы, рассеивали агломерат на классы: 1-3; 3-5; 5-8; 8-10; 10-12; 12-15; 15-17,5; 17,5-25; >25. Определяли долю агломерата крупностью - 10 мм по ходу выпуска и затем по формуле (1) рассчитывали коэффициент равномерности поступления агломерата фракции -10 и +10 мм из бункера БЗУ. Далее определяли их среднее значение.

В ходе анализа экспериментальных данных были определены коэффициенты уравнения, значимость которых оценили по критерию Стьюдента.

Коэффициент равномерности для проведенных экспериментов описывается следующим полиномом:

$$\hat{K}_A = 0,792 + 0,047 A_{>10} - 0,095 A_{>10} A_{<10} - 0,338 A_{>10} - 0,047 A_{<10}, \quad (3)$$

где $A_{>10}$ – доля агломерата фракции +10 мм, располагающаяся под агломератом фракции -10 мм, %;

$A_{<10}$ – доля агломерата фракции -10 мм от его общего количества, %.

Все факторы записаны в кодированной форме и изменяются от -1 до 1.

По критерию Фишера произвели проверку адекватности модели и убедились в том, что уравнение соответствует экспериментальным данным. Коэффициент детерминации R^2 , равный 0,90, показывает, что построенная регрессия объясняет более 90% разброса значений переменной

\hat{K}_{KO} относительно среднего.

Согласно рис. 1 расположение в нижней части бункера БЗУ агломерата фракции +10 мм в количестве 90%, а поверх нее фракции -10 мм в количестве 10% обеспечило величину коэффициента равномерности поступления агломерата из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи, равную 0,57. Наиболее высокий коэффициент равномерности, равный 0,79, наблюдали при расположении фракции -10 мм в середине объема фракции +10 мм (рис. 1,2).

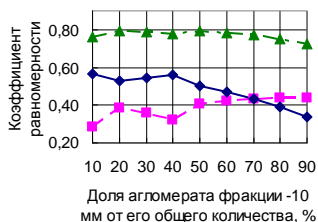


Рис.1. Зависимость равномерности поступления агломерата из бункера БЗУ от доли фракции -10 мм при расположении ее в среднем слое фракции +10 мм (—▲—), под ней (—■—), на ней (—◆—)

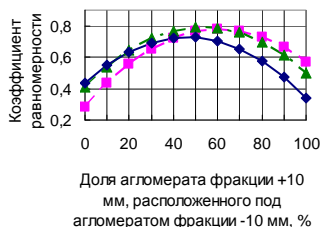


Рис.2. Зависимость равномерности поступления агломерата из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи от доли фракции +10 мм, расположенной под фракцией -10 мм при содержании в шихте последней: 10% (—■—), 50% (—▲—) и 90% (—◆—)

Выводы

1. Расположение агломерата одной крупности в середине объема агломерата другой крупности обеспечивает наиболее высокий коэффициент равномерности его поступления из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи.

2. При загрузке материалов в бункер БЗУ для обеспечения более высокого коэффициента равномерности целесообразно в нижней части бункера располагать материал, расход которого наиболее высокий, а поверх него – наиболее низкий.

Список литературы

1. Анализ особенностей формирования порций и истечения материалов из бункера БЗУ при загрузке шихты / Пыхтеева К.Б., Загайнов С.А., Тлеугабулов Б.С., Филиппов В.В., Журавлев Д.Л., Николаев Ф.П. // Сталь. 2008. № 6. С. 14-19.
2. Спирин Н.А. Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Конспект лекций. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2004. 257 с.
3. Куприенко Н.В. Статистика. Методы анализа распределений. Выборочное наблюдение. 3-е изд. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2009. 138 с.
4. Харченко А.С., Сибатуллин С.К., Сысоев Н.П. Поступление коксового орешка совместно с агломератом и окатышами из шихтового

- бункера БЗУ в колошниковое пространство доменной печи // Изв. вузов. Черная металлургия. 2011. № 8. С 18-19.
5. Истечение материалов из шихтового бункера лоткового загрузочного устройства доменной печи по видам крупности / С.К. Сибгатуллин, А.С Харченко, С.И Гаврюшкин, А.В. Чевычелов // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. трудов. № 9. Магнитогорск, 2009. С. 21-25.

УДК669.017:536

С.К. Сибгатуллин, Т.В. Майорова
 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г.И. Носова»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В ФОРМЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОМЕННОГО ПРОЦЕССА

Теплота и работа представляют собой две формы передачи энергии; единица измерения теплоты и работы – джоуль.

Работа связана с перемещением макроскопических тел и характеризует упорядоченную макрофизическую форму передачи энергии.

Теплота – это передача внутренней энергии на микрофизическом, молекулярном уровне, происходит при разности температур между телами.

В доменном процессе поступление и использование энергии происходит одновременно:

- в форме теплоты – происходит теплообмен из-за разности температур между газом и шихтой;
- в форме работы – совершается работа из-за разности давлений дутья и колошникового газа.

Обмен механической энергией характеризуется совершённой работой A , обмен внутренней энергией – количеством переданного тепла Q .

Поступление энергии в доменную печь в форме работы оценивается выражением [1]

$$\int_{v_1}^{v_2} P dV = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + g(z_1 - z_2) + P_2 V_2 - P_1 V_1 + A_{mp},$$

где $w_2^2 - w_1^2 / 2$ – изменение кинетической энергии газа, Дж; $g(z_1 - z_2)$ – изменение потенциальной энергии газа, Дж; $P_2 V_2 - P_1 V_1$ – работа проталкивания газового потока, Дж; A_{mp} – работа против сил трения, Дж.

Использование энергии в доменном процессе в форме работы определяется по формуле [2]:

$$A_c = \frac{n}{n-1} P_d V_f \left[1 - \left(\frac{P_{к.г}}{P_d} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right],$$

где $P_d, P_{к.г}$ – давление дутья и колошникового газа, Па; V_f – объем газа в пространстве печи, м³; n – показатель политропы.

Традиционно в тепловом балансе доменной плавки учитывается поступление и расходование энергии в форме теплоты; подведение и передача энергии в форме работы не учитывается.

Баланс энергии позволяет совместно оценить теплоту доменного процесса и работу потока газов, совершаемую в пространстве печи:

$$Q_z + E_o = Q_{np} + A_c + E_{к.г},$$

где Q_z – тепло горения углерода кокса и топливных добавок, Дж; Q_{np} – затраты тепла на проведение процессов, Дж; $E_o, E_{к.г}$ – полная энергия дутья и колошникового газа, Дж; A_c – работа, совершаемая в пространстве печи, Дж.

На проведение доменной плавки энергия в форме теплоты поступает при сжигании доменного и коксового газа в воздухонагревателях, сгорания кокса и природного газа у фурм.

По результатам выполненных исследований [3,4] поступает теплоты в результате сгорания углерода кокса у фурм 2465 МДж/т чугуна, сгорания природного газа – 156 МДж/т чугуна, с нагретым дутьем – 1721 МДж/т чугуна; всего в форме теплоты поступает 4408 МДж/т чугуна.

В доменную печь энергия в форме работы поступает от воздуходувной машины, которая создает избыточное давление дутья, тем самым увеличивая потенциальную и кинетическую энергию дутья.

Проведенные расчеты [3,4] показали, что в форме работы в доменную печь поступает 167 МДж/т чугуна.

В пространстве доменной печи энергия, поступающая в форме теплоты и работы, расходуется на:

- проведение реакций, нагрев продуктов плавки;
- перемещение газового потока сквозь слой шихты – совершается работа газового потока по преодолению сопротивления шихты;
- не используется энергия отходящих колошниковых газов – 182,67 МДж/т чугуна.

Результаты выполненных расчетов [3,4] были следующие: затраты энергии на восстановление оксидов, нагрев продуктов плавки составили 3534 МДж/т чугуна; работа газового потока по преодолению сопротивления шихты – 365 МДж/т чугуна, 10% от итога теплового баланса. При увеличении общего перепада давления газов по высоте печи затраты энергии – 3412 МДж/т чугуна, работа газового потока возросла – 411 МДж/т чугуна, что составило 12% от итога теплового баланса.

Увеличение энергии дутья в форме работы путем повышения давления и объема дутья более полное использование потенциальной энергии на совершение работы в пространстве доменной печи уменьшает потребление энергии в форме тепла, что сопровождается снижением удельного расхода кокса.

Список литературы

1. Техническая термодинамика и теплотехника: учеб. пособие для вузов / Л.Т. Бахшиева, Б.П. Кондауров, А.А. Захарова, В.С. Салтыкова. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 272 с.
2. Сибатуллин С.К., Майорова Т.В. К расчету показателей хода доменного процесса при повышенном общем перепаде давления газов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 3. С. 16-18.
3. Майорова Т.В., Сибатуллин С.К., Чевычелов А.В. Анализ количества работы, совершаемой в доменной печи при использовании различного железорудного сырья // Изв. вузов. Черная металлургия. 2009. № 3. С. 6-9.
4. Чевычелов А.В., Сибатуллин С.К., Майорова Т.В. Работа образующихся газов и всего газового потока, совершаемая в рабочем пространстве доменной печи при использовании различного железорудного сырья // Творческое наследие Б.И. Китаева: тр. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 84-89.

УДК 669.14.018.29 669.18.046.554

В.А. Бигеев, А.О. Николаев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОСОБОНИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ АВТОКУЗОВНЫХ СТАЛЕЙ НА УСТАНОВКЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ В ККЦ ОАО «ММК»

В современной промышленности требования к механическим свойствам автокузовных сталей непрерывно возрастают. В особенности это касается автокузовных сталей типа IF-сталь (Interstitial Free Steel) – сталь без свободных атомов внедрения в кристаллической решетке. Для получения необходимых механических свойств в автокузовных сталях типа IF-сталей, обеспечения должного уровня вязкости, штампуемости и деформационного упрочнения необходимо получать всё более низкое содержание углерода и наименьшее количество неметаллических включений, что возможно только при использовании вакуумирования стали.

В настоящее время ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» по существующей технологии успешно производит стали для по-

требностей отечественного автомобилестроения (006/IF, DX52D, DX54D) с содержанием углерода до 0,006%. Требования к механическим свойствам этих сталей и полученные механические свойства стали, произведенной в ОАО ММК в 2011-2012 году, представлены в табл. 1.

В технических условиях на поставку автокузовного металла регламентируются только механические свойства, а химический состав регламентирован в очень широких пределах (как для DX56D по EN 10346:2009-06 – табл. 2) или не оговорен вообще. Это приводит к тому, что изготовитель сам определяет химический состав в соответствии с условиями производства. Требования к химическому составу этих сталей и фактический химический состав, получаемый в ККЦ ОАО «ММК», представлен в табл. 2. Существующая технология производства особонизкоуглеродистой стали подразумевает выпуск металла производить после получения результатов химического анализа при массовой доле углерода не более 0,06%, серы – не более 0,012%, азота – не более 0,003 других примесей – в пределах заданного химического состава стали. Далее металл отправляют на установку вакуумирования стали, где проводят вакуумирование в течение 20–30 мин с принудительной подачей кислорода расходом 200–300 м³/ч в течение 15–30 мин. При получении после вакуумирования углерода согласно марочным пределам металл доводится на установке печь-ковш по химическому составу и температуре. После чего сталь передается для разливки на МНЛЗ. Такая технология обеспечивает получение стали с содержанием углерода 0,004–0,007%.

Но для освоения новых рынков сбыта, в частности для выхода на европейский рынок, необходимо получение стали с более жесткими требованиями по механическим свойствам. Например, сталь, необходимая компании «Ford», обозначается WSS-M1A365-A15 и имеет механические свойства, также указанные в табл. 1. Аналогичные механические свойства имеет сталь марки DX57D, что тоже отражено в этой таблице. Как видно из таблицы, свойства, необходимые для получения сталей WSS-M1A365-A15 и DX57D, не обеспечиваются при выплавке сталей существующего сортамента. Таким образом, исходя из мировой практики и рекомендаций Thyssen Krupp, было установлено, что для получения необходимых химических свойств требуется не более 0,003% углерода в ковшевой пробе и не более 0,004% в готовой стали.

Для достижения содержания углерода 0,003% был предложен вариант технологии, подразумевающий нагрев металла и ввод всех ферросплавов, кроме титана, ниобия и алюминия, на установке печь-ковш до вакуумирования, чтобы исключить прирост содержания углерода из ферросплавов и от электродов установки печь-ковш.

Также вариант технологии предусматривает использование других режимов подачи кислорода при вакуумировании. То есть продувку кислородом с интенсивностью 700–1000 м³/ч длительностью 10–15 мин, с последующей выдержкой металла при минимальном разрежении в течение 8–12 мин. Также рекомендовано использование сталеразливочных ковшей с низкоуглеродистой футеровкой.

Таблица 1

Механические свойства 006/IF по ТУ 14-101-496-2002 и DX56D по EN 10346:2009-06 в сравнении со сталью, выплавленной за 2011-2012 гг.

| Стандарт | Марка стали | Предел текучести (условный) $\sigma_{0,2}$ Н/мм ² не более или в интервале | Временное сопротивление σ_b , Н/мм ² | Относительное удлинение δ_{80} , %, не менее, при толщине проката | | Коэффициент пластической анизотропии R_{90} , не менее | Показатель деформационного упрочнения ρ_{90} , не мене |
|---------------------------------------|----------------|---|--|--|-----------------------------|--|---|
| | | | | менее 0,7 мм | св. 0,7 мм до 1,5 мм включ. | | |
| ТУ-14-101-496-2002 | 006/IF | 185 | 270-350 | 38 | 40 | 2,0 | 0,21 |
| EN 10346:2009-06 | DX56D | 120-180 | 260-350 | 37 | 39 | 1,9 | 0,21 |
| Сталь, запрашиваемая компанией «Ford» | WSS-M1A365-A15 | 110-160 | 260-330 | | 42 | 2,0 | 0,22 |
| | DX57D | 120 – 170 | 260 – 350 | | 41 | 2,1 | 0,22 |
| Сталь, полученная на ММК | 006/IF | 140–170 (154,4)* | 290-315 (300,4)* | - | 40-64 (41,2)* | 2,18-3,06 (2,5)* | 0,214-0,235 (0,226)* |
| | DX56D | 145-190 (167)* | 300-340 (319,7)* | 35,5-46 (41)* | 41-42 (42,2)* | 2,08-2,94 (2,45)* | 0,215-0,239 (0,224)* |

Таблица 2

Требования к химическому составу сталей 006/IF по ТИ 101-СТ-ККЦ-93-2009, DX54-56 по EN 10346:2009-06 и фактический химический состав сталей этих марок, полученных на ММК за 2011-2012 гг.

| Стандарт | Марка | C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | N | Al | Ti | Nb |
|------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | не более или в диапазоне | | | | | | | | | | | |
| ТИ 101-СТ-ККЦ-93-2009 | 006/IF | 0,007 | 0,02 | 0,10-0,18 | 0,010 | 0,012 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,007 | 0,030-0,060 | (2,4xS+3,43xN)-2,4xS+3,43xN)+0,03 | 7,75xC - 7,75xC+0,02 |
| EN 10346:2009-06 | DX56D-DX57D | 0,12 | 0,50 | 0,60 | 0,045 | 0,10 | - | - | - | - | - | 0,30 | - |
| Рекомендации Thyssen Krupp | DX56D+Z/Su-EDDQ** | 0,003 | 0,02 | 0,11-0,15 | 0,010 | 0,012 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,004 | 0,02-0,45 | 0,05-0,09 | 0,05 |
| Сталь, полученная на ОАО ММК | 006/IF | 0,003-0,007 (0,0048)* | 0,01-0,02 (0,012)* | 0,1-0,1 (0,14)* | 0,004-0,013 (0,008)* | 0,004-0,014 (0,008)* | 0,02-0,03 (0,026)* | 0,02-0,03 (0,02)* | 0,02-0,05 (0,03)* | 0,04-0,07 (0,0057)* | 0,035-0,06 (0,049)* | 0,024-0,072 (0,0506)* | 0,025-0,072 (0,045)* |
| | DX56D | 0,003-0,005 (0,004)* | 0,01-0,02 (0,012)* | 0,11-0,16 (0,136)* | 0,006-0,01 (0,008)* | 0,006-0,011 (0,008)* | 0,02-0,03 (0,028)* | 0,02-0,03 (0,023)* | 0,01-0,04 (0,028)* | 0,005-0,006 (0,0053)* | 0,041-0,052 (0,05)* | 0,037-0,053 (0,0499)* | 0,037-0,059 (0,046)* |

*Значения указаны в интервале, в скобках приведено среднее значение.

** Марка стали согласно исследованию.

Для отработки этой технологии в ККЦ ОАО ММК было выплавлено две опытных плавки 006/IF ТУ 14-101-497-2002. Обе плавки перед вакуумной обработкой были нагреты на установке печь-ковш для исключения электронагрева после вакуума.

Опытную плавку № 203492 нагрели до 1667°C (по сравнению с примерно 1610°C при обычной технологии выплавки IF-сталей). Время вакуумной обработки составило 32 мин. Во время вакуумирования через 5 мин после начала (СО в отходящих газах достигло около 70%) была начата продувка кислородом. В течение 5 мин производили продувку с интенсивностью 600 м³/ч, далее 5 мин с интенсивностью 700 м³/ч и 5 мин с интенсивностью 1000 м³/ч. Суммарный расход кислорода составил 178,3 м³. Положение фурмы 750 мм. Во время продувки кислородом разрежение в камере ниже 8 мбар не снижалось, обработка велась без включения I ступени. После прекращения продувки разрежение снизилось до 2,2 мбар, при котором металл вакуумировали еще 14 мин. Плавка охлаждалась слябом 2 мин. Это произошло из-за того, что не было учтено увеличение нагрева металла за счет интенсификации продувки кислородом и было предложено температуру перед вакуумированием иметь не ниже 1660°C. Поэтому так как температура заказа на запуск была 1590°C, возникла необходимость охлаждения слябом. Опытную плавку № 203495 нагрели до 1641°C. Время обработки на УВС составило 31 мин. Через 7,5 мин после начала вакуумирования, по достижении около 75% СО в отходящих газах, была начата продувка кислородом. Продувка велась в течение 12 мин с интенсивностью 1000 м³/ч. Суммарный расход кислорода составил 178,3 м³. Во время продувки кислородом разрежение в камере ниже 8 мбар не было, обработка велась без включения I ступени. После прекращения продувки разрежение снизилось до 2,2 мбар, вакуумирование велось еще 12 мин. Плавка охлаждалась слябом 5 мин.

В результате удалось получить содержание углерода более низкое, чем на выплавляемых по обычной технологии сталях 006/IF, DX54D, достаточное для получения стали DX56D, но недостаточное для получения DX57D. Также был получен остальной химический состав. Химический состав стали приведен в табл. 3.

Во время разливки на вторых слябах производился отбор темплетов. Дефекты по макроструктуре и качеству поверхности не превышают 1,5 баллов.

Полученная в результате опытных плавки сталь (табл. 4) по механическим свойствам превосходит сталь, выплавляемую по обычной технологии, и почти соответствует свойствам, запрашиваемым компанией Ford (см. табл. 1). Это показывает преимущества использования нововведений. При этом существует возможность снижения содержания углерода и улучшения механических свойств.

Таблица 3

Химический состав опытных плавков

| Плавка | Агрегат | C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu | Al | Ti | Nb | N |
|--------|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 203492 | Конвертер | 0,030 | 0,002 | 0,089 | 0,0062 | 0,0063 | 0,024 | 0,018 | 0,024 | 0,2807 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0030 |
| | До вакуумирования | 0,031 | 0,001 | 0,079 | 0,0065 | 0,0040 | 0,024 | 0,014 | 0,023 | 0,1480 | 0,0004 | 0,0050 | 0,0046 |
| | После вакуумирования | 0,002 | 0,003 | 0,101 | 0,0070 | 0,0044 | 0,026 | 0,015 | 0,024 | 0,1270 | 0,0005 | 0,0050 | 0,0040 |
| | Перед МНЛЗ | 0,004 | 0,006 | 0,113 | 0,0071 | 0,0072 | 0,034 | 0,019 | 0,024 | 0,0458 | 0,0445 | 0,0356 | 0,0040 |
| | На МНЛЗ | 0,004 | 0,006 | 0,112 | 0,0074 | 0,0074 | 0,034 | 0,019 | 0,024 | 0,0480 | 0,0444 | 0,0358 | 0,0041 |
| 203495 | Конвертер | 0,023 | 0,002 | 0,089 | 0,0059 | 0,0038 | 0,016 | 0,017 | 0,022 | 0,2388 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0047 |
| | До вакуумирования | 0,035 | 0,003 | 0,085 | 0,0070 | 0,0036 | 0,016 | 0,016 | 0,022 | 0,5303 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0064 |
| | После вакуумирования | 0,033 | 0,003 | 0,079 | 0,0074 | 0,0033 | 0,016 | 0,014 | 0,022 | 0,6560 | 0,0007 | 0,0050 | 0,0045 |
| | Перед МНЛЗ | 0,004 | 0,005 | 0,102 | 0,0079 | 0,0039 | 0,019 | 0,015 | 0,022 | 0,0550 | 0,0418 | 0,0453 | 0,0049 |
| | На МНЛЗ | 0,004 | 0,005 | 0,098 | 0,0080 | 0,0056 | 0,021 | 0,019 | 0,022 | 0,0451 | 0,0428 | 0,0460 | 0,0047 |

13

Таблица 4

Механические свойства стали опытных плавков марки 006/IF и DX52D

| Плавка | Марка | TU/EN | Толщина | Вытяжка | Предел текучести R_e , МПа | Предел прочности на растяжение R_m , МПа | Относительное удлинение A_{80} , %/мин |
|--------|--------|-----------------|---------|---------|------------------------------|--|--|
| 203492 | 006/IF | 14-101-497-2002 | 1,2 | ВОСВ | 172,1 | 299,75 | 43,3 |
| | 006/IF | | 0,76 | ОСВ | 156,25 | 299,37 | 41,25 |
| 203495 | DX52D | EN 10346:2009 | 1,5 | - | - | 187,6 | 42,2 |
| | | | 2 | - | - | 211,3 | 41,6 |
| | 006/IF | 14-101-497-2002 | 0,86 | ОСВ | 165 | 292,8 | 43,55 |
| | | | 0,76 | ВОСВ | 135 | 287,5 | 41,5 |

Для получения механических свойств, соответствующих требованиям мирового автомобилестроения, необходимо получение содержания углерода 0,003% и менее. Для этого, как показали опытные плавки, следует оптимизировать технологию обработки металла до вакуумирования, в том числе точнее рассчитывать температуру нагрева металла, учитывая химический нагрев во время интенсивного обезуглероживания в вакуум-камере. Это позволит исключить поступления углерода во время охлаждения слябом (0,0004% в опытных плавках), а также снизит поступление углерода во время нагрева металла на установке печь-ковш.

Так же необходимо учитывать снижение содержания элементов во время интенсивной продувки кислородом в вакуум-камере. Необходимо вносить избыточное количество марганца до вакуумирования, дабы исключить внесение углерода ферросплавами после вакуумного обезуглероживания.

Таким образом, использование нагрева стали до вакуумирования и более интенсивная продувка кислородом во время вакуумирования показали свою эффективность. Но для достижения требуемых механических свойств необходимо дальнейшее совершенствование технологии, в частности применение низкоуглеродистых ковшей и более точный расчет необходимой температуры перегрева металла.

По результатам опытных плавки с целью отработки технологии получения минимально возможного содержания углерода при производстве IF-стали на УВС-2 ККЦ было выпущено технологическое письмо и выплавлено пять плавки. На трех плавках была максимально выдержана технология обработки стали. В двух плавках удалось получить содержание углерода на уровне 0,003%, они были назначены на марку DX56D - DX57D для акцептации компанией «Ford».

Содержание углерода в стали приведено в табл. 5. В настоящее время плавки находятся на переработке.

Таблица 5

Содержание углерода в стали для акцептации заводом Ford

| Место отбора пробы | Содержание углерода | | |
|----------------------|---------------------|--------|--------|
| | 307123 | 307106 | 307130 |
| До вакуумирования | 0.0406 | 0.0419 | 0.0309 |
| После вакуумирования | 0.0032 | 0.0036 | 0.0032 |
| На МНЛЗ | 0.0034 | 0.0041 | 0.0034 |

Таким образом, результатом данной работы стал вариант технологии, который в настоящее время проходит апробацию. Этот вариант технологии позволит получать сталь, соответствующую самым современным требованиям мирового автомобилестроения и других областей, требующих использования сталей с особонизким содержанием углерода.

И.А. Вахрушева

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

В подготовке современного специалиста технического профиля математическое образование занимает важнейшее место. Это объясняется тем, что математика является основой профессиональной культуры студентов технического вуза, так как без нее затруднительно изучение специальных дисциплин. Характерная особенность подготовки специалиста в техническом вузе заключается в прочном естественно-научном и мировоззренческом фундаменте знаний, поэтому для становления успешного высокопрофессионального специалиста технического профиля необходимо развитие его математической направленности.

Под математической направленностью студента технического вуза мы понимаем интегративную подструктуру его личности, обеспечивающую целеустремленность студента на приобретение математических знаний и умений, его позитивное отношение к учебно-познавательной математической деятельности, наличие математических склонностей и интересов, наличие потребностей в математических знаниях и желание проникнуть в сущность предмета, понимание целей и задач математики, осознание ценности математических знаний, наличие установки на познавательную деятельность в области математических дисциплин.

Теоретическим основанием решения проблемы развития математической направленности студентов технического университета в процессе математической подготовки является модель процесса развития математической направленности студентов и комплекс педагогических условий, способствующий эффективному развитию исследуемой направленности в рамках обозначенной модели.

По мнению А.Н.Дахтина, в настоящее время среди ученых нет единого мнения в оценке содержания и структуры педагогического моделирования и проектирования [2]. Моделированию как научному методу исследования посвящены работы философов Б.А. Глинского, Б.С. Грязнова, Б.С. Дынина, Е.П. Никитина, В.А. Штофа; педагогов С.И. Архангельского, А.П. Беляева, В.П. Беспалько, В.И. Журавлева, А.А. Кирсанова, В.В. Краевского, В.К.Белашапка, М.Е.Дуранова, А.Я.Найна и др.

Значительный вклад в теорию и практику моделирования внес Р. Шеннон, который следующим образом определяет понятие модели: «Модель является представлением объекта, системы или понятия в некоторой форме, отличной от формы их реального существования» [5].

По мнению М.Е. Дуранова, модель в педагогическом исследовании отражает: системный состав элементов процесса; воспроизводящие элементы системы; характер связи между элементами системы; функции, выполняемые элементами и моделью (системой) в целом, условия функционирования педагогической системы [4].

М.Е.Дуранов, О.В.Лешер, В.И.Жернов, говоря о моделировании, отмечают, что модель – это идеализированное представление о соответствии ее реальному объекту исследования. Теоретическое представление о педагогическом процессе и есть его моделирование [3].

При разработке модели процесса развития математической направленности студентов технического вуза мы опирались на следующие подходы: системный, личностно-ориентированный, деятельностный, аксиологический, компетентностный, рефлексивный, задачный. При этом системный, личностно-ориентированный, деятельностный подходы выступают в качестве общеметодологических, остальные – в качестве конкретно-методологических.

Поскольку сущность названных подходов достаточно основательно представлена в научно-педагогической литературе, то мы не будем останавливаться на их подробном описании, отметим только особенности их использования применительно к проблеме развития математической направленности студентов технического вуза в процессе математической подготовки.

Системный подход (представителями этого подхода являются Ю.К.Бабанский, В.Н. Садовский, Г.Н.Сериков, Э.Г.Юдин, Т.А.Ильина и др.) позволяет исследовать понятие математической направленности студентов технического вуза как целостную систему, определить структуру, содержание и функциональные связи (внутрисистемные и внешние), определить условия эффективного функционирования системы развития математической направленности.

Личностно-ориентированный подход (представители данного подхода – В.А.Беликов, Л.С.Выготский, А.Н.Леонтьев, А.В.Хуторской, И.С.Якиманская и др.) – в центре организуемого процесса развития математической направленности стоит личность студента с ее индивидуально-психологическими особенностями. Применение данного подхода предполагает создание условий для саморазвития и личностного роста будущих специалистов. Личностно-ориентированный подход в рамках нашего исследования заключается в ориентации процесса развития математической направленности на развитие их личностных качеств как цель, результат и главный критерий его эффективности, проектирование содержания, методов и средств обучения осуществляется с учетом индивидуальных особенностей развития их математической направленности.

Согласно деятельностному подходу (представители подхода – В.А.Беликов, А.Н.Леонтьев, С.Л.Рубинштейн, Д.Б.Эльконин и др.) развитие математической направленности личности студента – будущего спе-

специалиста технического профиля возможно только при включении их в математическую деятельность. Движущей силой деятельности являются потребности. Деятельность – основа формирования активности личности. Активность связана со структурой деятельности, в которую входят мотивы (потребности)-цели-действия-операции.

Согласно аксиологическому подходу (представители подхода – В.А.Сластенин, О.В.Лешер, А.В.Кирьякова и др.) математическое образование студента технического университета является ценностью для его профессиональной личности. Математическая направленность студента является средством повышения его профессионального потенциала, профессионального развития, саморазвития и самосовершенствования. Признание личности студента – высшей ценностью общества.

Компетентностный подход (представители подхода – И.А.Зимняя, Т.Е.Климова, А.В.Хугорской, В.Д.Шадриков и др.) позволяет через выделение компетенций, относящихся к математическому образованию студентов технического университета, реализовать личностно-ориентированный подход к содержанию и результатам образовательного процесса по развитию математической направленности.

Рефлексивный подход (представители подхода – К.А.Абульханова-Славская, Г.Г.Гранатов, А.Я.Найн, Н.Я.Сайгушев и др.) позволяет вывести данный процесс развития математической направленности на личностно-осознанный уровень за счет активизации механизмов самопознания и самореализации. Рефлексивный подход позволяет сделать исследуемый процесс более управляемым, обеспечивая переход от развития к саморазвитию, становится возможным предвидение, прогнозирование развития математической направленности студентов технических специальностей.

Задачный подход (представители подхода – В.И.Андреев, Г.А.Балл, В.В. Сериков, Л.М. Фридман и др.) позволяет представить содержание математического образования в виде системы учебных задач, направленной на формирование компонентов математической направленности студентов, организовать процесс развития математической направленности на практике и реализовать методику его эффективного развития.

При моделировании процесса развития математической направленности нами учитывались результаты анализа состояния проблемы развития математической направленности в теории и практике высшего профессионального образования, особенности личности и профессиональной деятельности будущего специалиста, что позволяет сделать вывод о том, что значительное внимание в процессе развития данного вида направленности должно быть уделено мотивационно-потребностной сфере, ценностным ориентациям, когнитивной и рефлексивной сферам.

Структурно-функциональная модель процесса развития математической направленности студентов технического вуза в процессе математической подготовки представлена следующими блоками: целевым (цели

и задачи), теоретико-методологическим (научные подходы, принципы, педагогические условия), содержательным (этапы развития математической направленности студентов, методы, приемы, формы, средства), оценочно-результативным (уровни, критерии, показатели).

Педагогические условия мы рассматриваем, придерживаясь мнения В.А.Беликова, А.Я.Найна и других педагогов, как существенный компонент педагогического процесса, интегрирующий в себе определенную совокупность мер (объективных возможностей) педагогического процесса и направленный на достижение поставленной цели. Совокупность мер (объективных возможностей) – это внешние характеристики рассматриваемого педагогического объекта (содержание, формы, методы), ориентированные на определенные взаимоотношения с внутренним миром студента [1].

В нашем исследовании мы выделили комплекс педагогических условий, способствующий эффективному развитию математической направленности в рамках обозначенной модели:

- 1) необходимость повышения мотивации студентов к изучению математики, интеграция естественно-научных, общепрофессиональных и специальных практических дисциплин;
- 2) формирование ценностного отношения студентов к математическим знаниям;
- 3) готовность преподавателя к управлению процессом развития математической направленности студентов.

Список литературы

1. Беликов, В.А. Особенности моделирования содержания математического образования студентов педвузов в процессе их профессиональной подготовки / В.А.Беликов, Е.А. Москвина // Вестник ЧГПУ. 2007. №2. С.20-28.
2. Дахтин, А.Н. Педагогическое моделирование: сущность, эффективность и неопределенность / А.Н. Дахтин // Педагогика. 2003. №4. С.21-26.
3. Дуранов, М.Е. Педагогика воспитания и развития личности учащихся / М.Е. Дуранов, В.И. Жернов, О.В.Лешер. Магнитогорск: МГПИ, 1996. 315 с.
4. Дуранов, М.Е. Профессионально-педагогическая деятельность и исследовательский подход к ней: монография / М.Е. Дуранов. Челябинск: ЧГАКИ, 2002. 276 с.
5. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: пер. с англ./ Р. Шеннон. М.: Мир, 1978. 302 с.

З.С. Акманова, Е.И. Захаркина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДИСЦИПЛИН МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Изменения в области профессионального образования назрели в связи с принятием Россией европейских стандартов образования, а также постоянно меняющимся рынком труда. Современное образование не отвечает многим требованиям также и потому, что часто базируется на принципах, заложенных в советское время. В связи с назревшими изменениями возникла необходимость рассмотрения понятия профессиональная мобильность с новой точки зрения.

К понятию мобильность часто обращались ученые совершенно разных областей науки. В середине прошлого века профессиональная мобильность заинтересовала ученых-социологов (С.А. Кугель, Г.Н. Соколова) и рассматривалась в основном как процесс перехода индивида из одной сферы деятельности в другую. Например, смена рабочего места или переход из одной социальной группы в другую. Часто эти изменения обуславливали внешними причинами, не зависящими от личности индивида.

В советское время понятие профессиональная мобильность трактовалось достаточно узко еще и потому, что был невозможен резкий переход от одного вида деятельности к другому, или резкая смена стандартов производства. Это обусловлено закрытостью производственной сферы от мировых тенденций, меньшей информатизацией, а также особым типом мышления специалиста того времени. Человек был зачастую не готов к переменам, не проявлял инициативы [1].

При переходе к постиндустриальному обществу мы видим кардинальные изменения как в производственной сфере, а именно появление новых технологий, быстрая их смена, так и существенные изменения в мышлении работника. В настоящее время специалист критически оценивает ситуацию и готов к быстрой смене сферы деятельности, к необходимости приспосабливаться к новым условиям труда и осознает необходимость постоянного движения вперед.

В связи с этим понятие профессиональная мобильность рассматривается с новых точек зрения, оно включает в себя не только статистическую оценку ситуации, но и личностную составляющую самого специалиста. Мобильность представляется одной из важнейших характеристик успешного, перспективного специалиста. В литературе встречается несколько определений профессиональной мобильности.

С.Е. Каплина говорит о профессиональной мобильности как об интегративной характеристике готовности инженера к успешной адаптации в условиях производства, включающей в себя совокупность базовых ком-

понентов профессиональной культуры (ключевые компетенции и квалификации) и профессиональной компетентности (высокий интеллект, креативные способности, профессионализм), позволяющих ему быть конкурентоспособным на рынке труда [3]. Выбор именно этих компонентов в определении понятия мобильности специалиста объясняется направленностью на человека и общественные потребности. Выделенные компоненты «отражают общемировые тенденции, обуславливающие подготовку профессионально мобильных инженеров в соответствии с современной образовательной политикой».

В работе Л.П. Меркуловой приводится следующее определение профессиональной мобильности: «профессиональная мобильность есть свойство личности специалиста, интегрирующее профессиональные компетенции и адаптивно важные качества, являющиеся её структурными компонентами; содержание профессиональной мобильности, выражающей качество профессиональной подготовки, представлено горизонтальной (способность к выполнению профессиональных функций), вертикальной (компетенции) и внутренней (мотивационно-целевые установки специалиста) составляющими мобильности» [4].

Л.А. Амирова описывает профессиональную мобильность как ценностно-смысловой конструкт личности, как всеохватывающую психическую данность, позволяющую объединить знания, умения, опыт, направленность, личностные качества и способности в единое целое и отражающую наивысший уровень профессиональных достижений человека [5]. В рассматриваемой работе профессиональная мобильность представляется базовой и инструментальной ценностью личности специалиста, поддается целенаправленному развитию и является основной целью при подготовке студента в условиях вуза.

При анализе работ, посвященных развитию профессиональной мобильности специалиста, видим, что мобильность определяется как качество личности. Наличие развитой профессиональной мобильности говорит о сформированности специалиста. Развитие профессиональной мобильности выпускника вуза – это то, к чему должны стремиться преподаватели на всех уровнях обучения.

Однако, несмотря на интерес исследователей к различным аспектам проблемы формирования профессиональной мобильности будущих инженеров, есть основание считать, что в теории и практике профессионального образования имеется еще немало неисследованных вопросов. Недостаточно разработанными остаются вопросы, требующие определения формирования профессиональной мобильности будущих инженеров в процессе изучения предметов математического цикла, а также разработки технологии их реализации в учебном процессе в высшей школе. В научных работах не раскрыты возможности математики как средства формирования профессиональной мобильности, что не удовлетворяет объективным потребностям образовательной практики, а следовательно, требует выявления всего потенциала данного блока дисциплин.

Исследователями были рассмотрены проблемы развития профессиональной мобильности средствами иностранных языков, гуманитарных дисциплин. Хотелось бы изучить данное явление с точки зрения математики, потому что математика – предмет, имеющий огромное значение для студента технического вуза. Она обладает мировоззренческим потенциалом, заключающимся, прежде всего, в ее межпредметных связях, которые раскрываются в учебном процессе при решении прикладных задач из различных предметных областей. Благодаря хорошему усвоению математического аппарата перед специалистом открываются новые возможности для решения профессиональных проблем. Часто успешное решение поставленной задачи требует высокого уровня развития следующих качеств личности: умение выделять важнейшие аспекты проблемы, умение отстаивать свою точку зрения и работать в коллективе, рассматривать знакомые методы решения в новом контексте. При решении комплексных задач студент учится комбинировать знания, искать наиболее рациональный способ решения. Все эти качества являются неотъемлемой частью личности профессионально мобильного специалиста.

Таким образом, можно сказать, что сегодня идея формирования личности профессионально мобильного инженера на основе применения принципов, методов и средств дисциплин математического цикла является важной задачей педагогики. На пути решения этой задачи возникает ряд противоречий. Среди них:

- востребованность специалистов технического профиля, обладающих высокой степенью профессиональной мобильности, которая не подкреплена достаточным уровнем подготовки выпускников вуза к успешному решению профессиональных задач в условиях быстро меняющегося рынка;
- необходимость в реализации потенциала дисциплин математического цикла для формирования профессиональной мобильности будущих инженеров не обеспечена его изученностью в педагогической науке и практике;
- успешность развития профессиональной мобильности будущих инженеров в процессе изучения математики затруднена отсутствием четко обозначенных педагогических условий.

Необходимость разрешения обозначенных противоречий и определила проблему исследования: формирование модели и определение педагогических условий развития профессиональной мобильности будущих инженеров средствами дисциплин математического цикла.

Список литературы

1. Келле В.Ж., Кугеля С.А. Научные кадры СССР: динамика и структура. М.: Мысль, 1991. 284 с.
2. Гвишиани Д.М., Микулинского С.Р., Кугель С.А. Научно-техническая революция и изменение структуры научных кадров СССР. М., 1973.

3. Каплина С.Е. Концептуальные и технологические основы формирования профессиональной мобильности будущих инженеров в процессе изучения гуманитарных дисциплин: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Чебоксары, 2008. С. 47.
4. Меркулова Л.П. Формирование профессиональной мобильности специалистов технического профиля средствами иностранного языка: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Самара, 2008. С. 40.
5. Амирова Л.А. Развитие профессиональной мобильности педагога в системе дополнительного образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Уфа, 2009. С. 44.

УДК 669:18.001

Ю.А. Колесников, Б.А. Буданов, Д.С. Сергеев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОПИСАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕАКЦИОННЫХ ЗОН В КОНВЕРТЕРЕ С ВЕРХНЕЙ ПОДАЧЕЙ ДУТЯ

В конвертерных процессах с верхней подачей кислородного дутья эффективность процессов окислительного рафинирования в значительной степени зависит от аэрогидродинамических условий в рабочем пространстве конвертера в период продувки [1, 2]. В нижней части рабочего пространства (конвертерной ванне) активно взаимодействуют кислородное дутье, находящиеся там металлические шихтовые материалы, футеровка и дополнительные реагенты в виде кусковых, порошковых, газообразных, а иногда и жидких материалов.

С момента подачи кислородного дутья начинается активное взаимодействие высокоскоростных газовых струй с поверхностью ванны в локальных участках. В жидкой ванне каждая струя дутья образует реакционную зону, состоящую, по крайней мере, из двух частей: первичной и вторичной реакционных зон.

Первичная реакционная зона – это область непосредственного взаимодействия струи дутья (с развивающимися на ее поверхности процессами горения компонентов газшлакометаллической эмульсии) с металлом. В газовую струю вовлекается (эжектируется) жидкий металл, дробится на капли. Крупные капли деформируются, разрываются на более мелкие, образуя огромные реакционные поверхности газожидкостной системы, движущейся сверху вниз [3]. По мере движения сопротивление окружающей среды возрастает, а скорость потока уменьшается. Кислород дутья практически полностью расходуется на окислительные процессы. В отдельных случаях в периферийных участках могут отрываться газовые пузырьки.

В первичной реакционной зоне наблюдаются самые высокие температуры (2500–2600°C), близкие к температуре кипения металлического расплава. Это способствует растворению в металле значительных количеств газов, в том числе и кислорода. При этих температурах происходит интенсивное испарение веществ.

Эжектированные частицы шлака и продукты сгорания элементов расплава, образующиеся в первичной реакционной зоне и состоящие преимущественно из оксидов железа, поступают во вторичную реакционную зону. В этой зоне оксиды железа в основном расходуются на окислительные процессы и частично всплывают в шлак с различной глубины. Здесь преимущественно окисляется углерод.

По уровню температур вторичная реакционная зона - это переходная область между основной массой металла и первичной реакционной зоной. Поэтому здесь наряду с оксидами железа в окислительных процессах участвует и кислород, выделяющийся из перекисленного металла при более низких температурах.

Поступление газов из первичной реакционной зоны и образование их во вторичной вызывает направленное движение газошлакометаллической системы во вторичной зоне снизу вверх. Периодически образуются крупные газовые объемы, приводящие к пульсациям реакционной зоны. Выход газов на поверхность ванны сопровождается разбрызгиванием металла и всплесками. Брызги и капли металла в большей массе попадают в шлак и задерживаются в нем в виде корольков, а также частично вместе с другими конденсированными из паров веществами выносятся из конвертера газами в виде пыли.

Фрагмент конвертерной ванны, отражающий структуру реакционной зоны при подаче кислорода через одно сопло, ось которого наклонена к вертикальной оси фурмы, показан на рис. 1.

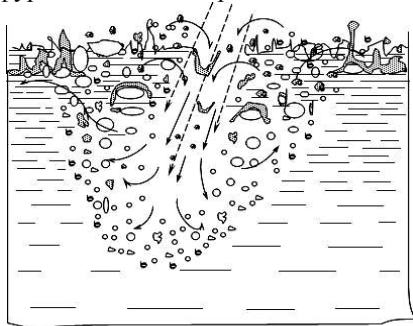


Рис. 1. Структура реакционной зоны при подаче кислорода через одно сопло, ось которого наклонена к вертикальной оси фурмы

Форма и размеры реакционной зоны, ее место в конвертерной ванне зависят от взаимодействия силы и направления движения кислородной струи и сил сопротивления жидкого расплава.

Теоретические и экспериментальные исследования [3, 4] показывают определяющее влияние на глубину погружения струи дутья в ванну импульса струи. Так как глубина проникновения газовой струи в жидкость зависит от плотности фаз, скорости струи и ее диаметра, то соотношение инерционных сил струи и выталкивающих сил жидкости (критерий Архимеда) обычно используется для расчета размеров реакционной зоны. При этом эмпирические расчетные уравнения являются степенными функциями критерия Архимеда.

Таковыми уравнениями трудно пользоваться, так как в них входят величины, определение которых требует сложных замеров или расчетов: скорости потоков, температуры, геометрии поверхности и других в месте контакта фаз.

Задачу определения геометрических размеров реакционной зоны можно упростить, если воспользоваться балансовыми соотношениями между реагентами в этой части конвертерной ванны и ограничить область распространения первичной и вторичной реакционных зон простейшими геометрическими фигурами. Если предположить, что в первичной реакционной зоне весь кислород дутья расходуется на тотальное окисление всех химических элементов расплава, то, зная секундный расход кислорода, можно определить массу и объем металла, сгорающего в первичной реакционной зоне. Тогда, придав этой области форму конуса, определим его высоту, т.е. длину первичной реакционной зоны. При этом площадь основания конуса определяется по массовому расходу дутья и его скорости на входе в зону взаимодействия с расплавом.

Например, при продувке 6-сопловой фурмой в конвертере с интенсивностью 1200 м³/мин через каждое сопло подается 200 м³/мин или 3,3 м³/с технической чистого кислорода. Если струя имеет околосвуковую скорость порядка 280 м/с, то площадь ее контакта с расплавом составит 0,0119 м² диаметром 0,123 м.

Пусть в начале продувки эта струя попадает на поверхность жидкого чугуна, содержащего 4,5% углерода, 0,8% кремния, 0,4% марганца, 0,1% фосфора, 0,03% серы и остальное (94,17%) железо. При полном окислении этих химических элементов их общий массовый расход составит 13,98 кг/с. С учетом плотности расплава его объемный расход – 0,002 м³/с. Если этот объем имеет форму конуса, то его высота (длина первичной реакционной зоны) – 0,5 м.

В конце продувки жидкий расплав содержит 0,05% углерода, 0,0% кремния, 0,05% марганца, 0,01% фосфора, 0,015% серы и остальное (99,88%) железо. За секунду такого расплава окислится 16,63 кг или 0,0024 м³. В этих условиях длина первичной реакционной зоны составит 0,6 м. Таким образом, во время продувки длина первичной реакционной зоны меняется в пределах 0,5–0,6 м.

Вторичная реакционная зона не имеет устойчивых границ и занимает в расплаве пространство, заполненное газовыми пузырями в форме усеченного конуса (точнее параболоида вращения), размеры которого можно

определить по объему и скорости всплывающих газовых пузырей. Для условий начала продувки с учетом средней температуры этой зоны 2000 °С, скорости всплывания пузырей 5 м/с и степени восстановления оксидов железа в пределах вторичной реакционной зоны 80 % глубина зоны составляет 1,2 м, а диаметр – 1,6 м. К концу продувки размеры вторичной реакционной приближаются к размерам первичной.

Расположение реакционных зон в объеме конвертерной ванны зависит от количества сопел в кислородной фурме, угла наклона оси сопла к оси фурмы и расстояния от наконечника фурмы до поверхности металла (положения фурмы). Схема расположения реакционных зон для продувки 6-сопловой фурмой с углом наклона оси сопел 20° показана на рис. 2.

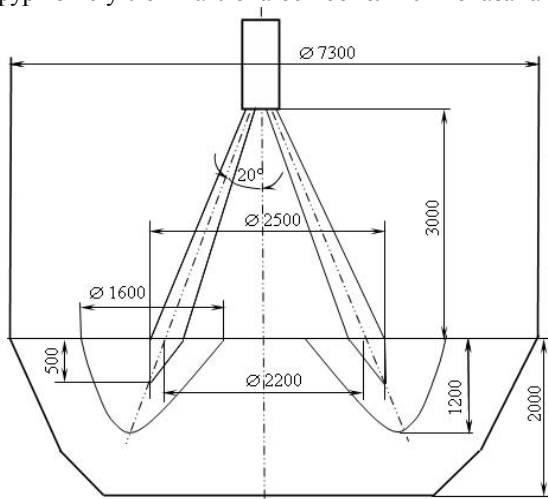


Рис. 2 Схема расположения реакционных зон в конвертерной ванне при продувке 6-сопловой фурмой

Список литературы

1. Вдовин К.Н., Колесников Ю.А. Основы производства стали. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 289 с.
2. Колесников Ю.А., Буданов Б.А. Особенности аэродинамики кислородной струи при продувке металла в конвертере сверху // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2010. Вып. 10. С. 78 – 85.
3. Баптизманский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. М.: Металлургия, 1975. 375 с.
4. Явойский В.И., Дорофеев Г.А., Повх И.Л. Теория продувки сталеплавильной ванны. М.: Металлургия, 1974. 496 с.

З.И. Костина, С.А. Крылова, И.В. Понурко
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

О СОСТОЯНИИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЕКТА ООО «КомПас-МГТУ»

Многолетняя практика показала, что многие результаты интеллектуальной деятельности (РИД) вуза редко доходят до стадии внедрения в производство. Но ситуация начала меняться, когда в 2009 году в РФ вышел ФЗ №217 «...по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) РИД».

Создание хозяйственных обществ на базе университета дает следующие преимущества:

- повышение имиджа и рейтинга в профильной деятельности и при оценке научно-инновационной деятельности вуза;
- создание креативной среды в процессе обучения студентов при слиянии образовательной и исследовательской деятельности за счет использования общества в качестве лабораторно-практической базы;
- сохранение площадей университета при снижении объема образовательных услуг;
- создание новых рабочих мест.

С целью коммерциализации РИД в 2011 году в ФГБОУ ВПО «МГТУ» была создана комиссия по оценке патентов и «ноу-хау» и объявлен конкурс инновационных бизнес-проектов (БП). По результатам конкурса были отобраны несколько БП, один из которых был разработан авторами настоящей статьи.

Комиссией было принято решение создать хозяйственные общества: два – на основе «ноу-хау» и один – на основе патента. На основе патента* было создано ООО «КомПас-МГТУ».

ООО «КомПас-МГТУ» ориентирован на производство ингибитора для защиты систем водоводов от коррозии и солеотложений.

Появлению ООО «КомПас-МГТУ» предшествовала продолжительная работа коллектива авторов, в результате которой:

- 1) были определены требования к ингибитору, на основе которых выбраны компоненты состава ингибитора для улучшения состояния водоводов города Магнитогорска;
- 2) проведены лабораторные и полупромышленные испытания ингибитора;
- 3) получен патент на некоторые составы ингибитора;

* Пат. 2303084 РФ. Композиция для защиты от коррозии и солеотложений систем водоснабжения и водоотведения / Костина З.И., Никифоров Б.А., Костин В.Ф., Крылова С.А., Понурко И.В., Слобожанкин Г.С.(РФ).

- 4) выбраны основные параметры оборудования для производства ингибитора;
- 5) подобраны поставщики оборудования;
- 6) составлены заявки на изготовление нестандартного оборудования;
- 7) заключены договоры на поставку оборудования;
- 8) составлен план производственного участка ООО «КомПас-МГТУ» в соответствии с требованиями СНиП;
- 9) подобрано помещение для производственного участка на территории технопарка;
- 10) закуплено основное оборудование.

На этапе первого года существования ООО «КомПас-МГТУ» намечены следующие мероприятия:

- корректировка технологической схемы производства ингибитора «КОМФОС», представленной в БП, с учетом первоначальной производственной мощности хозяйственного общества;
- закупка необходимых реактивов и вспомогательного оборудования;
- отработка технологического процесса на приобретенном оборудовании;
- применение опытных образцов ингибитора на различных объектах;
- составление рекомендаций по использованию ингибитора в конкретных условиях заказчика;
- проведение научных исследований по совершенствованию продукции.

В настоящее время проводятся работы по подготовке производственного участка на территории технопарка. Приобретенное оборудование располагается на складе университета.

Реализацию продукции ООО «КомПас-МГТУ» предполагает проводить в комплексе с предварительным анализом состояния объекта водоподготовки на основе договора с потребителем. Состав ингибитора и способ его применения рекомендуются потребителю в зависимости от расхода воды, ее качества, места установки шлюза для ингибитора и др.

УДК 669.187.2.046

А.Ф. Миляев, Д.В. Лисичкин, К. А. Долбилов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

А.В. Авдиенко, А.М. Сысоев, Е.Х. Исебаев

ЗАО «МРК» ОАО «ММК»

МОДИФИЦИРОВАНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ ЛИТЕЙНЫХ СТАЛЕЙ КОМПЛЕКСНЫМИ КАЛЬЦИЙ-БАРИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ

В существующих условиях единого литейного цеха ЗАО МРК обработку расплава осуществляли 2 типами порошковой проволоки марок «Forsteel-12» (290 г наполнителя на погонный м) и СКБа 10 (280 г/пог. м),

состав наполнителей которых представлен в табл. 1. Внешний диаметр ПП составляет 14 мм, количество вводимой порошковой проволоки в ковш в пределах 70–150 м (от 15 до 40 кг), скорость ввода – 70–80 м /мин. Также осуществляли продувку металла в ковше аргоном – малым напором в процессе ввода проволоки и повышенным (без оголения поверхности металла) напором – в течение 5–8 мин после завершения подачи проволоки.

Таблица 1

Химический состав наполнителей порошковой проволоки

| Марка | Химический состав, вес. % | | | | | |
|-----------------|---------------------------|------|-----|-----|------|------|
| | Ca | Si | Al | PЗМ | Ba | Fe |
| СКБа10 | 16,2 | 50,2 | 1,4 | - | 11,9 | Ост. |
| Forsteel12 (FS) | 12,7 | 42,2 | 1,1 | 9,3 | 13,4 | Ост |

Массив плавков без обработки модификатором, обработанных одним видом модификатора или несколькими модификаторами, составил более 200 плавков. В паспортах плавков фиксировали химический состав сталей в печи перед выпуском, в ковше и после обработки на трайб-аппарате, состав шлаков, температуру металла, расход модификаторов и механические свойства сталей.

В работе рассматривается влияние расхода таких активных элементов, как кальций, барий, их сумма и алюминий на механические свойства низкоуглеродистых литейных сталей при обработке их в ковше на трайб-аппарате.

Плавки подвергались статистической обработке в таблицах Excel.

Обобщенные данные по свойствам стали 25Л по рассматриваемому массиву представлены в табл. 2.

Таблица 2

Механические свойства стали 25Л при обработке различными модификаторами

| Модификатор | Число плавков | Расход, м | σ_r , МПа | σ_b , МПа | δ , % | Ψ , % | KCU, кДж/м | НВ |
|------------------|---------------|-----------|------------------|------------------|--------------|------------|------------|--------|
| СКБа 10 | 24 | 88,3 | 278,58 | 506,62 | 16,75 | 38,5 | 77,37 | 146,79 |
| СКБа +FS | 36 | 66,8+82,4 | 289,9 | 501,32 | 23,27 | 43,73 | 87,38 | 149,7 |
| FS | 14 | 94,3 | 288,6 | 512,5 | 20,64 | 40,42 | 83,14 | 149,1 |
| Без модификатора | 64 | 0 | 292,8 | 512,5 | 20,3 | 38,1 | 77,8 | 149,35 |

Анализ влияния расхода порошковой проволоки с наполнителем СКБа 10 и Forsteel 12 (FS) был проведен ранее и результаты его изложены в работах [1,2].

Представляет интерес изменение содержания кальция в металле. Влияние расхода кальция и бария в порошковой проволоке модификатора СКБа на механические свойства стали 25Л представлено на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что повышенный расход кальция понижает механические свойства стали 25Л. В то же время с повышением расхода бария механические свойства стали 25Л слабо растут. Следовательно, можно

говорить о большой эффективности использования бария в составе порошковых проволок.

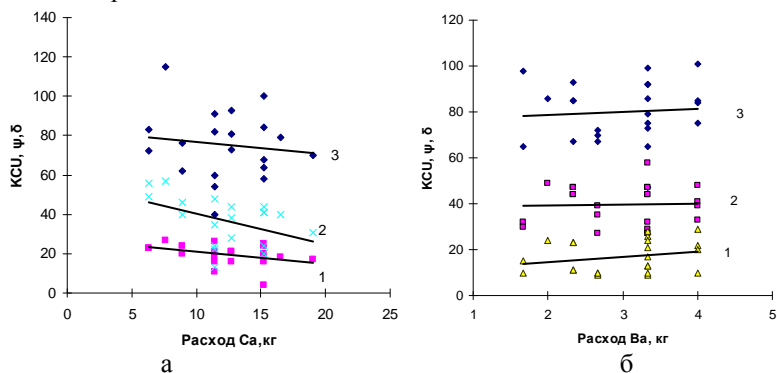


Рис. 1. Влияние расхода Са (а) и Ва (б) в порошковой проволоке модификатора СКБа на механические свойства стали 25Л1: 1 – δ ; 2 – ψ ; 3 – KCU

Было рассмотрено влияние совместного расхода активных модификаторов кальция и бария (рис. 2,а) и влияние общего расхода кальция, бария и РЗМ (рис.2,б).

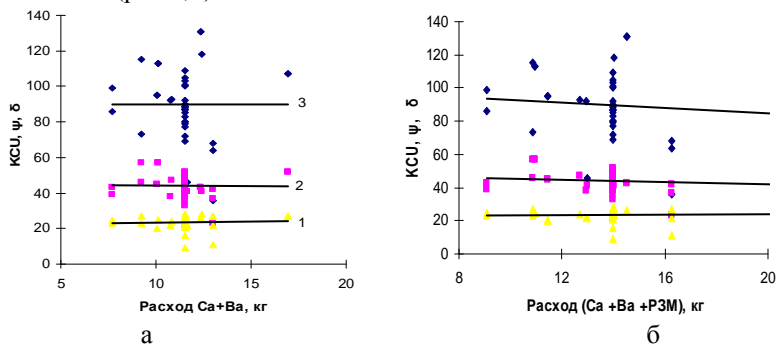
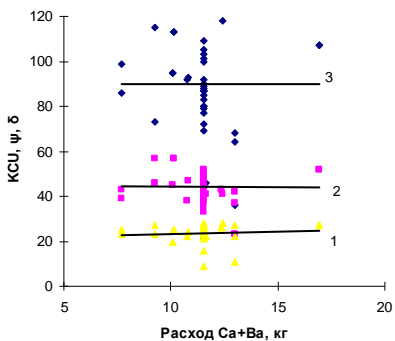


Рис.2. Влияние расхода Са + Ва в модификаторе СКБа (а) и Са+ Ва+РЗМ в модификаторе FS (б) на механические свойства стали 25Л1: 1 – δ ; 2 – ψ ; 3 – KCU

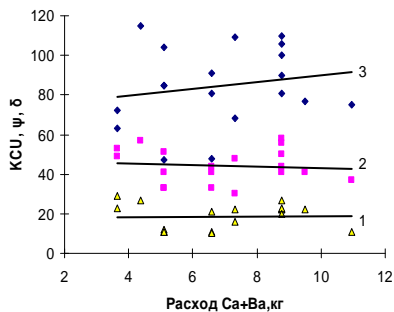
Влияние расхода Са + Ва и Са+ Ва+РЗМ на улучшение механических свойств стали отмечено не было. Также не произошло изменение механических свойств стали и при совместном расходе СКБа и FS (рис.3,а).

Из рис. 3,б видно, что из всех анализируемых свойств расход Са+Ва модификатора FS положительное влияние оказывает только на ударную вязкость.

Рассмотрели влияние содержания алюминия в готовой стали, при обработке модификаторами СКБ (рис.4,а) и СКБ+FS (рис.4,б).

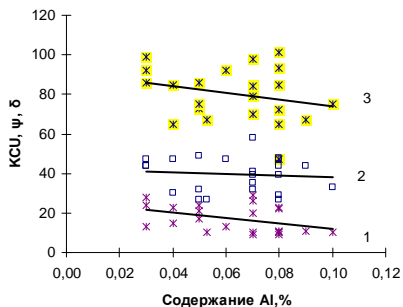


а

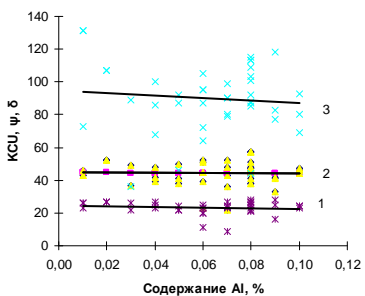


б

Рис.3. Влияние расхода Са+Ва в модификаторах СКБа+FS (а) и FS (б) на механические свойства стали 25Л: 1 – δ ; 2 – ψ ; 3 – KCU

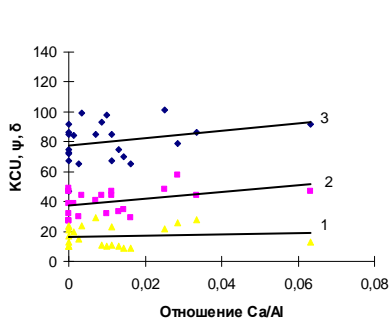


а

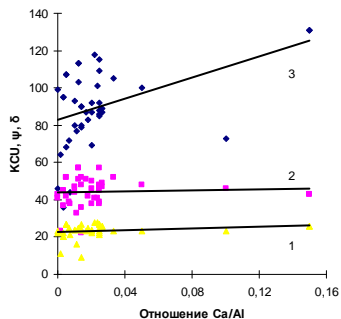


б

Рис.4. Влияние содержания алюминия в стали, обработанной модификаторами СКБ (а) и СКБ+FS (б) на механические свойства стали 25Л: 1 – δ ; 2 – ψ ; 3 – KCU



а



б

Рис.5. Влияние соотношения Са/Al в металле на δ (1), ψ (2) и KCU (3) при обработке металла модификатором СКБ (а) и СКБ+ FS (б)

Из рис. 4 следует, что повышение содержания алюминия в готовой стали приводит к понижению пластических свойств при применении рассматриваемых модификаторов, причем заметнее при использовании СКБа. В этом случае проявляется неблагоприятная форма глиноземистых неметаллических включений.

Положительно сказывается на улучшении свойств металла повышенное отношение Са к Al (рис. 5). Кальций изменяет морфологию неметаллических включений, способствуя их глобулизации, что положительно сказывается на росте анализируемых механических свойств.

Таким образом, анализ показал положительное влияние на свойства стали, в первую очередь, бария и отношения содержания кальция к алюминию. Повышенный расход алюминия снижает пластические свойства металла.

Список литературы

1. Миляев, А.Ф., Лисичкин Д.В. Анализ механических свойств стали 25Л, выплавляемой в электрической печи ДСП-25 // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. Вып.10. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. С. 117-120.
2. Механические свойства стали 25Л при внепечной обработке различными модификаторами / Миляев А.Ф., Лисичкин Д.В., Долбилов К.А., Авдиенко А.В., Сысоев А.Х., Исебаев Е.Х. // Литейные процессы: сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Носова, 2011. Вып.10. С.17-22.

УДК 614.841.332:620.197.6

Т.М. Мурикова, Д.А. Чернякова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ЗАЩИТА ОТ ОГНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОММУНИКАЦИЙ

При наступлении пожара очень важно сохранить целостность здания как можно больший промежуток времени, что позволит вывести людей из горящего здания и сократить материальный ущерб от пожара. Вследствие этого важно повышать огнестойкость строительных конструкций.

Огнезащита строительных конструкций необходима для повышения фактического предела огнестойкости конструкций до требуемых значений.

Предел огнестойкости – показатель огнестойкости несущей и (или) ограждающей конструкции, определяемый временем (в минутах) от начала огневого испытания при стандартном температурном режиме до проявления одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний: потери несущей

способности, потери целостности, потери теплоизолирующей способности (по ГОСТ Р 53298).

Потеря несущей способности строительной конструкции при пожаре означает ее обрушение либо возникновение предельного прогиба или скорости нарастания предельных деформаций. Потеря целостности характеризуется образованием в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения и (или) пламя. Потеря теплоизолирующей способности проявляется повышением температуры на необогреваемой поверхности конструкции более чем на 140°C; в любой точке этой поверхности – более чем на 180°C в сравнении с температурой конструкции до испытания или более чем на 220°C независимо от температуры конструкции до испытания.

Для того чтобы избежать быструю потерю несущей способности строительной конструкции, используют различные материалы для повышения огнестойкости основных элементов здания: обетонирование, облицовка из кирпича, листовые и плитные облицовки и экраны, штукатурки, огнезащитные краски.

Огнезащитные покрытия делятся по своим свойствам на покрытия для дерева, кабелей, металлических конструкций и т.д.

1. Огнезащитные покрытия для дерева

В зависимости от назначения и области применения составы, используемые для огнезащиты древесины и изделий из нее, подразделяются на следующие виды:

лаки – они образуют на защищаемой поверхности тонкую прозрачную пленку, позволяющую сохранить текстуру древесины, обладают декоративными свойствами и защищают от возгорания и распространения пламени по поверхности;

краски, эмали – образуют на защищаемой поверхности тонкий непрозрачный слой различных цветов и оттенков (придающих декоративный вид), препятствующий возгоранию, распространению пламени по поверхности и защищающий от воздействия влаги; представляют собой смесь связующего, наполнителей и пигментов;

пасты, обмазки – наносимые на защищаемую поверхность составы пастообразной консистенции, защищающие от возгорания. Они отличаются от красок большей толщиной покрытия, более грубой дисперсностью наполнителей и не обладают достаточными декоративными свойствами;

пропиточные составы – водные растворы солей (антипиренов), наносимые на поверхность древесины, вводимые способом глубокой пропитки под давлением или способом прогрев – холодная ванна и снижающие ее пожарную опасность.

2. Огнезащита металлоконструкций

Под воздействием высоких температур при пожаре металлические конструкции деформируются, теряют несущую способность и устойчивость. Потеря несущей способности и деформация в результате пожара, например стальных колонн, вызывает обрушение ферм и в целом здания.

Одним из наиболее рациональных методов повышения огнестойкости металлоконструкций является применение огнезащиты.

Задача огнезащиты металлических конструкций заключается в создании на поверхности элементов конструкций теплоизолирующих экранов, выдерживающих высокие температуры и непосредственное действие огня. Наличие этих экранов позволяет замедлить прогревание металла и сохранить конструкции свои функции при пожаре в течение заданного периода времени.

Огнезащита подразделяется на 3 вида:

- нанесение теплоизоляционных штукатурок, которые состоят из гипса или цемента, перлитового песка или вермикулита, а также жидкого стекла;

- нанесение различных огнезащитных покрытий из асбеста или гранулированного минерального волокна, жидкого стекла и цемента;

- нанесение вспучивающихся красок, которые представляют собой сложные системы органических и неорганических компонентов.

Огнезащитное действие данных красок основано на вспучивании при температурах от 170 до 200°С и образовании пористой теплоизолирующей корки, толщина которой составляет несколько сантиметров.

В зависимости от облегченного покрытия, толщины покрытия, конструктивных огнезащитных плит и листов обеспечивается предел огнестойкости стальных конструкций от 0,8 до 2,5 ч. Вспучивающиеся краски используются только для огнезащиты стальных конструкций в течение от 0,75 до 1 ч. Обеспечение предела огнестойкости металлических конструкций, почти 0,5 ч, достигается путем увеличения их массивности за счет увеличения размера сечений.

3. Огнезащитные покрытия для электрических кабелей

При возгорании кабелей может наблюдаться быстрое распространение пламени по их поверхности, и задача огнезащиты замедлить или исключить данное явление. Электропроводка, особенно силовые кабели, из-за коротких замыканий, перегрузок нередко бывают причиной пожаров. Наиболее эффективным в этом плане являются огнезащитные покрытия вспучивающегося типа.

К наиболее часто используемым пассивным мерам обеспечения пожарной безопасности кабельных линий относится уменьшение массы горючих материалов, а также применение материалов с меньшей теплопроводностью, что достигается использованием:

- кабелей, не распространяющих горение (тип «НГ»);
- огнезащитных кабельных покрытий (ОКП).

ОКП применяется, если невозможно заменить обычные кабели на изделия исполнения «НГ». ОКП служат прежде всего для защиты уже смонтированных кабельных коммуникаций от предотвращения распространения горения по их поверхности. Данные покрытия основаны на применении вспучивающихся материалов, которые под воздействием пламени или тепла могут резко увеличиваться в объеме (в десятки раз) с образованием

твердой трудногорючей пены, имеющей низкую теплопроводность и высокую устойчивость к воздействию источника зажигания. Увеличение толщины ОКП повышает огнезащитную эффективность объектов защиты.

Таким образом, использование ОКП препятствует тепловому возгоранию кабелей, замедляет скорость распространения горения, уменьшает дымообразующую способность и температуру дыма, обеспечивает повышение пожароустойчивости кабеля, то есть увеличивает время его функционирования при пожаре.

В случае прокладки кабелей с индексом «НГ» и объемом горючего материала на один погонный метр менее 7 л проведение мероприятий по огнезащите не требуется.

4. Огнезащитные покрытия для бетонных конструкций

Железобетонные конструкции благодаря своей негорючести и небольшой теплопроводности хорошо сопротивляются пожару. Но, как правило, разрушение бетона возникает уже через 5–20 мин от начала огневого воздействия и проявляется как откалывания от нагреваемой поверхности кусков бетона.

Огнестойкость конструкций утрачивается в результате потери несущей способности за счёт снижения прочности теплового расширения и температурной ползучести арматуры и бетона при нагревании.

Для увеличения огнестойкости железобетонных конструкций используются в основном краски и штукатурки. Огнезащитное действие краски обусловлено образованием теплоизолирующего вспененного минерально-коксового слоя, препятствующего распространению огня и прогреву железобетонной конструкции. Повышает предел огнестойкости железобетонных конструкций до 150 мин.

Покрытие огнезащитное штукатурного типа представляет собой распыляемую однокомпонентную смесь на основе целевых добавок и минерального вяжущего (портландцемента). Покрытие применяется для повышения предела огнестойкости железобетонных конструкций (несущих и ограждающих стен зданий и сооружений, транспортных тоннелей, гаражей и т.п.) до 4-х часов.

5. Огнезащита металлических воздуховодов

Огнезащита для воздуховода рассматривается как неотъемлемый элемент при конструировании воздуховода. Применение огнезащитных составов для металлических воздуховодов является одним из способов повышения пределов огнестойкости конструкций.

Для огнезащиты воздуховодов используют огнезащитные материалы нескольких видов:

- конструктивная огнезащита воздуховодов (рулонные материалы);
- тонкослойные огнезащита воздуховодов (огнезащитные краски);
- толстослойные огнезащита воздуховодов (штукатурные составы).

К тонкослойным материалам, используемым для огнезащиты воздуховодов, относят краски, имеющие относительно невысокий предел огнестойкости. В основном это вспучивающиеся краски.

Т.В. Некерова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время в России сформировано большое количество техногенных образований в виде отработанных карьеров, отвалов и складов некондиционных руд, которые являются причиной загрязнения почв и вод тяжелыми металлами.

На Южном Урале насчитывается около 60 техногенных образований минерального сырья. Занимаемая ими площадь составляет порядка 10 тыс. га. По данным регионального министерства промышленности к 2011 году в Челябинской области в отвалах накоплено свыше 2,5 млрд м³ различных горных пород, 250 млн т отходов обогатительных и металлургических производств, около 100 млн т шлаков и золы теплостанций [1].

В настоящее время основным способом рекультивации карьерных выемок является затопление или выполаживание бортов карьера и нанесение на них почвенного слоя. К возможным способам освоения отработанных карьеров относится их использование в качестве рекреационных зон.

Масштабность горно-металлургического производства в Уральском регионе и отсутствие свободных территорий для размещения их отходов обуславливают экологическую и технологическую проблему.

Использование выработанного карьерного пространства для размещения промышленных отходов является одним из наиболее перспективных способов решения проблемы размещения отходов производства.

При использовании карьеров для размещения отходов необходимо в процессе проектирования и ведения горных работ предусмотреть ряд мероприятий: изменение схемы вскрытия; селективное складирование вскрышных пород; формирование обособленных емкостей (карт); изоляция дна и бортов карьеров с целью предотвращения проникновения загрязняющих веществ в окружающую среду; создание первоначального фронта работ по отсыпке промышленных отходов.

Разнообразие геологических, гидрогеологических условий и других особенностей месторождения не позволяет выбрать и разработать единые рекомендации по формированию выработанного пространства в виде емкости для размещения отходов.

Однако необходимо научное обоснование выбора и пригодности выработанного карьерного пространства для размещения промышленных отходов.

Анализ горнотехнической литературы показал, что в настоящее время разработана классификация карьерных выемок по возможности их использования для размещения промышленных отходов, учитывающая тип месторождения, глубину карьера, гидрогеологические условия, коэффициент

фильтрации пород, составляющих массив борта карьера, форму карьера в плане и класс опасности отходов. Использование данной классификации позволит на стадии проектирования нового месторождения определить направление и способы формирования карьерного пространства для размещения промышленных отходов различных классов опасности [2].

Разработаны технологические схемы размещения отходов в выработанном карьерном пространстве и их параметры. Выбор технологической схемы основывается на свойствах промышленных отходов: агрегатное состояние, класс опасности и возможность возгорания. Существуют следующие типы технологических схем размещения промышленных отходов: емкостный, периферийный и комбинированный [3].

Соблюдение экологических требований при размещении промышленных отходов предусматривает применение противодиффузионных экранов [4]. Условно выделяют два способа изоляции промышленных отходов при их размещении в горнотехнических сооружениях: конструкционный и технологический. Конструкционный – предусматривает применение различных специальных материалов (пленочные материалы, бетоны, железобетонные, бетонопленочные и т.д.) Технологический – предполагает применение добываемых пород при разработке карьера и обладающих необходимыми противодиффузионными свойствами (глины и скальные породы) [3].

Однако предотвращение проникновения загрязняющих веществ при использовании противодиффузионных экранов возможно только в карьерных выемках, обладающих достаточно высокой степенью устойчивости и надежности. Контролировать целостность изоляционного материала в отработанных карьерных пустотах практически невозможно. Поэтому на стадии проектирования необходимо рассмотреть возможности и технологические решения, позволяющие избежать повреждения экрана.

Основным условием сохранения целостности экранов является обеспечение устойчивого объемно-напряженного состояния откосов уступов и бортов карьеров. Неучтенный порой рост развития деформационных процессов в недрах при разработке месторождений приводит к катастрофическим последствиям.

Параметры отработанных бортов карьеров должны обосновываться с учетом их дальнейшего использования в качестве полигона для размещения промышленных отходов.

При проектировании карьера должна быть выработана единая стратегия формирования и технологии проведения технической рекультивации карьерного пространства с целью предотвращения загрязнения атмосферы, почв, горных пород, грунтов, подземных и поверхностных вод, выбору которой должна предшествовать эколого-экономическая оценка по выбору приоритетного направления её проведения.

Ярким примером отсутствия единой стратегии разработки и учета объемно-напряженного состояния массива горных пород при дальнейшей рекультивации месторождения является проект рекультивации карьера Балта-Тау (Республика Башкортостан). Карьер представляет собой затоплен-

ную выемку глубиной 55 м, на бортах наблюдаются оползни и обрушения. Проектом предусматривается проведение рекультивации на одном из бортов карьера с использованием твердых промышленных отходов 3, 4 и 5 классов в течение 21 года. Проектные материалы, предусматривающие, по сути, строительство полигона для захоронения отходов, получили отрицательное заключение государственной экологической экспертизы.

Вопросы обеспечения устойчивости бортов карьеров, используемых для размещения промышленных отходов, являются в настоящее время актуальными и требующими проведения исследований объемно-напряженного состояния массива горных пород с учетом их дальнейшего заполнения отходами. Именно обеспечение устойчивого состояния откосов бортов с учетом их дальнейшего использования для захоронения промышленных отходов позволит избежать роста развития деформаций, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф.

Необходимо исследовать влияние размещаемых промышленных отходов на устойчивость уступов и бортов карьеров.

Так, на верхних горизонтах карьера, сложенных мягкими породами, могут возникнуть оползни. С целью их предотвращения необходимо укреплять скальной вскрышей верхние горизонты карьера.

Для достижения требуемого коэффициента запаса устойчивости откосов бортов карьеров, пригодных для размещения промышленных отходов, необходимо использовать мероприятия технического и технологического характера.

К техническим мероприятиям относятся: механическое укрепление, упрочнение пород. Механическое укрепление осуществляется использованием контрфорса, железобетонных свай и подпорных стенок. Упрочнение пород достигается применением цементации, нагнетания укрепляющих растворов из полимерных материалов.

В качестве технологического мероприятия можно использовать обеспечение минимального коэффициента запаса устойчивости. Это возможно при ускоренной выемке горной массы и размещением отходов в карьере [5].

Использование карьерных выемок для складирования промышленных отходов позволит также решить проблему возможности возникновения землетрясений в уральском регионе, причиной которых может служить накопление на поверхности недр пород вскрыши, которые совместно с техногенными пустотами создают идеальную моментную пару нагружения поверхности. Такая ситуация в настоящее время сложилась на Коркинском угольном разрезе, глубина которого достигла 500 м.

Таким образом, ориентируясь на необходимость проведения технической рекультивации техногенных пустот с использованием промышленных отходов, формирование технологии отработки месторождения должно трансформироваться, поскольку в её задачи входит не только добыча полезного ископаемого, но и сохранение недр.

Одним из главных направлений комплексного освоения недр является сбалансированность техногенного воздействия на окружающую среду,

создание условий для его снижения, а также проведение комплекса мероприятий по сохранению и восстановлению природной среды, ландшафтов, экосистемы, видового состава растений и животных, что обеспечит снижение вредного воздействия человеческой деятельности на природную среду.

В связи с этим экологическая составляющая разработки месторождения и рекультивации с использованием промышленных отходов должна стать определяющей при формировании стратегии отработки месторождения.

Список литературы

1. Переработка и утилизация промышленных отходов Челябинской области / И.П. Добровольский, И.Я. Чернявский, А.Н. Абызов, Ю.Е. Козлов. Челябинск, 2000. С. 3-5.
2. Классификация карьерных выемок по возможности их использования для размещения промышленных отходов / Гавришев С.Е., Пыталев И.А., Павлова Е.В., Козловский А.А. // Черные металлы. 2011. № 6. С.29-33.
3. Козловский А.А. Обоснование параметров технологических схем размещения промышленных отходов в отвалах и выработанном пространстве карьеров: дис.... канд. техн. наук. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 148 с.
4. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию.
5. Пыталев И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск: МГТУ, 2008. 167 с.

УДК 316.485:378

О.В. Лешер, С.В. Петров

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОНФЛИКТ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЭМПАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА У СТУДЕНТОВ ВУЗА

Тема статьи совпадает с темой диссертационного исследования. Работа проводится под руководством профессора, доктора педагогических наук Лешер Ольги Вениаминовны. В статье рассмотрены основные аспекты проделанной работы за первый год исследования.

В исследовании ключевыми понятиями для изучения являются такие, на первый взгляд, разные понятия, как конфликт, педагогический конфликт, эмпатия, эмпатический потенциал.

Исследованием природы конфликта занимались ученые в различных областях науки. Основной вклад внесли исследования в области психологии, социологии, философии, педагогики. Однако каждый из исследователей рассматривал конфликт в конкретной области знания. В современном мире формируется отдельная отрасль научного знания, занимающаяся непосредственно изучением конфликта, его происхождением, динамикой развития и так далее. Конфликтология, как научное знание, формируется с недавних пор и объединяет под своим началом исследования в области внутриличностных, межличностных, межгрупповых конфликтов из различных областей научных знаний. При этом стоит отметить, что в западных странах исследование конфликта в научных работах встречается со второй половины XIX века, исследования отличаются прикладным характером и значительным разнообразием теоретических подходов к пониманию конфликтов и объяснению конфликтности общества, чем в отечественной конфликтологии. Исследования в области конфликтологии как самостоятельной науки зародились в нашей стране лишь в начале 90-х годов прошлого века.

По мнению А.Я. Анцупова и А.И. Шипилова, под конфликтом понимается наиболее острый способ разрешения значимых противоречий, возникающих в процессе взаимодействия, заключающийся в противодействии субъектов конфликта и обычно сопровождающийся негативными эмоциями [1, с. 17].

Также стоит отметить противоречия в трудах исследователей, относящиеся к практической пользе конфликта на различных этапах взаимодействия. Противоречие заключается в различных оценках влияния конфликта на жизнедеятельность участников конфликтов – о его позитивном или негативном влиянии. В нашем исследовании мы придерживаемся точки зрения А.Г. Здравомыслова, который определяет конфликт как нормальное общественное явление, одно из движущих сил социального прогресса [2, с. 109].

В.И. Сперанский отмечает, что, будучи одним из основных понятий, с помощью которого описывается всеобщий закон единства и борьбы противоположностей, понятие «конфликт» является не частонаучным, а философским, и поэтому конкретное содержание, вкладываемое в него в различных областях знания, может сильно различаться, иметь свои специфические особенности, динамику протекания и разрешения [4, с. 165-166]. Мы разделяем мнение ученого и считаем, что педагогический конфликт имеет ряд специфических особенностей, связанных с условиями возникновения и особенностями участников – это ролевая структура взаимодействия, различия в возрасте, рассогласования в системе мотивов и ценностей.

Определение педагогического конфликта приводит И.И. Рыданова. Она считает, что собственно педагогическими можно считать конфликты, возникающие в системе «преподаватель-студент», преодоление которых предполагает использование специфической технологии [2, с. 25].

И.И. Рыданова по характеру нарушаемых связей между преподавателем и студентом выделяет две основные группы конфликтов: деловые и личностные [150, с. 120-121]. Деловые конфликты обусловлены, по мне-

нию автора, несогласованиями, возникающими в предметной совместной деятельности; личные – разрывом контактов на основе нравственно-психологической несовместимости.

Выбранная нами тема напрямую связана с проходящими в обществе процессами. Нами отдельно выделяются такие жизненно необходимые в современном мире качества личности, как: толерантность, стрессоустойчивость, конфликтоустойчивость и специфическая черта личности – эмпатия. Под эмпатическим потенциалом И. М. Юсупов понимает «предрасположенность личности к вчувствованию-проникновению в объекты социальной природы, т.е. способность к принятию роли, аффилиацию и опыт данного переживания в эмоциональной памяти испытуемого» [5. с. 121]. Рассматривая данные качества сквозь призму нашего исследования, мы приходим к следующим выводам:

- процессы глобализации, происходящие в современном обществе, и особенно в России, зачастую ставят перед выпускниками и специалистами новые задачи, связанные, в основном, с взаимодействием и контактами с другими людьми. Эти люди могут быть носителями другой культуры, иной национальности. Жизненные принципы и нормы морали различаются среди жителей нашей планеты, и в процессе взаимодействия неизбежны конфликты. Однако проявление обозначенных выше нами качеств у личности, а именно конфликтоустойчивость, толерантность и эмпатия, помогут избежать серьезных конфликтов или снизить их влияние на сферу коммуникации.

- постоянно меняющийся мир диктует условия современному образованию в области подготовки выпускников. В сфере профессионального взаимодействия все острее стоит вопрос развития личностных качеств, описанных нами выше, и не только их. Современные российские вузы не способны дать надлежащую подготовку выпускникам, особенно технического профиля, и выпускники российских вузов становятся менее конкурентоспособными в современных условиях, в условиях открытых границ между странами. Нынешний работодатель имеет возможность выбора: брать ли на работу российского недостаточно подготовленного специалиста или же пригласить работников из-за рубежа. Конечно же, нынешнее российское законодательство несет в себе множество рисков приглашения иностранных специалистов, однако при выборе сотрудника на высшую руководящую должность работодателя часто отдают предпочтение зарубежным специалистам. Если же рассматривать проблему с другой стороны, то, в условиях открытых границ, при переезде за рубеж, российские специалисты получают низкооплачиваемые должности;

- в современном мире одной из основных проблем для человека является усвоение непрекращающегося информационного потока, который ежедневно попадает к людям через телевидение, радио, газеты и интернет. Исследования подтверждают, что одной из основных причин стресса (который, зачастую, является катализатором конфликтов) становится информация, которую человек не в состоянии обработать. Современный мир диктует свои условия, а информация сейчас – один из главных факторов успеха. Человеку

в современном мире приходится постоянно учиться – этот процесс начинается с детства и продолжается до конца жизни. Для современного человека очень важно быть обученным, обладать достаточным уровнем знаний, быть конкурентоспособным, что толкает его на повышение образования. Здесь также очень важно обладать такими качествами, как стрессоустойчивость, гибкость. Эмпатия в данном случае помогает приспособиться к изменению среды, быть терпимым к окружающим.

В данный момент нами ведется работа со студентами – в частности, это педагогическая практика у студентов второго курса, предмет «Конфликтология». Кроме стандартной программы обучения, которая включает проведение лекционных и семинарских занятий, мы добавили тестирования, направленные на изучения уровня конфликтоустойчивости, стрессоустойчивости, толерантности, уровня агрессии и других, и игровые технологии, направленные на развитие эмпатического потенциала через принятие ролей в различных уровнях социальной жизни. Основной упор в проделанной работе мы делаем на изучение межличностных и межгрупповых конфликтов как наиболее часто встречаемых в современном обществе.

Список литературы

1. Анцупов А.Я., Шипилов А.И. Конфликтология: учебник для вузов. М.: Эксмо, 2009. 512 с.
2. Здравомыслов А.Г. Социология конфликта: Россия на путях преодоления кризиса: пособие для студентов вузов. М.: АО «Аспект пресс», 1994. 480 с.
3. Рыданова И.И. Основы педагогики общения. Минск: Белорусская наука, 1998. 145 с.
4. Сперанский В.И. Основные виды конфликтов: проблемы классификации // Социс. 1995. № 4. С. 164-175.
5. Юсупов И.М. Психология эмпатии (Теоретические и прикладные аспекты): дис. ... д-ра психол. наук / С.-Петербург. гос. ун-т. СПб., 1995. 252 с.

УДК 371.2-056.45

Т.С. Рыбакова

МОУ «СОШ № 63», г. Магнитогорск

ИНТЕГРАЦИЯ ОБЩЕГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАБОТЕ С ОДАРЕННЫМИ ДЕТЬМИ

Глобальные преобразования в российском обществе выдвинули в качестве приоритетного направления социальной политики поиск и раннее развитие талантливых молодых людей. Президент России Д.А. Медведев в Послании Федеральному собранию РФ 2010 г. подчеркнул значение инно-

вационного преобразования экономики, ухода от «сырьевой зависимости», формирования новой смены качественных научно-исследовательских и инженерно-технических кадров. Без таких людей - творческих, неординарно мыслящих, способных нестандартно решать поставленные перед ними задачи, невозможны сегодня никакие положительные изменения.

Проблема детской одаренности и ее развития решается на самых высоких уровнях управления и государственной власти - это создание и реализация федеральной программы «Дети России» и ее подпрограммы «Одаренные дети». На уровне федерации и её отдельных субъектов проводится большое число конкурсов, олимпиад, реализуются разнообразные проекты. Немаловажно и то обстоятельство, что в общественном сознании формируется понимание необходимости перехода России в пространство наукоёмких технологий посредством сохранения и умножения ее интеллектуального потенциала.

Тем не менее, в работе именно с одаренными детьми имеются значительные проблемы:

- слабость методической базы в области диагностики и развития одарённости, отсутствие чётких критериев определения одарённых детей;
- конкурсы и олимпиады не дают полной картины способностей: выявляют не тех ребят, которые обладают системным мышлением, а тех, у кого наблюдаются высокая скорость мышления и эрудиция;
- не все одарённые дети рождаются и воспитываются в обеспеченных семьях, а значит, не все имеют доступ к качественному общему и дополнительному образованию.

Возникает необходимость поиска эффективных способов обучения одаренных детей, создания условий для их интеллектуального и личностного роста. Такая задача решается за счет внесения изменений в содержание, методы и организацию обучения в рамках основного образования для одаренных детей или с помощью дополнительного образования. На наш взгляд, необходимо интегрировать возможности базового и дополнительного образования, связав урочную и внеурочную деятельность учащихся, и обеспечить в общеобразовательном учреждении единое образовательное пространство. Данная система требует профилизации обучения. Введение профильного обучения и предпрофильной подготовки обеспечивает выявление одаренности детей и углубленное изучение ими учебных предметов. Дополнительное образование в рамках заявленных направлений профилизации позволяет воспитанникам не только развивать свои творческие способности, но и совершенствовать знания, полученные на учебных занятиях. В целом, интеграция основного и дополнительного образования способствует сближению процессов воспитания, обучения и развития.

В МОУ «СОШ № 63» города Магнитогорска интеграция общего и дополнительного образования осуществляется в рамках следующих направлений:

| Направление профилизации | Направление кружковой работы | Формы организации дополнительного образования |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| Физико-математическое | Научно-техническое | Клуб «Занимательная математика» Клуб «Юный астроном» Лего-конструирование «Компьютерная графика» Клуб «Юный информатик» |
| Естественно-научное | Эколого-биологическое | Кружок «Я познаю мир» Клуб «Здоровье» Туристический клуб «Вертикаль» |
| Социально-гуманитарное | Краеведческое | Школьный музей им. А.Грязнова Клуб «Горенка» Клуб «Юные краеведы» Кружок «Мой край» |
| | Художественно-эстетическое | Вокальный ансамбль «Улыбка» Клуб «Серебряное перышко» Изостудии «Волшебная кисточка», «Аquareлька» Кружок бумагопластики Кружок «Мягкая игрушка» Фотостудия «Кадр» |
| | Нравственно-правовое | ЮИД «Светофор» Клуб правовых знаний «Территория закона» Школьный парламент |
| | Лингвистическое | Клуб «Юный оратор» Клуб «Юный книголюб» Клуб «Юный журналист» |

Научно-исследовательская деятельность учащихся осуществляется через работу НОУ «Зажги свою звезду». Прекрасно зарекомендовала себя «Школа успеха», в рамках которой педагоги осуществляют подготовку участников олимпиад и предметных конкурсов. С нового учебного года начинают работать курсы по подготовке к ЕГЭ на базе МГТУ им. Носова.

Полное выполнение целей дополнительного образования одарённых детей было бы невозможно без реализации социально-педагогических функций: социальной защиты, оздоровления, адаптации и др., а значит, работы социально-психологической и медицинской службы школы, освоением педагогами здоровьесберегающих технологий. Наличие здоровьесберегающей среды обеспечивается и деятельностью спортивных секций.

Важную роль в развитии и функционировании дополнительного образования, его интеграции в систему общего образования играет сотрудничество на основе договоров, заключённых школой с различными учреждениями:

- УВД города Магнитогорска;
- Магнитогорским государственным техническим университетом им. Г.И. Носова;

- МУЗ «Городская больница № 3»;
- Физкультурно-оздоровительным комплексом;
- МУ «Городской клуб туристов»;
- Детской картинной галереей.

В целом, благодаря такой работе становится возможной социализация одаренных школьников в соответствии с их индивидуальными особенностями. Внеурочное общение в большей степени, чем урок, позволяет разнообразить виды познавательной деятельности, быть свободнее в сроках и глубине познания, решать воспитательные задачи обучения. Одаренные дети получают средства для самостоятельного и непрерывного самообразования – «образования через всю жизнь».

УДК 621.746.628

А.В. Филиппов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СНИЖЕНИЕ ДЕФЕКТА «ПРОДОЛЬНАЯ ТРЕЩИНА» НА НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛЯБАХ

В конце 2009 г. в кислородно-конвертерном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» введена в эксплуатацию одноручевая МНЛЗ №6 криволинейного типа, предназначенная для отливки слябов большой ширины. Машина имеет ряд конструктивных особенностей, отличающих ее от машин, ранее установленных в этом же цехе: вертикальный кристаллизатор, увеличенный радиус кривизны, гидравлический механизм качания, система мягкого обжатия.

Согласно контрактным обязательствам доля слябов с дефектами поверхности, которые подвергаются удалению газокислородными резаками, не должна превышать 12%. С выходом МНЛЗ на проектную производительность в апреле 2010 года доля слябов с продольной трещиной по широкой грани составляла 18%, причем, если глубина продольной трещины достигала 80 мм, то такие слябы переводились в брак.

Анализ данных о «выставке» кристаллизатора и роликового полотна показал, что МНЛЗ имеет конструктивный недостаток, связанный с отсутствием жесткой фиксации первого сегмента роликового полотна. Специалистами Центральной лаборатории комбината (ЦЛК) была разработана программа по его жесткой фиксации. В июне 2010 года была произведена фиксация первого сегмента на раме стола качания. В результате данного мероприятия удалось снизить долю слябов с продольной трещиной с 18 до 3 %, причем глубина трещин снизилась с 80 до 40 мм. Данные по динамике изменения доли слябов с продольной трещиной представлены на рис. 1.

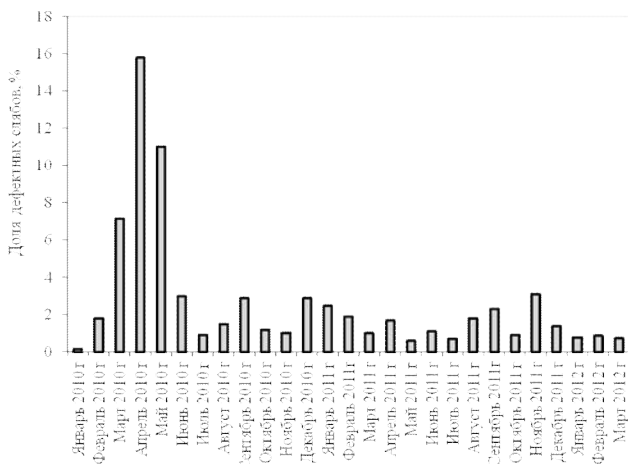


Рис. 1. Доля слабов с продольной трещиной в различные периоды работы МНЛЗ №6

При анализе массива плавок с продольными трещинами установили, что наиболее чувствительными сталями к образованию трещин являются так называемые «перитектические» стали, содержащие 0,07–0,15% углерода. Это связано с большой усадкой сляба в процессе кристаллизации. Конструктивная конусность широких стенок кристаллизатора в 1 мм оказалась недостаточной для её компенсации. Специалистами ЦЛК была разработана программа по увеличению конусности кристаллизаторов до 1,3 мм для слабов толщиной 250 мм и 1,6 мм для слабов толщиной 300 мм. В результате проделанной работы получено снижение доли слабов с продольной трещиной в 1,4 раза, а на слябах толщиной 250 мм – в 2,2 раза (рис. 2).

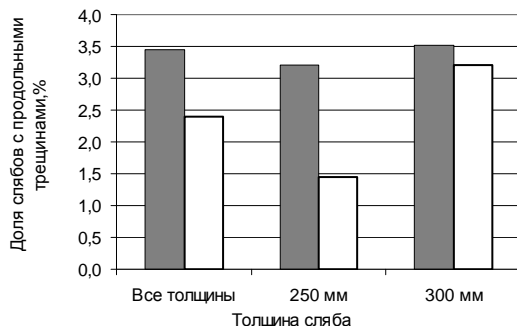


Рис. 2. Влияние конусности кристаллизатора на образование продольных трещин

Существенное влияние на образование продольных трещин оказывает теплообмен в кристаллизаторе, который во многом зависит от кон-

струкции стакана и глубины его погружения под уровень металла. Конструкция погружного стакана должна обеспечивать равномерное истечение металла в кристаллизатор без образования сильных турбулентных потоков. При анализе процесса разливки отмечены повышенные колебания уровня металла в кристаллизаторе при разливке слябов толщиной 250 мм. Это вызвано тем, что при отливке таких слябов первоначально использовали погружной стакан, предназначенный для разливки слябов толщиной 300 мм. Для отливки слябов толщиной 250 мм специалистами ЦЛК совместно с фирмой SMS-Demag путем компьютерного моделирования была разработана усовершенствованная конструкция погружного стакана, а также увеличено его заглубление в металл. В результате применения нового погружного стакана доля слябов толщиной 250 мм с продольными трещинами снизилась в 3,5 раза на всем марочном сортаменте и в 1,7 раза на слябах, полученных из стали с содержанием углерода 0,07–0,15%.

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- жесткая фиксация первого сегмента позволила снизить долю слябов с продольной трещиной с 18 до 3%;
- применение определенного вида погружного стакана для конкретного сечения отливаемой заготовки и увеличение его заглубления в металл совместно с увеличенной конусностью кристаллизатора позволило улучшить качество поверхности слябов в 3 раза;
- доля брака по продольным трещинам в 2011 г. снизилась в 13 раз по сравнению с 2010 г.

Экономический эффект от проделанной работы составил 18,8 млн руб.

УДК 504.056

А.А. Серова, В.Д. Черчинцев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА ГАБИТУС ЕЛИ КАНАДСКОЙ

Одной из особенностей промышленного города является его насыщенность предприятиями, которые располагаются вблизи жилой зоны. Несмотря на то, что в Магнитогорске промышленные предприятия с каждым годом снижают количество вредных выбросов в атмосферу, их влияние на воздушный бассейн остается значительным.

При обследовании городских насаждений Магнитогорска в 2011–2012 гг. были получены данные, характеризующие современное состояние территорий. Выявлены уже состоявшиеся и накапливающиеся изменения, связанные с повреждением вредителями, поражением болезнями, а также с

негативным влиянием на насаждения антропогенных факторов. Если раньше растения могли справиться с определенной массой загрязняющих веществ (в процессе фотосинтеза, накопления углерода и других вредных элементов), то сейчас разница между загрязнением и очисткой несопоставимо выше. Растения не обладают сформировавшейся в ходе эволюции системой адаптации к вредным газам. Газы и взвеси достаточно легко проникают в ткани, органы растений через устьица, приобретая возможность влиять на обмен веществ клеток, вступая в химические взаимодействия на уровне клеточных мембран и клеточных стенок. Пыль, оседая на поверхности растения, закупоривает устьица, что ведет к ухудшению газообмена, нарушению водного режима, а также затрудняет поглощение света.

Структура лесных насаждений городской территории разнообразна, в основном это карагачи, тополя, ели. Породы, плохо переносящие загрязнение воздуха дымом и газами, – ель канадская и сибирская, клен остролистый, рябина, сосна обыкновенная.

Особой чувствительностью к действию антропогенных факторов обладают компоненты хвойных биогеоценозов, поэтому в качестве индикатора состояния была выбрана ель канадская. Состояние деревьев Магнитогорска на первом этапе оценивалось в процессе визуального обследования парков и скверов города. Для исследования городских хвойных насаждений были выбраны сходные по биотическим показателям участки лесопосадок, расположенные на разном удалении от Магнитогорского металлургического комбината (ММК). На каждой площадке пробоотбора учитывалось в среднем не менее 20 деревьев. В качестве контроля использовался участок леса в доме отдыха (д/о) «Абзаково», расположенном на юго-востоке Башкирии, в 60 км от Магнитогорска, удаленный от промышленных и транспортных зон.

Территории исследования разделены на несколько следующих зон:

I – Магнитогорский государственный технический университет (МГТУ);

II – Площадь возле ж/д вокзала;

III – Администрация Правобережного района Магнитогорска;

IV – Магнитогорский государственный университет (МаГУ);

V – ул. Газеты «Правда»;

VI – Политехнический колледж;

VII – Администрация г. Магнитогорска;

VIII – Комсомольская площадь;

IX – д/о «Абзаково».

Результаты исследования показали, что хуже всего обстановка складывается у елей, высаженных в зоне I, что объясняется их расположением с подветренной стороны здания. И, по всей видимости, это усугубляется направленностью произрастающих елей в сторону комбината, чьи выбросы негативно сказываются на состоянии деревьев. Скорость роста можно оценить, измерив длину прироста и его массу, а на интенсивность фотосинтеза указывают масса и количество хвоинок.

Состояние елей в зонах III, V, VIII примерно одинаковое. Годичный прирост составляет в среднем 10,71 см. Лучше других состояние елей, растущих в зоне IV, где прирост составляет 12,69 см.

Максимальное количество хвоинок на 10 см побега в черте города (188) отмечено у деревьев, растущих возле МГТУ. В контроле это значение составляет 207.

Наибольшая суммарная длина десяти хвоинок отмечена у елей зоны IV – 28,34 см. В других точках пробоотбора значение этого показателя варьируется в пределах от 20,93-21,85 до 23,18-25,98 см. Подобные измерения в контрольной точке – курорте «Абзаково» – составили 29,75 см.

Прирост побега в зоне IX составил 13,23 см и практически в половину меньше (7,47 и 7,34 см) – в зонах I и VII. Прирост ветвей у елей, растущих в зонах II и VI, находился примерно на одном уровне: от 7,768 до 7,831 см. По приросту побега значения отличаются во всех точках пробоотбора.

Максимальная масса прироста побега в черте города отмечена у елей, растущих в зоне IV (7,844 г.). Минимальная длина прироста наблюдается у елей, расположенных в зоне I – 3,519 см и зоне VII – 3,593 см. Этот показатель значительно отличался от подобного в контроле – 8,296 см.

На основании проведенных исследований можно установить зависимость между экологической обстановкой и состоянием хвойных насаждений. Контрольные измерения, проводимые в доме отдыха «Абзаково», подтверждают выявленную закономерность. В черте города самые лучшие значения из всех рассмотренных показателей – у деревьев, растущих в зонах III и IV. Самая неблагоприятная обстановка для произрастания елей наблюдается в зонах I, II и VIII.

УДК 622.341; 669.162

С.П. Клочковский, А.Н. Смирнов,

Е.И. Шабалин, Ю.В. Шабалина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПРИМЕНЕНИЕ «МЯГКОГО ОБЖИГА» ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ОБОГАЩЕНИЮ БАКАЛЬСКИХ СИДЕРИТОВ

Сидеритовые руды Бакальского месторождения, запасы которого составляют свыше 1 млрд т, ограниченно используются в доменном процессе из-за низкого содержания железа (27–30%) и высокого содержания оксида магния (12% и выше). Основным рудообразующим минералом бакальских карбонатных железных руд является сидероплезит, который представляет собой изоморфную смесь карбонатов железа, магния и незначительных количеств марганца. На них приходится, в среднем, 75–80%. Нерудные

материалы – доломит, кварцит, алюмосиликаты, сланцы составляют 20–25%. В настоящее время технология получения концентрата обожженного сидерита (КОС) из руд Бакальского месторождения сводится к окислительному обжигу сырой руды (фракции 10–60 мм) в шахтных печах, при температурах порядка 1000⁰С. При этом удаляется диоксид углерода, а двухвалентное железо окисляется до трехвалентного и образует с магнием шпинель – магнезиоферрит:



Шпинель ферромагнитна, ее отделяют от пустой породы сухой магнитной сепарацией. В исходной руде и КОСе железо и магний входят в общую кристаллическую решетку, поэтому разделение железа и магния, без ее разрушения, невозможно. Практически приемлемым направлением в получении продукта с малым содержанием оксида магния из руд Бакальского месторождения является высокотемпературный восстановительный обжиг, приводящий к выделению железа в самостоятельную фазу, и химическое обогащение руды или продукта ее термического разложения (выщелачивание) [1]. Первое направление, т.е. высокотемпературный восстановительный обжиг, в настоящее время экономически невыгодно. Предлагаемые способы выщелачивания оксида магния из КОСа, получаемого по ныне применяемой технологии, с использованием сильных минеральных кислот не пригодны как с экономической, так и экологической точки зрения.

В статье приведены результаты лабораторных исследований по повышению эффективности использования руд Бакальского месторождения за счет изменений термомагнитных методов обогащения, которые позволяют проводить выщелачивание без использования сильных минеральных кислот (H₂SO₄, HCl, HNO₃).

Было показано, что обжиг бакальских сидеритов без доступа воздуха при температурах 550–700⁰С («мягкий обжиг») делает возможным проведение выщелачивания оксида магния из магнитной фракции обожженной руды водным раствором диоксида углерода (угольной кислотой), тогда как при более высоких температурах обжига оксид магния угольной кислотой практически не извлекается.

Как было установлено, из сидеритов, после «мягкого обжига» от 40 до 65% оксида магния переходит в раствор в виде хорошо растворимого бикарбоната магния: $\text{MgO} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Все остальные компоненты остаются в твердой фазе (оксид кальция переходит в раствор в незначительных количествах) [2–4].

Кроме того, «мягкий обжиг» не ухудшает условий проведения сухой магнитной сепарации для отделения пустой породы.

Это установлено в исследованиях магнитных свойств образцов, полученных по ныне применяемой на Бакале технологии и обожженных в «мягких» условиях. Основной целью этих исследований было сравнение свойств по образцам, в связи с чем, мы не стремились определять истинные магнитные свойства, что для руд очень затруднительно. Исследование

относительных свойств проводились на простейшей установки с соленоидом, в котором создавалось магнитное поле H , пропорциональное намагничивающему току соленоида I , и измерительной катушкой, в которой возникала ЭДС индукции E , пропорциональная индукции магнитного поля B в образце. Намагничивающий ток был переменным с частотой 50 Гц. Таким образом, были получены кривые зависимости ЭДС индукции от намагничивающего тока $E(I)$, идентичные динамическим кривым намагничивания $B(H)$. По этим кривым определялось отношение $k = \frac{E}{I}$, про-

порциональное магнитной проницаемости образцов $\mu = \frac{B}{\mu_0 H}$.

Результаты исследований приведены на рис. 1 и 2. В обоих случаях образец 1 – это образец, полученный по технологии, применяемой на Бакале (контрольный образец, с которым производилось сравнение), остальные образцы получены в «мягких» условиях. Анализ графиков позволяет сделать следующие выводы. Магнитные свойства образцов, полученных в «мягких» условиях, несущественно меньше магнитных свойств образца №1 – в среднем не более чем на 15-20%. Худшим в этом плане является образец №2, максимальная магнитная проницаемость которого ниже на 25% максимальной магнитной проницаемости образца №1. А, например, образец №5 практически не отличается от контрольного №1. Это подтверждает наши предположения о том, что обожженная в определенных нами условиях «мягкого обжига» руда также хорошо может быть обогащена путем сухой магнитной сепарации.

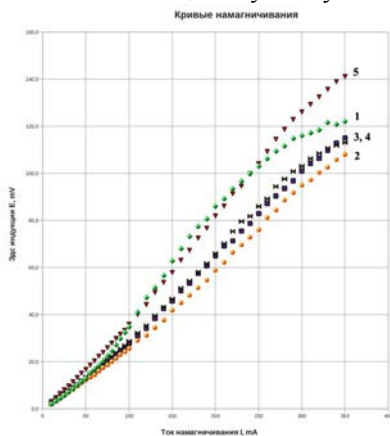


Рис.1. Зависимость ЭДС индукции от тока намагничивания для обожженных в различных условиях образцов

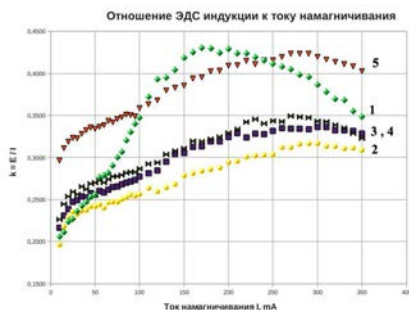


Рис.2. Отношение ЭДС индукции к току намагничивания для обожженных в различных условиях образцов (где $k = E/I$ – величина пропорциональная магнитной проницаемости)

Таким образом, предлагаемые «мягкие» условия обжига Бакальских сидеритов делают возможным:

- ▶ не ухудшать условий проведения сухой магнитной сепарации;
- ▶ проводить выщелачивания оксида магния раствором угольной кислоты.

Список литературы

1. Пирометаллургическая переработка комплексных руд / Леонтьев Л.И., Ватолин Н.А., Шаврин С.А., Шумаков Н.С. М.: Metallurgia, 1997. 432 с.
2. Комплексная переработка сидеритовых руд с высоким содержанием оксида магния / Бессмертных А.С., Бигеев В.А., Клочковский С.П., Смирнов А.Н. // VIII Конгресс обогатителей стран СНГ: сб. материалов. Т. I. М.: МИСиС, 2011. С. 70 - 72.
3. Thermodynamic and Kinetic Study of Leaching Magnesite from Natural Magnesites by Carbon Dioxide / S. Klochkovskii, A. Smirnov, U. Shabalina // Defect and Diffusion Forum Vols. 309-310 (2011), pp. 261-264.
4. The Principles of Processing Siderite Ores with a high Magnesium Oxide Content / S. Klochkovskii, A. Smirnov // Defect and Diffusion Forum Vols. 326-328 (2012), pp. 111-114.

УДК 621.74

В.П. Чернов, А.А. Быков

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ С СЕРДЦЕВИНОЙ ИЗ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

На сегодняшний день существует множество способов модифицирования чугуна магнием. Последние 10 лет широко применяется модифицирование магниевой порошковой проволокой.

Преимуществами данного процесса являются:

- предсказуемое усвоение магния;
- одновременно десульфурация и дегазация металла в ковше;
- большая гибкость по уровню содержания кремния в базовом чугуне;
- усвоение магния 30–50%.

Недостатки:

- большое газовыделение;
- большое количество шлака.

Указанные недостатки компенсируются установкой крышки на ковш для предотвращения выбросов металла и вентиляцией трайбаппарата.

Для начала следует отметить, что «полное аналитическое» или «остаточное содержание магния» в ВЧ существует в виде:

- магния, растворившегося в чугуне;
- магнийсодержащих неметаллических включений (микрочастицы);
- магния, перешедшего в шлак.

Эти три составляющих и определяют остаточное содержание магния. В настоящее время не существует гарантированного аналитического метода, позволяющего определить вклад каждой составляющей в общее остаточное содержание, и, следовательно, содержание магния, определяемое в лабораториях литейных цехов, представляет собой сумму содержаний растворенного магния и магнийсодержащих соединений. Фракции микрочастиц и шлаков в образцах постоянно изменяются на значительную величину, в зависимости от условий обработки, что снижает достоверность при определении содержания полного аналитического магния на разных литейных заводах.

Во время растворения модификатора в жидком чугуне каждая фаза будет воздействовать на чугун по-разному, т.е. с различной химической активностью и скоростью растворения. Фаза Mg_2Si будет химически активным соединением в чугуне, хотя его химическая активность относительно мала по сравнению с металлическим магнием в контакте с жидким чугуном. Mg_2Si будет растворяться на протяжении всего времени, пока определенная часть магния испаряется. Однако основное количество магния из-за высоких локальных концентраций Si будет растворяться и диффундировать к ближайшим атомам S и O_2 для того, чтобы сформировать частицы сульфидов и оксидов.

Так как Mg_2Si – химически активный компонент, в ФСМг вводится кальций для снижения химической активности модификатора в целом. Формирующаяся фаза Ca-Mg-Si образуется при производстве ФСМг и более устойчива по сравнению с Mg_2Si . Ca-Mg-Si при растворении реагирует с чугуном менее интенсивно.

Следовательно, увеличивая содержание кальция и количество сформировавшихся менее активных фаз Ca-Mg-Si, можно уменьшить химическую активность модификатора и улучшить усвоение магния.

Растворение железокремниевых фаз ($FeSi$ и $FeSi_2$) происходит спокойно, обогащая кремнием участки чугуна, расположенные в непосредственной близости от растворяющихся частиц модификатора. Концентрация кремния начнет понижаться от 45% в непосредственной близости от частиц модификатора до приблизительно 2,5% в окружающем расплаве чугуна на определенном расстоянии от частицы. Локальное высокое содержание кремния значительно увеличит растворимость магния в чугуне во время работы модификатора. Это, в свою очередь, увеличит степень усвоения магния, так как большая часть магния может быть поглощена чугуном с повышенным содержанием Si для дальнейшей диффузии

к ближайшим атомам серы и кислорода вместо того, чтобы формировать пузыри испаряющегося магния.

Большинство модификаторов типа ФСМг содержат приблизительно 45% кремния. Это минимальный уровень, необходимый для таких высоко химически активных элементов, как Mg, Ca, Ce и т.д. при формировании соединений с кремнием (силицидов). Силициды – единственные стабильные соединения Mg, Ca и Ce в сплавах на основе ферросилиция. Если содержание кремния понизить до уровня менее 43%, то кремния окажется недостаточно для формирования подобного рода силицидов. Так как железосодержащие фазы (FeSi , FeSi_2) не образуют соединения с Mg, Ca или Ce и не растворяют их, то эти элементы были бы потеряны во время производства модификатора с содержанием кремния менее 43%. Небольшое количество свободной фазы кремния в микроструктуре ФСМг указывает на наличие некоторого его избытка.

В процессе обработки расплава магнием, помимо процесса сфероидизации графита, также происходит частично обессеривание чугуна и его дегазация.

Причем процесс обессеривания чугуна может протекать по двум схемам: гомогенная реакция между растворенным в металле магнием и серой и гетерогенная между газовой фазой (пузырями) магния и растворенной в металле серой.

Для лучшего удаления серы и усвоения магния был разработан шлак, состоящий из CaO, барий-стронциевого композита (БСК-2) и плавикового шпата.

Выпущенный из печи жидкий чугун в ковше после замера температуры, удаления печного шлака и наведения новой шлакообразующей смеси доставляется на стенд обработки порошковой проволокой. Ковш сверху накрывается крышкой, обеспечивающей герметичность, после чего при помощи специального устройства – трайб-аппарата осуществляется ввод магний- и кремнийсодержащей порошковой проволоки в расплав. После окончания обработки расплава чугуна порошковой проволокой и последующих замеров температуры, забора пробы на химический и структурный анализ и удаления шлака ковш доставляется на участок заливки чугуна в литейную форму.

Расплав обрабатывался порошковой проволокой Mg18P3M1, после был сделан химический анализ проб металла до и после обработки.

Процесс удаления серы идет гораздо эффективнее, если на зеркале металла был заранее наведен шлак. Сера взаимодействует с магнием и переходит в шлак, в ином случае сера частично остается в металле.

Наведение шлака благоприятно влияет на удаление серы в чугуне. При обработке расплава без шлака изменение содержания серы до и после обработки составило по экспериментальным данным 0,005%, с применением вышеперечисленных шлаков, при различном содержании компонентов, – в среднем 0,01 %.

Однако применение вышеперечисленных шлаков, хотя и является эффективным, но не намного позволяет уменьшить расход порошковой проволоки. Для уменьшения расхода порошковой проволоки предлагается в литейном цехе ЗАО МРК заменить ранее используемую порошковую проволоку Mg18P3M1 на Mg30P3M1, отличающуюся более высоким содержанием магния – 30% вместо 18.

При вводе в расплав проволоки Mg30P3M1 происходит:

- турбулентное перемешивание металла, что влияет положительно на сфероидизацию графита;

- сокращается время обработки расплава порошковой проволокой в 1,5 раза;

- процесс десульфурации гораздо эффективнее идет в связи с большим барботажем, что немаловажно, так как повышенное содержание серы в чугунах приводит к возникновению трещин. Целесообразно обеспечить содержание серы в чугуне близким к 0,007–0,005%;

- расход данной проволоки будет гораздо меньшим для сфероидизации графита (получения ВЧШГ).

Применяя данную проволоку, затраты на производство валков сокращаются на 600 000 руб./мес. Но для ее использования необходимы специальные ковши вместимостью 25 т. Стоимость одного ковша – 1 250 000 руб., для бесперебойного производства необходимо 3 ковша. Таким образом, затраты на замену ковшей составляют 3750 000 рублей.

Рассчитаем период окупаемости:

$$P_{\text{окуп}} = Kз/\Delta ф;$$

$$P_{\text{окуп}} = 3750000/600000;$$

$$P_{\text{окуп}} = 7 \text{ мес.}$$

Вывод

Применение проволоки с 30% магния позволяет:

- существенно увеличить десульфурацию чугуна, так как происходит турбулентное перемешивание металла, за счет бурного протекания реакции;

- существенно увеличивается дегазация металла;

- расход проволоки меньше в 1,73 раза по сравнению с Mg18P3M1;

- затраты на капитальные вложения (парк ковшей вместимостью 25 т) окупаются за 7 мес.;

- в дальнейшем при использовании данной проволоки экономический эффект составит 7 200 000 руб., за счет изменения материала при условии ввода в работу нового парка ковшей.

В.Д. Черчинцев, А.М. Гусев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ ПОДБУНКЕРНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ДОМЕННОГО ЦЕХА ОАО «ММК»

Разработка технических мероприятий по совершенствованию систем аспирации подбункерных помещений доменного цеха проводилась в рамках проекта технического перевооружения доменной печи №10. Эта печь объемом 2014 м³ была введена в эксплуатацию в 1966 г., и аспирационная система ее подбункерных помещений требует модернизации.

Разветвленность магистралей аспирационной системы подбункерных помещений и большое количество постоянно работающих аспирационных заборных точек «зонт-воронка» (рис. 1) приводит к значительным объемам транспортируемых пылевоздушных смесей, составляющим для печи №10 6925000 м³/ч.

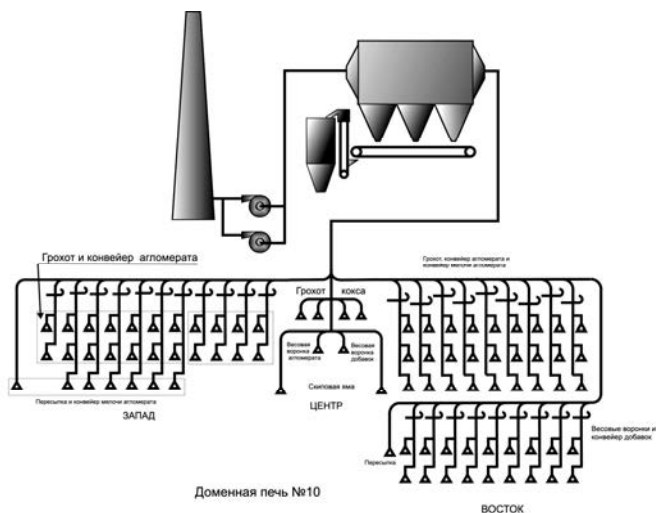


Рис.1. Схема аспирационной системы подбункерных помещений
доменной печи №10

При этом аспирируемая пыль является грубодисперсной (медианный диаметр частиц $d_{50} = 12\text{--}25$ мкм) и обладает повышенными абразивными свойствами (коэффициент абразивности $K_A = 2,36 \cdot 10^{-11} \text{--} 7,64 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{кг}$).

При действующей аспирационной системе скорость пылевоздушных потоков в газоходах достигает 20–25 м/с, что при высокой абразивности

пыли приводит к их высокому абразивному износу, особенно в местах изменения направления потоков и их слияния.

Снижение объема транспортируемых пылевоздушных смесей, а следовательно, скорости потоков и абразивного износа газоходов можно достигнуть за счет закрытия неработающих заборных точек. Расчетно-экспериментальным методом доказано, что закрытие неработающих заборных точек на узлах разгрузки шихтовых материалов над ленточными конвейерами участков «Восток» и «Запад» позволит сократить объемы транспортируемых пылевоздушных смесей в 1,8–2,1 раза, что не только обеспечит снижение энергозатрат, но и увеличит срок службы всех элементов аспирационной системы. Для перекрытия вертикальных газоходов, объединяющих потоки, отводимые от аспирационных точек забора пылевоздушных смесей, разработаны конструкции круглых запорных клапанов с пневмоприводами типа ПСП или исполнительными механизмами типа МЭО*.

Расчетным методом доказана целесообразность применения для очистки от пыли аспирируемых пылевоздушных смесей двух электрофильтров марки ЭГБ1М1-32-13,5-6-3, а в качестве побудителя тяги – дымососов ДН26х2-0,62. Для повышения эффективности и устойчивости работы электрофильтров, снижения абразивного износа газораспределительной решетки, осадительных и коронирующих электродов ввод газа в электрофильтр следует осуществлять по схеме, представленной на рис.2.

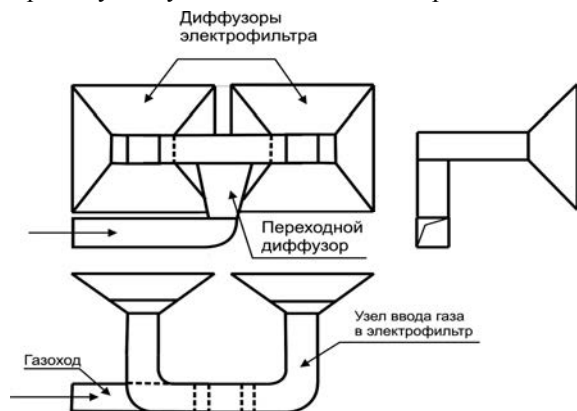


Рис.2. Схема ввода газа в электрофильтр аспирационной системы доменной печи № 10

Для уменьшения пылевыведений при транспортировке шихтовых материалов предлагается применить аспирационное укрытие с горизонтальным расположением воздуховода, эскизная схема которого приведена на рис.3.

* Справочник по пыле- и золоулавливанию / Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. и др. М.: Энергоиздат, 1983. 312 с.

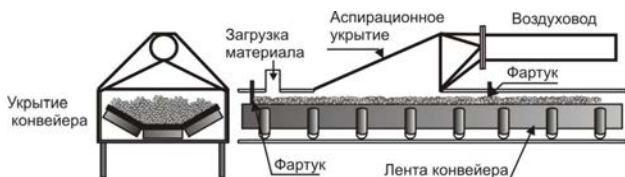


Рис.3. Наклонное аспирационное укрытие с горизонтальным расположением воздуховода

УДК 614.8

О.В. Лешер, А.А. Коновалова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им.Г.И. Носова»

КУЛЬТУРА ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЧНОСТИ БЕЗОПАСНОГО ТИПА

Культура любого человека проявляется в его поведении и базируется на воспитании и образовании. По Ожегову, культура – это высокий уровень чего-нибудь, высокое развитие, умение, а носителем культуры является человек (личность) [1].

Сложность жизненных процессов большей части общества, науки и техники увеличили количество опасностей и угроз, повлияв на развитие специфической области знаний – «Безопасность», предопределив появление категории «Культура безопасности» [2].

Согласно определению, данному И.Морозовым, личная безопасность – это совокупность знаний, умений и навыков человека, выражающаяся в его готовности защитить себя от неблагоприятного воздействия окружающей среды и наступления нежелательных последствий [3].

В свою очередь, культура безопасности, согласно точке зрения Мошкина В.Н., – это динамический стереотип поведения человека, выработанный на основе потребностей, способствующих безопасному образу жизни и определяющих бережное отношение человека к самому себе и окружающему миру [4].

Культура личной безопасности – это степень готовности человека совершенствовать и применять арсенал своих знаний и опыт, выражающаяся в поведении и действиях, адекватных или неадекватных ситуациям, связанным с опасностью для жизни. В этом плане, она является частью общечеловеческой культуры и также проявляется в поведении человека, когда появляется опасность [3]. Достигается данный уровень культуры через формирование личности – носителя специфических качеств личности безопасного типа.

В научной литературе существует определение личности безопасного типа, данное Шершневым Л.И., согласно которому личность безопасного

типа – это человек, осознающий самого себя, высокий смысл своей деятельности, свое предназначение, стремящийся жить в согласии с самим собой, окружающей природой, гармонично сочетающий в себе активное созидательное начало с противодействием злу..., проявляющий заботу о жизни, здоровье, безопасности людей [5].

Личность безопасного типа – личность, которая ориентирована на рациональные отношения с окружающей средой (со всеми ее компонентами), сохранение природной составляющей окружающей среды, со знаниями, умениями и навыками безопасного поведения, жизнедеятельность которого безопасна как для себя, так и для других. Содержание понятия личности безопасного типа может изменяться в зависимости от контекста, в котором это понятие используется.

Культура личной безопасности является универсальным компонентом общечеловеческой культуры, т.к. каждый человек, так или иначе, влияет на уровень безопасности окружающих людей. Характер этого влияния зависит от уровня культуры личной безопасности конкретного человека.

Формирование культуры личной безопасности через формирование качеств личности безопасного типа относится к числу новых направлений педагогического процесса в вузе, что включает в себя:

- формирование готовности предупреждать и преодолевать опасные ситуации;

- сочетание личной безопасности с безопасностью окружающих.

При воспитании культуры поведения личности безопасного типа студентов вуза применяются следующие формы [6]:

- педагогическая теория, раскрывающая сущность, структуру, цели, содержание, педагогические средства, формы и методы, движущие силы, закономерности и принципы воспитания готовности к профилактике и преодолению опасных ситуаций;

- педагогическая практика, обеспечивающая подготовку подрастающего поколения к профилактике и преодолению опасных ситуаций;

- педагогическое искусство, продуктом которого являются программы, учебники, методические пособия, методики преподавания и обучения, предназначенные для эффективной подготовки студентов к профилактике и преодолению опасных ситуаций;

- благоприятные педагогические условия для присвоения студентами культуры безопасного поведения в процессе самовоспитания и самообразования.

Таким образом, это совместная деятельность преподавателя и студентов по присвоению и развитию культуры безопасного поведения и навыков присущих личности безопасного типа.

Поскольку процесс формирования личности безопасного типа происходит непрерывно, сложность его объясняется многофакторностью влияния на человека социально-информационного пространства. Формирование культуры личной безопасности в процессе образования – многоступенчатый педагогический процесс, при реализации которого происходит достижение триединой цели: обучение, воспитание, развитие.

Процесс обучения, а именно сообщение системы знаний, умений, навыков, играет важную роль в формировании личности безопасного типа и культуры личной безопасности, Салахов К.Р. в своем исследовании выделяет следующие особенности процесса формирования в обучении [2]:

1 этап - необходимость создание языка у человека – как объекта формирования, на котором будем доноситься информация до него, а также формирование понятийно-категорийного аппарата. Решение проблемы взаимопонимания выступает на первый план – без понимания не появится возможность формирования культуры безопасности личности. При помощи языка появляется возможность реализовать вторую ступень процесса формирования.

2 этап - теорий и общих данных о окружающей среде, этап систематизации знаний – формирование «картины мира» и роль этого человека в картине мир. На данном этапе формирования человек должен увидеть, что существуют причинно-следственные взаимосвязи, в том числе существуют определенные последствия и у поступков данного человека. Очень важно убедить учащегося в верности картины мира, тех механизмов, которые объясняют те процессы, опасности и угрозы, которые окружают человека.

3 этап - макропрактика человека – объект формирования личности безопасного типа, используя свои знания, различные данные о процессах, проходящих в окружающем мире, используя знания безопасного существования, моделирует различные ситуации, где существует необходимость применения знаний. В процессе моделирования ситуаций студент воспроизводит определенные заданные ситуации и пытается решить задачу с позиции безопасности и минимизации последствий.

4 этап - формирование картины «ближайшего будущего», заключающий этап, задача которого показать, какая ответственность как за состояние личной безопасности так и общей. Формирование картины будущего необходимо для формирования чувства ответственности, за свои будущие поступки.

Соглашаясь с мнением автора, мы считаем, что данные этапы условны ввиду того, что обучение в педагогическом процессе неотделимо от воспитания и развития.

Основными направлениями воспитания культуры личной безопасности и, как следствие, личности безопасного типа, с точки зрения Веселова В.М., являются:

- выработка мотивации у человека к безопасности жизнедеятельности;
- овладение знаниями об источниках опасностей и средствах их предупреждения и преодоления;
- овладение умениями и навыками безопасного поведения;
- воспитание личностных качеств, необходимых в работе по предупреждению и преодолению опасных ситуаций;
- психологическая подготовка к безопасному поведению [7].

Мотивация безопасной жизнедеятельности заключается в понимании жизненной необходимости и полезности осуществления правильных действий по обеспечению собственной безопасности, безопасности окружающей среды, общества и государства.

Согласно высказанной выше точке зрения существуют различные типы мотивации на воспитание в себе качеств, способствующих развитию личности безопасного типа. Обозначим основные тенденции мотиваций, выделенные данным автором, направленные на безопасность жизнедеятельности:

а) у человека может не только отсутствовать мотивация на безопасность, но и иметься противоположная мотивация, проявляющаяся в готовности создавать опасные ситуации, либо приобретать вредные привычки – такой человек склонен к риску, ведет нездоровый образ жизни, его судьба влечет неудержимо к гибели;

б) у человека преувеличенное стремление к безопасности, он стремится всецело контролировать события, чтобы полностью исключить риск попасть в опасную ситуацию – такой человек крайне боязлив и нерешителен;

в) человек стремится обеспечить свою личную безопасность и безопасность окружающих, он осознает цели, реализация которых помогает эффективно предвидеть, предупреждать и преодолевать опасные ситуации – такой человек ведет полноценную жизнь, не лишенную элементов риска.

Таким образом, развитие культуры личной безопасности должно включать в себя формирование идеала и ценностей в области безопасности жизнедеятельности, развитие врожденных и формирование приобретенных качеств личности, обеспечивающих возможность действенного предупреждения реализации угроз и опасностей, а также защиты от них, привитие знаний, умений и навыков обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности, то есть привитие студентам качеств личности безопасного типа.

Развитие личности безопасного типа в образовательном процессе вуза – это не только особое содержание обучения, но и особый характер взаимодействия между педагогом и студентами. Поскольку такое взаимодействие может наполняться различным предметным содержанием, реализация идей развития безопасной личности может осуществляться:

1) в интегральном учебном предмете (например, «Безопасность жизнедеятельности»), проектируемом с позиции воплощения соответствующей цели;

2) в рамках различных учебных дисциплин («Психология», «Экология», «Педагогика», «Самопознание и самосовершенствование» и др.), как одна из целевых и содержательных линий.

Формирование у студентов навыков и культуры личной безопасности и характерных черт, присущих личности безопасного типа поведения будущего специалиста в вузе, а также потребности в безопасной профессиональной деятельности, является одной из главных задач высшей профессиональной школы.

Список литературы

1. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / Российская академия наук. Институт русского языка им. В. В. Виноградова. 4-е изд., доп. М.: Азбуковник, 1999. 944 с.
2. Салахов К.Р. Формирование культуры безопасности личности (КБЛ) через формирование личности безопасного типа (ЛБТ) в образовательном процессе // Доклад на IV всерос. науч.-практ. конференции «Валеопедагогические аспекты здоровья формирования в образовательных учреждениях: состояние, проблемы, перспективы», 24 апреля 2009 г. URL: <http://www.moitezis.ru/blog/view/336/>
3. Морозов И. Культура личной безопасности // НСБ «Хранитель». 2009. URL: http://psj.ru/saver_magazines/.
4. Мошкин В.Н. Воспитание культуры личной безопасности // Психолого-педагогические проблемы личностно ориентированного воспитания: сб. науч. трудов / под ред. З.Н. Лукьяновой и В.Н. Мошкина. Барнаул: АГИИК, 1999. С. 5-58.
5. Шершнев Л.И. Курс ОБЖ в концепции национальной безопасности России библиотека. // Институт Повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования. Оренбургский государственный педагогический университет URL: http://bank.orenipk.ru/Text/t42_179.htm
6. Лызь Н.А. Развитие безопасной личности // Педагогика. 2006, №4. С. 68–75.
7. Воробьев Ю.Л. Культура безопасности жизнедеятельности: системообразующий фактор снижения риска чрезвычайных ситуаций в современной России. Культура безопасности жизнедеятельности //Право и безопасность. 2006. № 3-4.

УДК 621.746.6

А.В. Коротин, Э.В. Дюльдина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ТЕРМОДИНАМИКА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАСПЛАВАХ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ СТАЛИ

В настоящее время непрерывная разливка стали производится методом «плавка на плавку». При этом один промежуточный ковш используется для разливки 5–10 плавков в течение 6–8 ч. Современная технология предусматривает изоляцию шлаком поверхности жидкого металла от

контакта с атмосферой. Шлак получается при расплавлении шлакообразующей смеси (ШОС), вводимой в начале разливки каждой плавки.

Ранее было проведено исследование [1] изменения химического состава шлака при разливке трех серий (см. таблицу) плавов стали разных марок.

Основные параметры проведения опытов

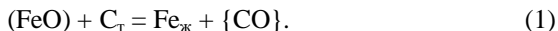
| Номер серии | Материал футеровки* | Марка стали | Количество плавов в серии | Масса стали, т | Длительность разливки, ч | Расход ШОС, кг/т |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------------|----------------|--------------------------|------------------|
| 1 | ШК | 08пс | 9 | 3291 | 7,7 | 0,20 |
| 2 | ШК | 17Г1СУ | 6 | 1875 | 6,8 | 0,22 |
| 3 | ТМ | 08Ю | 10 | 3722 | 8,6 | 0,25 |

* ШК – шамотный кирпич, ТМ – торкрет-масса на основе оксида магния.

За время разливки химический состав шлака существенно меняется (рис. 1). Изменение содержания всех компонентов шлака, кроме FeO, объясняется растворением огнеупорных материалов промежуточного ковша и всплыванием неметаллических включений из разливаемой стали.

Содержание оксида железа в шлаке в течение разливки каждой серии плавов менялось незначительно, оставаясь в пределах 0,8–1,6%, несмотря на то, что всплывающие неметаллические включения содержат около 10% FeO. Можно предположить, что содержание FeO в шлаке не меняется за счет непрерывного восстановления в течение всей разливки.

Восстановителем, по всей вероятности, является аморфный углерод, входящий в состав ШОС. Для проверки этой гипотезы провели термодинамический анализ реакции



Высокая температура и большая длительность процесса позволяют считать, что система находится в состоянии равновесия и константу равновесия можно найти по опытным концентрациям, определенным в ходе исследования, а также найти её температурную зависимость.

Константу равновесия реакции (1) можно записать в виде

$$K = \frac{a_{\text{Fe}} \cdot f_{\text{CO}}}{a_{(\text{FeO})} \cdot a_{\text{C}}}, \quad (2)$$

где f_{CO} – фугитивность CO; a_{Fe} , $a_{(\text{FeO})}$ и $a_{\bar{N}}$ – активности железа, его оксида в шлаке и углерода.

Так как железо и углерод можно считать чистыми конденсированными фазами, то $a_{\text{Fe}} = a_{\bar{N}} = 1$. Процесс происходит при атмосферном давлении, и фугитивность CO приблизительно равна парциальному давлению CO в газовой атмосфере промежуточного ковша ($f_{\text{CO}} \approx p_{\text{CO}}$).

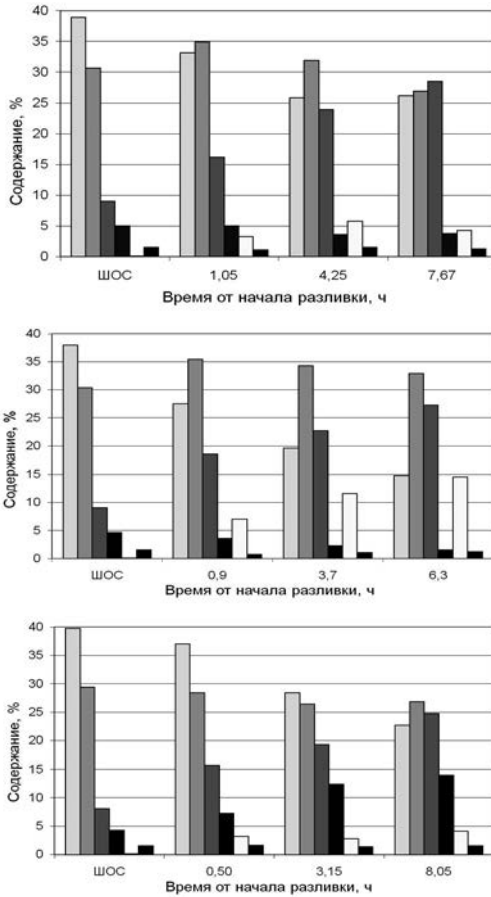


Рис. 1. Химический состав ШОС и шлака при разливке стали марок 08пс (вверху), 17Г1СУ (в середине) и 08Ю (внизу):

□ – CaO; ▒ – SiO₂; ▓ – Al₂O₃; ■ – MgO; ◻ – MnO; ◼ – FeO

Тогда уравнение (2) принимает вид

$$K = \frac{P_{CO}}{a_{(FeO)}} \quad (3)$$

Парциальное давление СО определяли из предположения, что весь кислород атмосферы промежуточного ковша расходуется на образование монооксида углерода, парциальное давление которого составляет 0,347 от общего давления. Это предположение принято на основе термодинамического анализа равновесия реакции Белла-Будуара о том, что при

температуре выше 1000°C диоксид углерода неустойчив и практически полностью переходит в монооксид [2].

Активность FeO в шлаке определяли по данным Туркдогана и Пирсона об активности этого оксида в шестикомпонентных шлаках сталеплавильного производства [3].

Результаты определения константы равновесия реакции (1) представлены на рис. 2. Температурная зависимость имеет вид

$$\ln K = \frac{186310}{T} - 100,69. \quad (4)$$

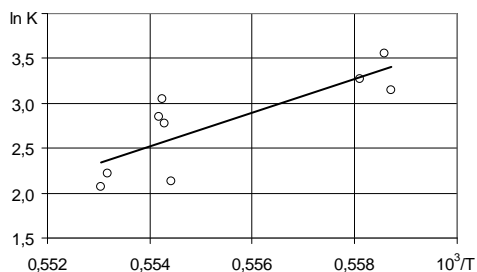


Рис. 2. Температурная зависимость константы равновесия реакции (1)

По уравнению (4) нашли тепловой эффект реакции (1), который составляет -1548 кДж.



В литературе приведен термодинамический анализ реакции (5), которая отличается от реакции (1) агрегатным состоянием железа и его оксида. Для реакции (5) рассчитали изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для температуры 1600°C с учетом агрегатного состояния участников реакции. Это позволило по закону Гесса определить теплоту растворения оксида железа в шлаке, которая составляет 1691 кДж/моль.

Список литературы

1. Дюльдина Э.В., Селиванов В.Н., Лозовский Е.П. Формирование шлака в промежуточном ковше МНЛЗ // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. №4. С. 26-30.
2. Гольдштейн Н.Л. Краткий курс физической химии металлургических процессов. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.Носова, 2009. 338 с.
3. Сталеплавильное производство: справочник / под ред. А.М. Самарина. Т.1. М.: Металлургия, 1964. 528 с.

**О.Ю. Шешуков, В.В. Левчук, С.П. Калинин,
А.А. Метелкин, И.В. Некрасов**
ФГБУН ИМет УрО РАН,
ОАО «ЕВРАЗ НТМК»,
НТИ(Ф) ФГУ

РАЦИОНАЛЬНОЕ НАВЕДЕНИЕ ШЛАКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ФУТЕРОВКИ СТАЛЕРЕЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ В УСЛОВИЯХ КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА ЕВРАЗ НТМК

На 2012 год план выплавки стали в конвертерном цехе ЕВРАЗ НТМК составляет 4,5 млн т.

Для выполнения такого плана необходима надежная работа всех сталеплавильных агрегатов, в том числе и сталеразливочных ковшей.

В настоящее время в конвертерном цехе ЕВРАЗ НТМК стойкость стальнойковшей в основном составляет 80 плавов и ограничена состоянием футеровки. Для безопасной работы, по нормативной документации ЕВРАЗ НТМК, остаточная толщина футеровки после службы должна составлять не менее 60 мм. Однако на практике остаточная толщина огнеупорных изделий в некоторых случаях достигает 30 мм, т.е. стальнойковши эксплуатируются с риском прогара футеровки, остановкой металлургических агрегатов и срывом производственной программы.

Наиболее изнашиваемыми элементами футеровки стальнойковша является шлаковый пояс и продувочные блоки. Если износ шлакового пояса и блоков не является критичным для стойкости, изделия заменяются на промежуточном ремонте, то футеровка под металлом эксплуатируется без замены всю кампанию. Поэтому важно стремиться к надежной работе стальнойковша именно в этой зоне.

Целью данной работы является изучение факторов, влияющих на износ футеровки стальнойковша, выполненного из шпинельно-углеродистых изделий.

Основной износ (около 2/3) осуществляется химическим путем – коррозией [1]. В нашем случае – шлаком. Для оценки влияния шлака на износ футеровки были отобраны 75 стальнойковшей, закончивших кампанию.

На данных ковшах были проведены замеры минимальной остаточной толщины футеровки стен с 1 по 25 ряд. Средний износ огнеупорных изделий составил от 0,75 до 1,35 мм/пл. Такой большой разбег обусловлен различными условиями эксплуатации и воздействием шлака на футеровку стальнойковша.

Расчет состава шлака проводился для каждой плавки, разлитой на выбранных ковшах. Шлак на стальнойковше формируется из нескольких статей прихода оксидов: 1) угар ферросплавов; 2) добавка шлакообразу-

ющих на печь-ковше; 3) случайное попадание конвертерного шлака при сливе металла.

Одной из важных характеристик шлака является его вязкость. Вязкость шлака рассчитывалась по методу Кондратьева [3,4]. Разработанная им модель расчета вязкости жидких шлаков для системы Al_2O_3 -CaO-FeO-SiO₂ хорошо согласуется с практическими данными. Сопоставляя вязкость шлака с удельным износом футеровки применительно к нашим условиям, можно подтвердить вывод о том, что с повышением вязкости шлака износ футеровки уменьшается (рис. 1).

Наиболее вредное воздействие на футеровку оказывает жидкая составляющая шлака, состав которой был рассчитан с помощью полимерной модели В.К. Новикова и В.Н. Невидимова [2].

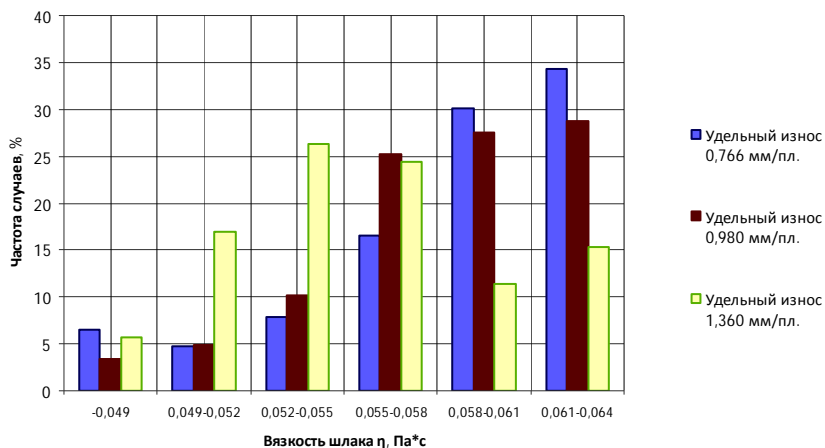


Рис. 1. Зависимость удельного износа футеровки стальнойковшей от вязкости шлака

Поскольку футеровка стальнойковшей содержит MgO, то представляет интерес оценить влияние содержания MgO в шлаке на износ огнеупорных изделий. Анализ основных компонентов гомогенного шлака и износа футеровки показал, что при повышении содержания в жидкой фазе MgO износ футеровки уменьшается. Минимальный износ футеровки (0,766 мм/пл.) отмечен на стальнойковшах, в шлаке которых содержание MgO в 60% случаев находилось в пределах от 7,5 до 9% (рис. 2).

Минимальный износ футеровки наблюдался на стальнойковшах у которых в гомогенной составляющей шлака высокий процент насыщенности по MgO (рис. 3).

Исходя из проведенных исследований можно сказать, что для снижения агрессивного воздействия шлака на футеровку стальнойковшей необходимо увеличивать содержание в нем MgO до предела насыщенности, но не более, т.к. излишки MgO перейдут в гетерогенную составляющую, что негативно отразится на рафинирующей способности шлака.

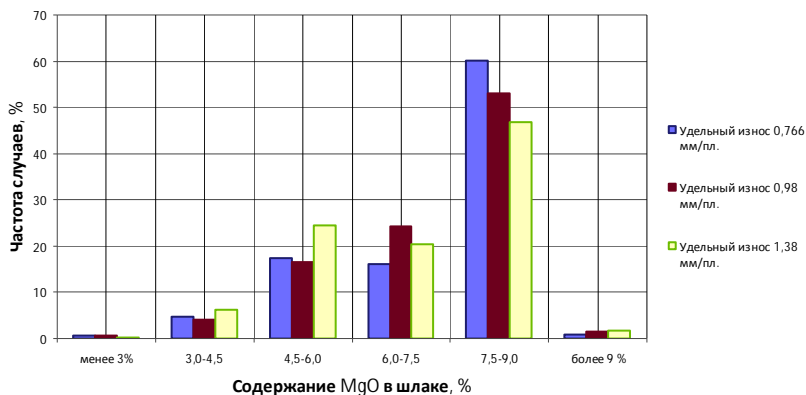


Рис. 2. Зависимость удельного износа футеровки стальной ковшеи от содержания MgO в шлаке

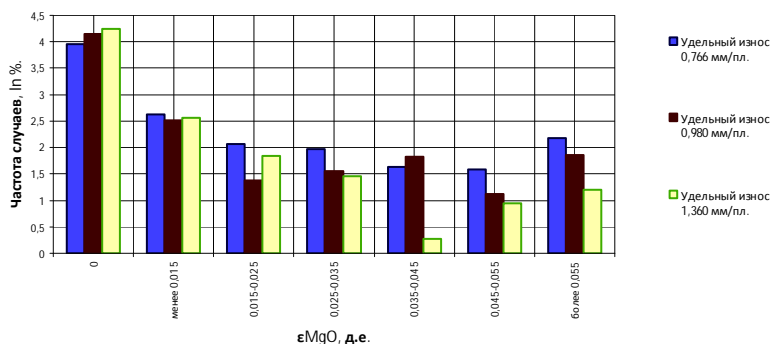


Рис. 3. Зависимость удельного износа футеровки стальной ковшеи от насыщенности шлака MgO

Для определения оптимального количества необходимых для добавки в шлак MgO-содержащих материалов дополнительно исследовали массив плавов, который разделили на три группы: 1) низкоуглеродистый металл; 2) среднеуглеродистый металл; 3) высокоуглеродистый металл. Для каждой группы рассчитывалось среднее содержание MgO в гомогенном шлаке.

Для низко- и среднеуглеродистых марок стали содержание MgO колеблется от 7 до 7,5%. В таких марках стали для достижения насыщенности шлака по MgO и, как следствие, снижения его агрессивных свойств по отношению к футеровке необходимо повышать содержание MgO на 1–1,5%.

У высокоуглеродистых марок стали среднее содержание MgO в гомогенной фазе шлака составляет 6,0–6,5%. Необходимо повысить MgO на 2,0–2,5%.

Выводы:

В данной работе были рассмотрены вопросы влияния шлака на износ футеровки сталеразливочных ковшеи.

Выработаны рекомендации по повышению надежности работы стелеразливочных ковшей.

Вязкость шлака обратна пропорциональна износу огнеупорных изделий.

Список литературы

1. Стрелов К.К., Кашеев И.Д. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. М.: Metallургия, 1996.
2. Новиков В.К., Невидимов В.Н. Полимерная природа расплавленных шлаков. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 62 с.
3. Kondratiev A. Modeling of Viscosities of the Partly Crystallized Slags in the Al_2O_3 -CaO-FeO-SiO₂ System/ A. Kondratiev, E. Jak// Metallurgical and Materials Transactions, 2001. Vol. 32B. Pp. 1027-1032.
4. Kondratiev A. Predicting slag viscosities in metallurgical systems / A. Kondratiev, E. Jak, P.C. Hayes // JOM, 2002. November. Pp. 41-45.

УДК 621.746.4

М.Н. Насонов, К.В. Шутов, К.Н. Вдовин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

В последние годы при выборе метода литья наибольшее внимание уделяют экономической составляющей литейного процесса, который очень затратен. Наиболее экономически выгодным процессом литья является литье по газифицируемым моделям (ЛГМ). Несмотря на его преимущества, главным недостатком этого вида литья являются габаритные литниковые системы, что ведет к уменьшению выхода годного и большим затратам.

В научной литературе расчёты литниковой системы для ЛГМ процесса не однозначны, хотя этот метод существует уже давно, и по его исследованию было написано большое количество работ.

При ЛГМ к литниковым системам наряду с общепринятыми требованиями при изготовлении отливок традиционными способами литья предъявляют дополнительные, которые обусловлены особенностями этой технологий*. Их три:

1. При заливке формы металлом необходимо создать фронт взаимодействия металла с моделью, способствующий постепенному замещению ее расплавом.

* Шуляк В.С. Литье по газифицируемым моделям. СПб.: НПО «Профессионал», 2007. 408 с.

2. При конструировании литниковой системы необходимо обеспечить отсутствие разрежения в модели при заливке формы металлом. Процесс горения полистирола в полости литейной формы нежелателен, т.к. при этом значительно увеличивается выделение газообразных продуктов и сажи углерода.

3. Важным фактором является обеспечение оптимальной скорости заливки формы металлом, т.к. нарушение этого режима приведет к снижению качества отливки и даже к обвалам формы.

Провели исследования по снижению металлоемкости литниковой системы отливки. Доменная форма на ММК изготавливается сваркой, но стойкость ее удовлетворяет потребителей. В развитых странах с большой доменной металлургией формы изготавливают литьем (Корея, Китай, Япония).

На первом этапе (рис.1) модель была расположена таким образом, что ее рыло было направлено вниз, а саму форму заливали при помощи сифонной литниковой системы. Осмотрев отливку, установили, что она имеет недолив верхней части «наружной рубашки» и, кроме того, произошел обвал формы по «внутренней рубашке».

На следующем этапе модель установили «рылом» вверх, и оно уже служило своеобразной прибылью. Также была применена сифонная заливка. После выбивки наблюдали недолив рубашек (рис. 2).



Рис. 1. Отливка, полученная в результате заливки через рыло сифонной литниковой системой



Рис. 2. Отливка с сифонной литниковой системой

На следующем этапе расположение модели не изменили, а литниковую систему составили из сифонной с добавлением двух питателей, подводимых во «внешнюю рубашку». После осмотра полученной отливки выявлены недоливы по «внутренней» и «внешней» рубашкам (рис. 3).

На последующем этапе изготовили совмещенную литниковую систему, состоящую из сифонной и двухуровневой системы, подводимой к «внешней рубашке», а также соединение двух рубашек при помощи добавочных питателей. Осмотр показал, что на этом этапе получили здоровую отливку (рис. 4).



Рис. 3. Отливка с сифонной литниковой системой и добавочными 2 питателями во «внешнюю рубашку»



Рис. 4. Отливка с совмещенной литниковой системой

Выводы:

В процессе анализа расчетов по формулам выявлено, что габариты, а значит, и масса литниковой системы, оказались зависимы от коэффициента потерь расхода μ_r , который, в свою очередь, зависит от коэффициента газопроницаемости η . И чем выше коэффициент газопроницаемости антипригарных красок, тем меньше масса литниковой системы (рис. 5).

$$\sum F_{II} = \frac{1000 \cdot G}{\mu \cdot \tau_3 \cdot \mu_r \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}},$$

где $\sum F_{II}$ – суммарная площадь питателей, см^2 ; μ – коэффициент расхода литниковой системы (0,4-0,35); τ_3 – время заливки, с; μ_r – коэффициент потерь расхода; ρ – плотность заливаемого металла, г/см^3 ; g – сила тяжести; H_p – гидростатический напор, см; G – масса отливки с прибылями и литниковой системой, кг.

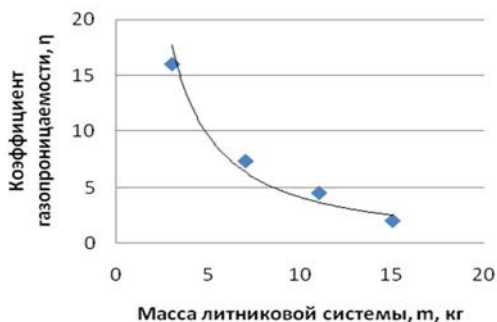


Рис. 5. Зависимость массы литниковой системы от коэффициента газопроницаемости

К.В. Шутов, М.Н. Насонов, К.Н. Вдовин
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ДОМЕННОЙ ФУРМЫ

Для устранения недостатков, связанных с изготовлением фурм методом сварки, исследовали возможность производства фурм по технологии литья по газифицируемым моделям (ЛГМ).

Изготовление разовой модели при ЛГМ является наиболее трудоемкой и ответственной частью всего технологического процесса производства отливки, так как качество модели, ее геометрическая точность определяют качество литой детали. Количество составных частей модели зависит от способа ее изготовления, который, в свою очередь, определяется серийностью производства. При единичном производстве отливок ЛГМ-методом модели изготавливаются из пенополистироловых плит механической обработкой на токарных станках или накаливаемой струной*.

Технологически сложные особенности конструкции фурмы – небольшая толщина стенки при ее значительной высоте, что, в свою очередь, затрудняет процесс изготовления модели на токарном станке. Такое соотношение толщины стенки к высоте критично как для отливки, так и для модели. Поэтому для изготовления модели фурмы требуется наличие подходящего материала и оборудования. Станок для резки полистирола должен обладать соответствующей функциональностью, а также необходимо задействовать труд квалифицированного модельщика.

Модель фурмы вырезали нагретой нихромовой струной диаметром 0,5 мм. Для получения ровного и чистого поверхностного слоя реза большое значение имеет скорость подачи материала, которая была подобрана опытным путем. Одно из преимуществ этого способа обработки полистирола состоит в том, что гранулы не выкрашиваются, а оплавляются по разрезаемой поверхности и частично испаряются. Благодаря плавлению образуются очень тонкие полистирольные волокна, которые вытягиваются вдоль реза и закрывают поры (рис. 1,2).

Важную роль в порезке плит полистирола имеет температура струны. Если она высокая, то не образуются волокна и чистота поверхности реза понижается. Если же она низкая – появляются наплывы на модели, что влечет нарушение геометрии (рис. 3). Оптимальную температуру струны для резки модели фурмы определили опытным путем, она составляет 300⁰С.

Особое значение имеет применение качественного материала. Для исключения такого вида дефекта, как разностенность модели, использо-

* Шуляк В.С., Рыбаков С.А., Григорян К.А. Производство отливок по газифицируемым моделям. М., 2001.

вали пенопласт с объемной массой $0,025 \text{ г/см}^3$, с равномерной структурой, без недовспенивания отдельных гранул и инородных включений.

Сборку элементов в модель осуществляли, используя строительный клей Титан (рис. 4). В дальнейшем планируется освоение термически твердеющего клея ГИПК-25-58, а также клея на основе канифоли пчелиного воска (соотношение 50:50) [3].



Рис. 1. Модель, изготовленная на токарном станке



Рис. 2. Модель, изготовленная на станке с накаливаемой струной



Рис. 3. Брак на модели, вырезанной «холодной» струной



Рис. 4. Готовая пенополистироловая модель доменной фурмы

Так как фурма имеет внутреннюю замкнутую полость, то для обеспечения заполнения ее сыпучим материалом при формовке модель фурмы выполнена с отъемным носком (рыльной частью), которую приклеивали отдельно.

Большую роль в получении качественной отливки играет противопригарное покрытие модели, к которому при ЛГМ предъявляются особые требования. Противопригарное покрытие не только обеспечивает качество поверхности отливки, но и непосредственно влияет на основные параметры процесса ЛГМ: скорость заполнения формы металлом, температуру заливки, газопроницаемость формы. То есть свойства противопригарного покрытия определяют формирование отливки и ее качество.

На этапе получения готовой модели фурмы был использован ряд покрытий:

- 1) графитовая краска на водяной основе собственного производства;
- 2) цирконовые краски на спиртовой основе производства ООО «Карбохим», г. Дзержинск и ООО «Фосфогипс-технология», г. Екатеринбург;

3) противопопригарное покрытие для цветного литья на водяной основе «Politeq-Met» (Politeq-met, Германия);

4) противопопригарное покрытие для цветного литья на водяной основе «Politor» (Polimet, Германия).

Противопригарное покрытие наносится на поверхность модели, которая имеет низкую шероховатость, поэтому покрытие должно хорошо смачивать материал модели. При формовке модели формовочный материал непосредственно воздействует на противопопригарное покрытие, поэтому оно должно обладать высокой стойкостью к истиранию. Еще одним важным показателем качества противопопригарных красок является газопроницаемость. Помимо этого, покрытие должно повышать жесткость модели, увеличивать ее прочность, уменьшать возможность деформации стенок модели и элементов литниковой системы при формовке. К отливке фурмы, из-за особенностей ее конфигурации, следует относиться особенно внимательно, т. к. отклонение от любого из всех вышеперечисленных требований к покрытию может критично сказаться на качестве фурмы.

Все заданные требования к модели фурмы может обеспечить противопопригарное покрытие Politeq-met, которое придает модели дополнительную прочность и является наиболее устойчивым к взаимодействию формовочного материала с металлом.

На следующем этапе рассматривается возможность освоения следующих красок с целью снижения себестоимости изготовления модели:

1. Раствор поливинилбутираля в АПК с добавлением дистенсиллиманита и вспученного перлита [4].

2. Раствор поливинилбутираля в АПК с добавлением пылевидного кварца и вспученного перлита [4].

АПК - растворитель, состоящий из 22% ацетона, 12% бензина и 66% этилового спирта.

Благодаря всем вышеизложенным мерам при производстве модели фурмы, отливка фурмы получается с чистой литой поверхностью, не требующей мехобработки, уже на стадии опробования литья фурм (рис. 5).



Рис. 5. Литая фурма

УДК 620.22-419.8:658.567:678

О.В. Ершова, Л.Г. Коляда, Ю.С. Крапивко
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время объемы производства полимеров во всем мире совпадают с объемами производства чугуна, стали, проката и цветных металлов вместе взятых. В целом ежегодно из общего объема произведенных и использованных полимеров до 75% материалов попадает в отходы. Поэтому переработка полимерных отходов в новые материалы – самый экономически целесообразный путь их использования.

В это же время около четверти территории Уральского региона оцениваются как кризисные в связи с загрязнением, связанным с хранением отходов производства. Ежегодно вновь образуется 90 млн т отвалов, из них перерабатывается не более 50%. Современный научно-технический подход к переработке шлаков позволяет рассматривать их как ценное сырье.

В связи с этим кафедрой химии, технологии упаковочных производств был предложен и получен вспененный с помощью азодикарбонида (вспениватель марки ЧХЗ-21) композиционный материал на основе вторично переработанных отходов ПВХ-конструкций и шлаковых отходов в качестве наполнителей.

Данный композит предложен для использования в рекламной отрасли (небольшие рекламные стенды, вывески, информационные табло, объемные буквы и др.), в торговле (полки, витрины, прилавки, стеллажи), в строительстве тонкие листы композита можно использовать для внутренней отделки помещений с повышенной влажностью, в системах кондиционирования воздуха и вентиляции, тепло- и звукоизоляции, в дверных панелях. В упаковочной отрасли из композита можно изготавливать различные контейнеры и лотки, ящики и другую тару для транспортировки и хранения продукции.

В лабораторных условиях образцы композита были получены с помощью специально разработанной пресс-формы, погружаемой в печь с заранее установленной температурой.

Сравнению подверглись образцы материала с различным содержанием наполнителя, в качестве которого использовалась зола уноса и зо-

лошлак Южноуральской ГРЭС, а также доменный шлак ММК. Предварительно был проведен анализ фракционного (табл. 1) и химического состава (табл. 2) всех видов наполнителя.

Таблица 1

Фракционный состав наполнителей

| Фракция, мм | Содержание фракции, % | | |
|-------------|-----------------------|----------|----------|
| | Зола уноса | Золошлак | Шлак ММК |
| 5 | - | 9,2 | - |
| 3 | - | 6,1 | 2,8 |
| 2 | - | 6,4 | 10,0 |
| 1 | 1,2 | 7,4 | 25,2 |
| 0,5 | 2,2 | 9,6 | 28,4 |
| 0,25 | 4,1 | 25,4 | 21,5 |
| Остаток | 92,5 | 35,9 | 12,1 |

Таблица 2

Химический состав наполнителей

| Вещество | Содержание вещества, % | | |
|--------------------------------|------------------------|----------|------|
| | Зола уноса | Золошлак | Шлак |
| C | 1,64 | 3,14 | - |
| S | 0,2 | 0,15 | 0,7 |
| SiO ₂ | 56,6 | 52,2 | 36,4 |
| Al ₂ O ₃ | 25,5 | 23,3 | 13 |
| FeO | 6,9 | 10,4 | 0,25 |
| CaO | 2,5 | 4,4 | 38,1 |
| MgO | 1,82 | 1,96 | 7,7 |
| K ₂ O | 2,34 | 2,2 | 1,26 |
| Na ₂ O | 0,65 | 0,57 | 0,92 |
| TiO ₂ | 1,17 | 1,06 | 1,27 |
| MnO | 0,37 | 0,23 | 0,4 |
| P ₂ O ₅ | 0,31 | 0,39 | - |

Для испытаний полученного композита были выбраны параметры, которые, в первую очередь, интересуют потенциальных потребителей: безопасность материала, прочность соединений и эксплуатационные показатели.

С целью оптимизации производственного процесса было решено построить математическую модель. Методом построения математической модели производства выбран регрессионный анализ результатов проведения полного многофакторного эксперимента.

В качестве выходного параметра, имеющего значение для потребителя, была выбрана плотность готового продукта (ρ), так как вес единицы продукции является одним из главных параметров при определении экономических показателей технологии.

Время проведения испытания (t), концентрация вспенивателя (С), приложенное усилие (давление в камере - P) выбраны варьируемыми, т.е. оценивалось их влияние на плотность композита.

В результате проведения эксперимента получена следующая модель:

$$\rho = 0,828 - 0,071 \cdot t - 0,036 \cdot C - P(0,030 + 0,037 \cdot C).$$

Модель отражает зависимость плотности полимера от всех выбранных факторов (с учетом коэффициентов), а также от сочетания двух факторов (совместного влияния): концентрации и давления.

С учетом данной модели были получены образцы с содержанием минеральных наполнителей в концентрациях 5, 15 и 25% для проведения испытаний на безопасность, прочность соединений и эксплуатационные показатели. Плотность композита от 0,8 до 1,2 г/см³ в зависимости от содержания наполнителя.

Безопасность материала. В качестве основной угрозы для жизни и здоровья человека было выбрано изменение рН при нагревании полимера во влажной среде. В отсутствие наполнителя наблюдается выщелачивание пробы, чего не происходит в образцах композита, содержащего 15 и 25% золы и золошлака (табл. 3). Этот эффект позволяет обеспечить некоторую буферность композита, т.е. постоянство его рН при изменяющихся условиях, при подборе оптимальной концентрации наполнителя для конкретных условий его эксплуатации.

Таким образом, добавление золы ГРЭС в композит положительно сказывается на его безопасности.

Таблица 3

Изменение рН

| Наполнитель | Без наполнителя | Зола уноса | | | Золошлак | | | Шлак | | |
|--------------------------|-----------------|------------|-------|-------|----------|------|-------|------|------|------|
| | | 5 | 15 | 25 | 5 | 15 | 25 | 5 | 15 | 25 |
| Концентрация, % | 0 | | | | | | | | | |
| Изменение рН при T= 30°C | 0,18 | -0,40 | -0,45 | -1,05 | 0,27 | 0,74 | -0,52 | 0,37 | 0,87 | 0,26 |
| Изменение рН при T= 80°C | 0,64 | -0,01 | -0,04 | -0,64 | 0,88 | 1,50 | -0,23 | 0,87 | 1,04 | 0,69 |

Прочность соединений композита. Для проверки прочности соединений материала было выбрано самое простое соединение – резьбовое, позволяющее собирать конструкции на месте (например, рекламные стенды) или ремонтировать изделия в процессе эксплуатации (например, ящики или лотки).

Опыты по разрыву резьбового соединения проводились с использованием разрывной машины. Измерение усилия, необходимого для разру-

шения соединения, проводилось при постоянной длине резьбы в 10 мм, что составляет 4 витка, высота резьбы – 1,5 мм (табл. 4).

Таблица 4

Усилие, необходимое для разрыва резьбового соединения

| Концентрация | 0 | 5 | | | 15 | | | 25 | | |
|--------------|------|------|---------------|------|------|---------------|------|------|---------------|------|
| Наполнитель | - | Зола | Золо- шлак | Шлак | Зола | Зо- лошлак | Шлак | Зола | Зо- лошлак | Шлак |
| Усилие, Н | 1220 | 930 | 1010 | 610 | 890 | 810 | 600 | 860 | 560 | 510 |

Полученные результаты позволяют судить о влиянии вида наполнителя, а именно его фракционного состава на прочность соединения. Зола уноса распределяется в объеме более равномерно, что обеспечивает лучшие прочностные характеристики.

Эксплуатационная характеристика. Для оценки возможности эксплуатации полученного композита при различных температурных условиях было исследовано влияние концентрации и вида наполнителя на изменение линейных размеров образцов в диапазоне температур 60°C. Для испытаний использовалась климатическая камера, позволяющая точно выдерживать температуру в течение длительного времени. Образцы были помещены в камеру при температурах -30 и 30 °C на 4 ч, после чего наибольший размер образцов измерялся микрометром (табл. 5).

Таблица 5

Изменение размеров образцов при перепаде температур 60°C

| Наполнитель | Изменение линейного размера, мм/м, при концентрации наполнителя, % | | |
|-------------|--|-----|-----|
| | 5 | 15 | 25 |
| Зола уноса | 1,2 | 1,8 | 2,2 |
| Золошлак | 2,2 | 3,4 | 4,0 |
| Шлак | 1,4 | 2,4 | 2,8 |

Изменение размеров образцов с низким и средним содержанием наполнителя можно считать допустимыми при изготовлении конструкций, подверженных перепадам температур.

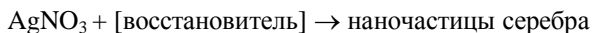
Проведенные исследования позволяют сделать вывод о пригодности полученного композита на основе полимерных и минеральных отходов для использования в строительной, рекламной и упаковочной отраслях.

Л.Г. Коляда, Е.В. Тарасюк, Ю.Ю. Ефимова, Н.И. Кремлева
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА ИЗ РАСТВОРОВ

В последние годы уделяется много внимания наночастицам серебра. Это связано с тем, что они обладают уникальным набором ценных свойств, благодаря которым они служат материалом для создания электронных, оптических, сенсорных устройств нового поколения и т.д. Одно из главных свойств наночастиц серебра – дезинфицирующее свойство, что делает наносеребро незаменимым для профилактики и борьбы с инфекционными процессами, включающими антисептическую промывку, аппликацию, обеззараживание воды, сохранение пищевых продуктов, модификацию традиционных материалов с целью придания им эффективных биоцидных свойств [1].

Наночастицы серебра в водных растворах получают путем восстановления ионов серебра. Процесс протекает по схеме:



В качестве восстановителей используют глюкозу, аскорбиновую кислоту, цитрат натрия, гидразин, боргидрид натрия и др. Реакцию восстановления проводят в различных условиях [1, 2]. При этом важное значение имеет стабилизация наночастиц серебра, так как последние подвергаются быстрому окислению и легко агрегируют в растворах. Поэтому много работ посвящено разработке методов эффективной стабилизации таких частиц.

Цель работы заключалась в изучении процессов получения стабильного гидрозоля, содержащего наночастицы серебра.

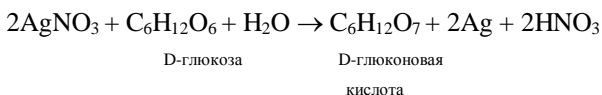
Для осуществления цели настоящей научно-исследовательской работы решались следующие задачи:

- изучение закономерностей синтеза наночастиц серебра в присутствии органических восстановителей;
- оптимизация режима синтеза агрегативно-устойчивых наночастиц серебра;
- изучение физико-химических свойств и морфологии наночастиц серебра.

Для проведения работы использованы: методики восстановления солей серебра органическими восстановителями, метод визуального наблюдения для описания устойчивости золя серебра во времени, метод оптической спектроскопии в видимой и УФ областях (спектрофотометр СФ-26), метод сканирующей электронной микроскопии (микроскоп JSM 6490 LV), микрорентгеноспектральный анализ.

В качестве исходных растворов были взяты растворы нитрата серебра (AgNO_3) следующих концентраций: 0,001 М, 0,005 М, 0,0001 М, 0,0005 М. В качестве восстановителей использовали 0,01 М и 0,05 М растворы глюкозы, лимонной и аскорбиновой кислот. Соотношение объемов растворов 1:1. Термообработку растворов проводили при температуре 96-98 °С в течение 120 мин. Цвет раствора после термообработки менялся от прозрачного и бледно-желтого до ярко-желтого. Полученные золи стабилизировали с использованием токов высокой частоты (СВЧ) и обработкой ультразвуком в течение 5 мин. После обработки ультразвуком цвет золя серебра переходит от желтого к серому, что свидетельствует об агрегации частиц. Установлены наиболее оптимальные условия восстановления наночастиц серебра: концентрация раствора AgNO_3 – 0,0001 М, эффективный восстановитель – 0,05 М раствор глюкозы ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), стабилизация золя СВЧ в течение 5 мин. Золь, полученный таким способом, имеет ярко-желтую окраску.

Предполагается следующая схема протекания химической реакции:



Вследствие высокой восстановительной способности глюкозы на начальном этапе образуется большое количество мелких кластеров, при дальнейшей необратимой агрегации которых получают более крупные агрегаты [2].

На спектре поглощения оптическая плотность – длина волны (рис.1) фиксируется выраженный максимум при длине волны $\lambda = 430$ нм, что соответствует по литературным данным [2, 3] поверхностному плазмонному резонансу изолированных и слабо взаимодействующих частиц серебра размерами до 50 нм. После экспозиции в течение 5, 13 сут спектр поглощения золя практически не изменяется, что свидетельствует об отсутствии активной агрегации частиц.

Количественную характеристику агрегативной устойчивости дает метод электронной микроскопии, т. к. позволяет получить распределение частиц по размерам и формам, а также дает представление о расположении наночастиц в пространстве [4]. Методом сканирующей электронной микроскопии получены фотографии наночастиц серебра (рис.2). Наряду с размерами наночастиц до 50 нм встречаются более крупные агрегаты размерами до 160 нм.

Микрорентгеноспектральный анализ золя обнаруживает присутствие углерода и кислорода, относящиеся к исходному углеводороду – глюкозе. Наличие алюминия и меди в спектре относится к подложке прибора, на которую наносили золь. Присутствие в образце золя серебра подтверждает образование его наночастиц.

Закключение. В ходе исследований было установлено, что эффективным восстановителем наночастиц серебра является глюкоза. При восстановлении глюкозой в золях образуются наночастицы серебра размером до 50 нм.

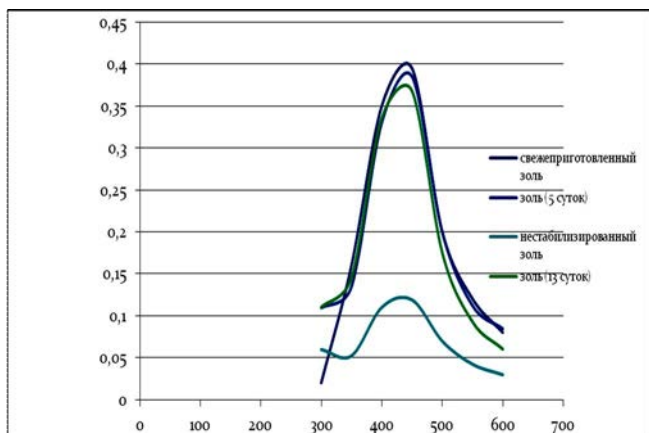


Рис. 1. Спектр поглощения наночастиц серебра

В дальнейшем предполагается получить наночастицы серебра, пригодные для введения в полимерную композицию, что позволит улучшить не только эксплуатационные свойства упаковочных материалов, но при этом увеличить срок хранения пищевых продуктов.

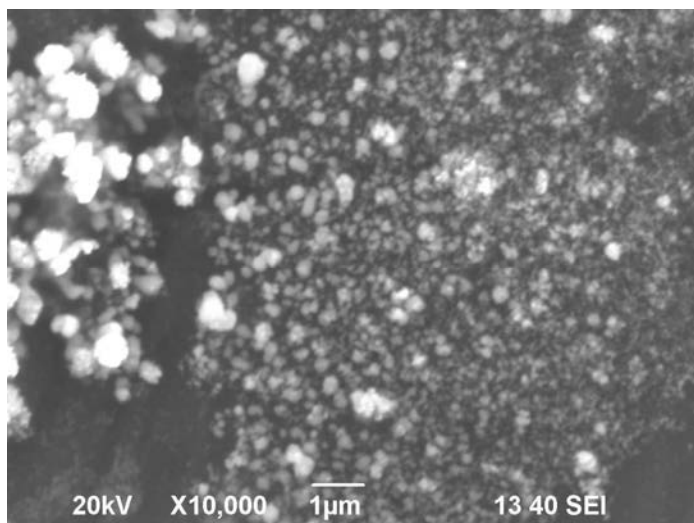


Рис. 2. Изображение наночастиц серебра, полученное методом сканирующей электронной микроскопии

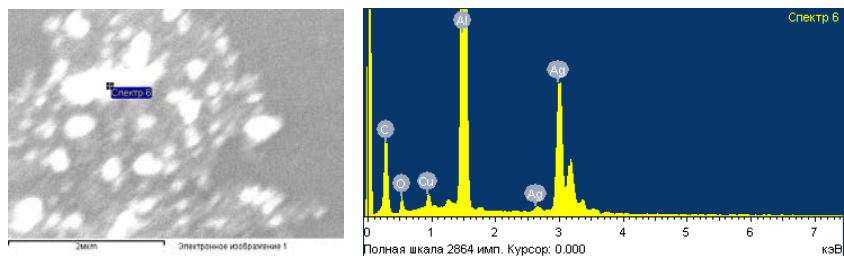


Рис. 3. Изображение и спектр микрорентгеноспектрального анализа золя серебра

Список литературы

1. Наночастицы металлов в полимерах /А.Д. Помогайло [и др.]. М.: Химия, 2000. 672 с.
2. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы / Ю.А. Крутяков [и др.] //Успехи химии. 2008. Т.77. С.242-269.
3. Получение композитных пленок с наночастицами серебра и их фрактальными агрегатами в полимерной матрице / Сайфуллина И.Р. [и др.] // Журнал прикладной химии. 2006. Т.79. №10. С.1660-1663.
4. Вегера А.В., Зимон А.Д. Синтез и физико-химические свойства наночастиц серебра, стабилизированных кислотным желатином // Журнал прикладной химии. 2006. Т.79. №9. С.1419-1422.

УДК 676.83

Л.Г. Коляда, С.С. Бербер

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КАРТОННЫХ ВТУЛОК

Картонные втулки (гильзы, шпули, трубы) спиральной навивки широко применяются для намотки всевозможных рулонных материалов, в т. ч. различной металлопродукции: рулонной стали, стальной ленты, проволоки, сетки. Втулки изготавливают в виде цилиндров различных геометрических размеров (длины, внутреннего и наружного диаметра, толщины стенки), имеющих различную отделку торцов в зависимости от их назначения и требования заказчика.

Картонные втулки в ОАО «ММК» используются в качестве переходной втулки для защиты внутренних витков холоднокатаного металла толщиной 0,25–0,45 мм от механических повреждений, возникающих при намотке металла на барабан моталки, а также при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировке потребителю. Поэтому картон-

ная втулка должна обладать высокими прочностными характеристиками и выдерживать большую нагрузку при размотке рулонных материалов на высокоскоростных машинах. Прочность втулок зависит от: геометрических факторов (диаметра, высоты, толщины стенок), вида картона и клея, угла навивки (прямая, перпендикулярная, спиральная), влияния окружающей среды (относительной влажности воздуха, температуры), длительности действия нагрузки. Хранение картонных втулок и их транспортировка происходят при различных условиях. С точки зрения относительной влажности к наиболее опасным относятся:

- открытая площадка, сырая погода;
- закрытое влажное помещение, туман.

При относительной влажности (ОВ) воздуха 100% в структуре картона проявляется капиллярная конденсация. При этом набор влаги картоном продолжается несколько суток, в результате он становится рыхлым и теряет прочностные свойства.

Цель работы: изучить влияние влажности на прочностные свойства картонных втулок.

Задачи:

- изучить влияние влажности на радиальную прочность картонных втулок;
- изучить способы гидрофобизации поверхности картонных втулок.

Основным показателем качества картонных втулок является радиальная прочность, которую определяли на разрывной машине с максимальным усилием в 2500 Н. Испытание проводили на образцах длиной (100 ± 1) мм, вырезанных из изделия перпендикулярно его оси. Для сравнения прочности втулок, изготовленных из различного картона, были отобраны образцы с внутренним диаметром 76 мм и толщиной стенки 10 мм. Радиальная прочность измерялась для образцов, кондиционированных по ГОСТ 13523-78 (при относительной влажности воздуха $(50 \pm 2)\%$ и температуре $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч) и для образцов, экспонированных при 100%-ной относительной влажности в течение 120 ч. В табл. 1 представлены значения радиальной прочности картонных втулок.

Анализ радиальной прочности картонных втулок показывает, что прочность втулки зависит от марки картона (толщины и прочностных свойств): чем больше толщина картона и его прочность (картон марки С-4), тем более высокой радиальной прочностью он обладает. После экспозиции втулок во влажной среде их прочность резко снижается от 28 до 43%.

Таблица 1
Радиальная прочность втулок с толщиной стенки 10 мм

| Марка картона | Радиальная прочность, Н | | Падение прочности, % |
|---------------|---|--|----------------------|
| | образец кондиционированный по ГОСТ 13523-78 | образец после экспозиции при 100%-ной ОВ | |
| КТ - 06 | 820 | 500 | 39 |
| В - 1 | 700 | 500 | 28 |
| С - 4 | 970 | 550 | 43 |

Для предотвращения влияния влажности на прочностные свойства втулок были опробованы следующие способы гидрофобизации поверхностей картонных втулок:

- покрытие поливинилацетатной дисперсией (ПВА);
- казеиновый клей с канифольным наполнителем;
- битумное покрытие;
- парафиновое покрытие;
- полиэтиленовая пленка.

После нанесения покрытий втулки на основе картона марки С-4 диаметром 8 мм экспонировались в условиях 100%-ной относительной влажности в течение 120 ч. Увеличение массы и снижение радиальной прочности по сравнению с втулками без покрытий являются показателями, по которым оценивалось качество покрытия. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Наилучшими гидрофобизирующими свойствами обладают покрытия из битума, парафина и полиэтиленовой пленки. Снижение радиальной прочности втулок с этими покрытиями наименьшее. Покрытие из клея ПВА и казеинового клея с канифольным наполнителем практически не препятствует проникновению влаги.

Таблица 2

Изменения массы и радиальной прочности втулок с различными гидрофобизирующими покрытиями после экспозиции при 100 %-ной ОВ

| Вид покрытия | Увеличение массы втулки, % | Снижение радиальной прочности, % |
|--|----------------------------|----------------------------------|
| Без покрытия | 9,2 | 61 |
| ПВА | 8,0 | 61 |
| Казеиновый клей с канифольным наполнителем | 8,8 | 44 |
| Парафин | 4,0 | 22 |
| Битум | 1,5 | 14 |
| Полиэтиленовая пленка | 0,8 | 5 |

Эксплуатационные испытания картонных втулок с гидрофобизирующими покрытиями проводились в следующих условиях:

1) перепад температур и влажности: а) экспозиция при 100 %-ной ОВ и температуре 23°С в течение 24 ч; б) снижение температуры до – 50°С в течение 24 ч; в) повышение температуры до 23°С в течение 2 ч. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Покрытия из парафина и битума оказывают защитное действие от проникновения влаги и, соответственно, снижения прочности, но наилучшими защитными свойствами обладает упаковка втулок в полиэтиленовую пленку;

2) испытания с погружением в воду с температурой 23°С на 120 мин. Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Таблица 3

Изменения массы и радиальной прочности втулок в условиях перепада температур и влажности

| Вид покрытия | Увеличение массы втулки, % | Снижение радиальной прочности, % |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Без покрытия | 6 | 40 |
| Парафин | 1 | 15 |
| Битум | 1 | 10 |
| Полиэтиленовая пленка | 1 | 5 |

Таблица 4

Изменения массы и радиальной прочности втулок при погружении в воду

| Вид покрытия | Увеличение массы втулки, % | Снижение радиальной прочности, % |
|---|----------------------------|----------------------------------|
| Без покрытия | 88 | 98 |
| Парафин | 15 | 80 |
| Битум | 2 | 5 |
| Полиэтиленовая пленка | 0 | 0 |
| Полиэтиленовая пленка с нарушением герметизации | 80 | 95 |

По результатам испытаний наилучшие показатели – у битумного покрытия: в ходе погружения влага незначительно проникла в структуру втулки. Но покрытие из битума имеет ряд недостатков: является довольно марким при нормальных условиях и обладает слабой теплостойкостью при температуре выше 40°C.

Высокую надежность проявляет герметичная упаковка в полиэтиленовую пленку. Однако наличие дефектов в упаковке приводит к проникновению влаги, к значительному намоканию втулки и потере радиальной прочности. Парафиновое покрытие при погружении в воду не проявляет надежных защитных свойств.

Выводы:

1. Хранение и транспортировка картонных втулок в условиях 100%-ной относительной влажности приводит к потере прочности от 28 до 43%.
2. Наилучшими гидрофобизирующими свойствами картонных втулок в условиях перепада температур и влажности обладают покрытия из битума, парафина и пленки полиэтилена.
3. Наилучшие защитные свойства при погружении картонных втулок в воду с сохранением высокой радиальной прочности проявляют покрытия из битума и полиэтиленовой пленки.

Л.А. Бодьян, А.В. Кремнева

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ЦВЕТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПЕЧАТИ НА УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ И УПАКОВКЕ

На качество печати на упаковке оказывают влияние следующие основные факторы: экономический, производственный, квалификация персонала. В рамках рассматриваемой тематики обратим внимание на производственный фактор, где определяющими являются допечатные, печатные, послепечатные процессы, а также свойства материалов, используемых для изготовления печатной продукции. Каждый из которых, в свою очередь, содержит перечень параметров. К основным параметрам относятся: цвет (координаты цвета, оптическая плотность, форма растровой точки, растискивание, равномерность распределения краски и т.д.); разрешение (резкость, градация, диапазон плотностей); качество приводки; свойства поверхности запечатываемых материалов.

Все параметры должны быть определяемыми и измеряемыми. Использование для этих целей аппарата человеческого зрения не позволяет эффективно решать поставленные задачи, поскольку зрение человека является всегда субъективным, следовательно, глаз человека не может использоваться для выполнения абсолютных цветовых измерений. Только инструментальная оценка обеспечивает объективное и при необходимости автоматизированное управление качеством печати. Поэтому для этих целей были разработаны специальные средства измерений.

Средства измерений различаются:

- по метрологическому назначению – на рабочие и метрологические;
- по конструктивному исполнению – на меры, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы и измерительные комплексы;
- по уровню автоматизации – на неавтоматические, автоматизированные и автоматические;
- по уровню стандартизации – на стандартные и нестандартные;
- по отношению к измеряемой величине – на основные и вспомогательные.

Когда цвет объекта оценивается прибором, то отраженный свет с определенной длиной волны фиксируется как определенное числовое значение. Количество и точность этих значений зависят от самого прибора. Их можно интерпретировать либо просто через величину оптической плотности, или интенсивности (density), - для этого служит денситометр; либо через трехмерные координаты цвета – так поступает колориметр; либо через спектральные данные – как это делают спектрофотометры.

Рассмотрим каждый из этих видов приборов.

Колориметр – прибор для измерения трёх координат цвета в одной из колориметрических систем. Колориметры разделяют на визуальные и фотоэлектрические (объективные).

В визуальных колориметрах цвет измеряется уравниванием цвета двух половин поля зрения, на одной из которых наблюдается измеряемый цвет, а на другой – цвет смеси трёх основных цветов прибора: красного, зелёного, синего. Определение цвета производится по измерению цветовых координат смеси, которые представляют собой количества основных цветов колориметра, отнесённые к единичным количествам этих цветов.

Достоинства визуального колориметра – простота измерений и высокая точность определения координат; недостаток – субъективная оценка цветов. Кроме того, цвет выражается в системе цветов колориметра и для выражения его в международной системе необходим пересчёт. Также трудно измерять непосредственно цвет предметов, он удобен лишь для измерения цвета образцов.

Принцип действия фотоэлектрических колориметров подобен рассмотренному ранее, но они спроектированы под конкретную цветовую модель с «красной», «зелёной» и «синей» координатами. Здесь используется ограниченное число отдельных датчиков, светофильтры которых восприимчивы к излучению одной длины волны. Поэтому на выходе датчиков уже готовые цветовые координаты. Но проблема в том, что метод очень сильно привязан к RGB, то есть плохо подходит для цветов СМΥК. Более того, технически сложно производить светофильтры с нужными оптическими характеристиками.

Поэтому наиболее точными являются системы программной, программно-аппаратной и аппаратной калибровки оборудования с использованием калибраторов, где фильтры точно подогнаны под конкретную цветовую модель. Они используются для настройки и проверки устройств путем сравнения их показаний с эталоном. По сути, калибраторы – это те же колориметры, но имеющие большую точность соответствия цветов.

Денситометр – прибор для измерения оптических плотностей различных полиграфических материалов.

Различают две схемы построения и работы денситометров.

1. Денситометры проходящего света, работающие с прозрачными материалами. Здесь свет проходит через контролируемую фототехническую пленку, затем через один из цветных светофильтров и попадает на фотоприемник, где формируется числовое значение интенсивности прошедшего через пленку светового потока.

2. Второй тип денситометров – денситометры отраженного цвета. Он измеряет коэффициент отражения светового потока и пересчитывает его в величину оптической плотности. Денситометры на отражение, так же как и денситометры на пропускание, состоят из двух основных частей – оптико-механической и измерительного электронного блока. Основные отличия – расположение осветителя и приемника света, использование

большого количества светофильтров и применение других алгоритмов при расчете полученных величин, а также они могут измерять дополнительные параметры, а именно: оптическую плотность краски; размер растровых точек на оттиске; относительный контраст печати и др.

Для увеличения гибкости приборов фирмы-производители стремятся соединить в одном приборе возможности работы с прозрачными и непрозрачными материалами.

Спектрофотометры предназначены для регистрации интенсивности излученных, отраженных и поглощенных световых потоков. Спектрофотометры дают самую подробную информацию о цветовых свойствах изображения, поскольку они оперируют со спектральным составом цвета. Измеряемый образец освещается белым светом. Монохроматор расположен в исходящем потоке. Для улучшения характеристик и точности измерений в современных спектрофотометрах также используются двойные монохроматоры, где измеряемый образец освещается монохроматическим светом. Принцип работы спектрофотометра основан на регистрации интерференционных полос световой волны путём проецирования изображения системы интерференционных полос на фоточувствительные линейки. Распределения длин световых волн могут быть преобразованы в любую другую удобную форму.

Проведенный сравнительный анализ особенностей работы существующих средств измерения цвета позволил сделать определенные выводы.

Самыми простыми по техническому устройству и правилам эксплуатации являются денситометры. Денситометры объективно количественно оценивают силу (мощность) светового потока, который прошел сквозь вещество или отразился от данной поверхности в точке или небольшой области, ограниченной несколькими пикселями. Спектр этого потока определяется применяемым светофильтром. Они не дают полной информации о цветовых параметрах оригинала.

Колориметры представляют более развитый класс измерительных приборов, поскольку они способны снимать информацию о значениях красного, зеленого, синего цвета в каждой пробной области. При колориметрическом измерении цвета основным чувствительным датчиком является глаз, либо светофильтр. Оценка количественная интегральная и субъективная. Цвета, имеющие разные спектры и силу излучения, могут быть одинаковыми при колориметрической оценке. Например, метамерные цвета. Некоторые аппаратные калибраторы мониторов представляют собой колориметры, снабженные специальным программным обеспечением и приспособленные для работы в специфических условиях компьютерного дисплея.

Самыми сложными, точными, дорогостоящими приборами измерения цвета являются спектрофотометры. Это приборы, предназначенные для регистрации интенсивности излученных, отраженных и поглощенных световых потоков. Регистрируемую часть спектра он разбивает на несколько коротких поддиапазонов (обычно от 16 до 256) и меряет интенсивность излучения в каждом из них. Спектрофотометры дают самую подробную ин-

формацию о цветовых свойствах изображения, поскольку они оперируют со спектральным составом цвета. Данные распределения световых волн различной длины могут быть преобразованы в любую другую удобную форму. Таким образом, спектрофотометр собирает наиболее полную цветовую информацию о цвете. Другими словами, из всех перечисленных приборов наиболее точными и универсальными являются спектрофотометры, поскольку спектральные описания остаются неизменными на всех стадиях производственного процесса, поскольку они не зависят от устройства. Кроме того, из спектральных данных можно легко получить точную рецептуру красок в терминах RGB, CMYK и в любом другом цветовом пространстве. То есть они могут использоваться на этапах допечатных, печатных, послепечатных процессов: для калибровки настольных издательских систем, как измерительный инструмент при разработке и изучении красок, бумаги, светофильтров. А также для создания, сохранения и передачи параметров измеренных цветов с помощью соответствующего программного обеспечения. Их также можно использовать совместно с системой управления цветом для создания собственных цветовых профилей.

Созданы также приборы, называемые спектроденситометрами, которые сочетают возможности спектрофотометра, колориметра и денситометра в одном приборе. Спектроденситометры подходят для контроля смешивания красок, контроля цвета на этапе допечатной подготовки и печатном процессе, тестовых лабораториях и колориметрических центрах.

Таким образом, измерение цвета позволяет достигать наилучшего цветовоспроизведения:

- к минимуму сводятся отклонения в цвете на различных устройствах и на различных этапах производственного процесса;
- эти отклонения становятся предсказуемыми, а продукция в целом приобретает стабильное качество;
- любые проблематичные отклонения цвета быстро идентифицируются и исправляются с минимальными затратами времени и материалов.

УДК 621.771.23

В.М. Салганик, С.В. Денисов, М.О. Артамонова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

ДЕФЕКТЫ ТОЛСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТА И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ

В настоящее время стан 5000 ОАО «ММК» является самым мощным и уникальным объектом по производству толстолиствого проката. Основной целью данной работы является улучшение качества поверхности

раската, за счет прогнозирования и предотвращения движения и развития поверхностных трещин при горячей прокатке. Результаты работы позволяют сделать вывод о необходимости совершенствования технологии производства толстолистового проката для достижения требуемого качества поверхности листа с минимальной доработкой.

В результате выполненного детального анализа пораженности слэбов, поступающих в ЛПЦ-9, дефектами было установлено, что трещины можно классифицировать в семь групп:

- 1 – продольная осевая (87% случаев);
- 2 – поперечная осевая (0,5% случаев);
- 3 – продольная кромочная (3% случаев);
- 4 – поперечная кромочная (3% случаев);
- 5 – ребровая (5% случаев);
- 6 – поперечная на боковой грани (0,5% случаев);
- 7 – продольная на боковой грани (1% случаев).

Поверхностные трещины непрерывнолитого слэба представлены на рис. 1.

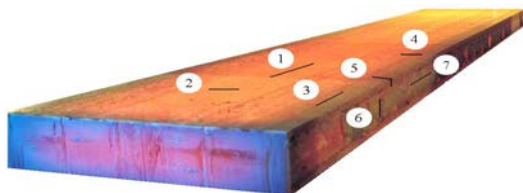


Рис.1. Поверхностные трещины непрерывнолитого слэба: продольные (1, 3, 7); поперечные (2, 4, 6); ребровые (5)

Наиболее подвержены трещинам стали класса прочности К60 (63% случаев) и марки сталей: 09Г2С (31% случаев) и 10ХСНД (1% случаев).

В работе выполнено моделирование процесса прокатки толстых листов на стане 5000 ОАО «ММК» из трещиносточувствительных марок стали с применением программного комплекса DEFORM™. В качестве исходных данных моделирования задавались параметры, соответствующие реальным условиям процесса прокатки.

При прокатке слэба с продольной осевой трещиной с увеличением степени деформации происходит прямо пропорциональное удлинение дефекта в направлении прокатки и уменьшение глубины залегания, как показано на рис. 2–4. Трещина находится под действием сжимающих напряжений в очаге деформации, поэтому наблюдается тенденция к уменьшению ее ширины. Следует отметить, что чем меньше начальные размеры трещины и чем выше коэффициент продольной вытяжки, тем больше вероятность выхода дефекта на поверхность и его полного выкатывания.

При прокатке поперечная осевая трещина слэба, представленная на рис. 5, 6, последовательно раскрывается и трансформируется в дефект в виде глубокой складки, как показано на рис. 7, 8. Раскрытие трещины происходит

в зонах передней и задней внеконтактной деформации под действием высоких продольных растягивающих напряжений. В процессе пластической деформации наблюдается тенденция к росту поперечной осевой трещины, как показано на рис. 8. Ширина дефекта при прокатке увеличивается, глубина снижается. Условия деформации не способствуют выкатыванию дефекта.

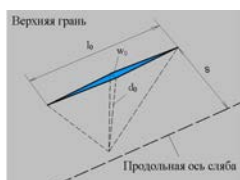


Рис. 2. Схема продольной осевой трещины

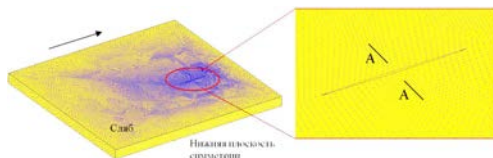


Рис. 3. Конечно-элементная модель продольной осевой трещины

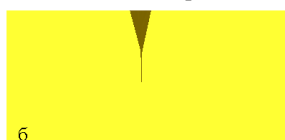


Рис. 4. Форма дефекта (сечение AA) до (а) и после (б) прокатки (суммарная степень деформации 20%)

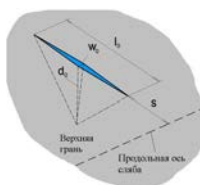


Рис. 5. Схема поперечной осевой трещины

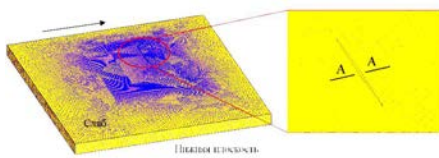


Рис. 6. Конечно-элементная модель слэба с поперечной осевой трещиной

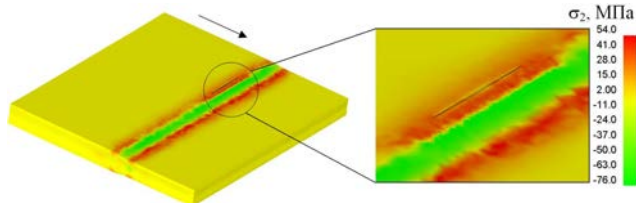


Рис. 7. Поле главных напряжений в очаге деформации и в окрестности дефекта



Рис. 8. Форма дефекта (сечение AA): а – до деформации, б – после деформации 15%; в – после суммарной деформации 30%

Механизм трансформации продольной трещины на боковой грани представлен на рис. 9. В результате разбивки ширины глубина возникших трещин увеличивается примерно в 3 раза, трещины выходят на поверхности контакта металла с валком, смещаются от кромки раската, что требует значительного увеличения объемов боковой обрезки при отделке раската.

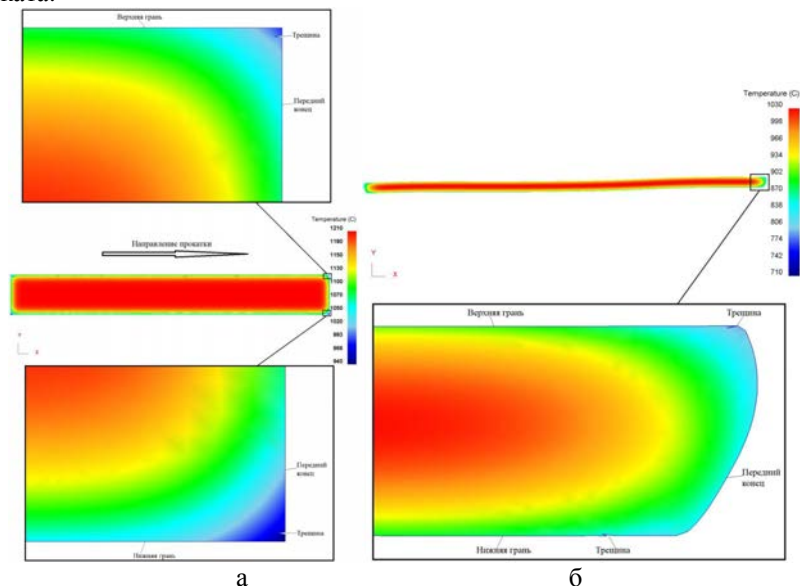


Рис. 9. Распределение температуры по сечению раската, начальное положение трещин (а) и положение трещин после разбивки ширины (б)

Анализ обобщения результатов моделирования позволил сформировать конкретные технологические предложения по предотвращению и развитию трещин при горячей прокатке.

Выполненная научно-исследовательская работа посвящена улучшению качества поверхности раската за счет прогнозирования и предотвращения движения и развития поверхностных трещин при горячей прокатке. Она позволяет сделать вывод о том, что действующая схема прокатки имеет ряд недостатков и нуждается в корректировке. Предложена новая схема контролируемой прокатки, способствующая достижению поставленных целей.

Список литературы

1. Моделирование напряженно-деформированного состояния стальных листов при прокатке с учетом наличия и развития поверхностных трещин / В.М. Салганик, А.М. Песин, Д.Н. Чикишев и др. // Иннова-

- ционные технологии обработки металлов давлением: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. Москва, 18-20 октября, 2011 г. М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. С. 255-264.
2. Салганик В.М., Пустовойтов Д.О., Артамонова М.О. Влияние температурного градиента по толщине раската на возникновение, развитие и движение трещин при прокатке толстых листов // Сб. тр. междунар. заочной науч.-практ. конференции «Наука и техника в современном мире». Ч. 2. (г. Новосибирск, 21 февраля 2012 г.). Новосибирск: Изд-во «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 46-52.

УДК 621.771

А.М. Песин, А.А. Перехожих, Д.О. Пустовойтов
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДГИБА ПЕРЕДНЕГО КОНЦА РАСКАТА ПРИ ТОЛСТОЛИСТОВОЙ ПРОКАТКЕ

При горячей прокатке на толстолистовых станах часто используют подгиб переднего конца раската вверх, за счет рассогласования окружных скоростей рабочих валков. Это позволяет уменьшить воздействие раската на рольганг и увеличить срок его службы. Традиционно считается, что подгиб раската будет происходить в сторону валка с меньшей окружной скоростью. Однако, как отмечается в работах [1, 2], подгиб раската может происходить как в сторону рабочего валка с меньшей окружной скоростью, так и с большей скоростью.

Для математического моделирования технологических операций обработки металлов давлением (ОМД) широко используется метод конечных элементов. Специализированным инженерным программным комплексом, предназначенным исключительно для анализа процессов ОМД, является программный комплекс DEFORM. Поэтому было решено произвести моделирование подгиба переднего конца раската в программном комплексе DEFORM для низколегированной стали.

Моделирование проводилось для следующих условий:

1. Толщина подката 40, 60, 80 мм.
2. Относительное обжатие по толщине 5, 10, 15, 25%.
3. Скорость прокатки 3,5 м/с.
4. Рассогласование окружных скоростей рабочих валков 1, 3, 5%.
5. Температура подката 800⁰С.
6. Диаметр рабочих валков 1200 мм.

Принято, что температурное поле по сечению подката является равномерным, и задача является изотермической, т.е. теплообмен раската с окружающей средой и деформирующим инструментом не учитывается.

Сопrotивление деформации низколегированной стали описывается уравнением [3]

$$\sigma_s = 1530u^{0.1019} \varepsilon^{0.1344} \exp(-0.00253T), \quad (1)$$

где u – скорость деформации, c^{-1} ; ε – истинная деформация; T – температура металла, °C.

Принято, что трение описывается по закону Зибеля (напряжения трения пропорциональны пределу текучести на сдвиг). Показатель трения m принят равным 0,8 [4].

В результате моделирования получили, что подгиб раската в сторону рабочего вала с большей окружной скоростью происходит при прокатке подката толщиной 40 мм и относительным обжатием 25% при рассогласовании скорости 1, 3, 5%. Для остальных условий моделирования подгиб происходит в сторону рабочего вала с меньшей окружной скоростью.

На рис. 1 показан график изменения кривизны переднего конца раската в зависимости от фактора формы очага деформации для подката толщиной 40 мм. На рис. 2 показан график изменения кривизны переднего конца раската в зависимости от относительного обжатия для подката толщиной 40 мм. Положительные значения кривизны означают подгиб конца раската в сторону рабочего вала с меньшей скоростью, отрицательные значения – в сторону рабочего вала с большей скоростью.

На рис. 1, 2 точки пересечения графиков с осью абсцисс означают, что передний конец раската имеет кривизну, равную нулю, а именно выходит из рабочих валков прямым. Также из рисунков видно, что с увеличением рассогласования скорости рабочих валков увеличивается кривизна переднего конца раската.

Из рис. 2 видно, что передний конец раската начинает изменять направление подгиба при относительных обжатиях более 18–20% для подката толщиной 40 мм. Для подкатов толщиной 60 и 80 мм при данных обжатиях подгиб происходит в сторону рабочего вала с меньшей окружной скоростью.

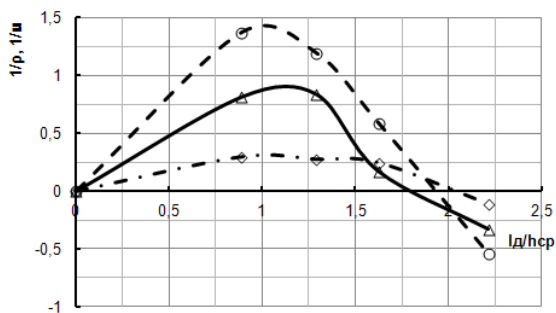


Рис. 1. Изменение кривизны переднего конца полосы в зависимости от фактора формы при рассогласовании окружных скоростей валков 1, 3, 5%

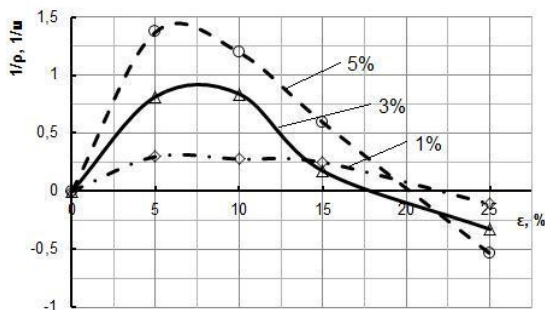


Рис. 2. Изменение кривизны переднего конца полосы в зависимости от относительного обжатия при рассогласовании окружных скоростей валков 1, 3, 5%

Выводы

1. Для моделируемых условий толстолистовой прокатки получено, что подгиб переднего конца раската в сторону рабочего вала с большей окружной скоростью будет происходить при толщине подката 40 мм и относительным обжатием по толщине более 20%.
2. Рассогласование окружных скоростей рабочих валков определяет величину кривизны переднего конца раската, т.е. с увеличением рассогласования увеличивается кривизна переднего конца.
3. Направление изгиба переднего конца раската определяется величиной относительного обжатия по толщине, а следовательно, вытяжкой при прокатке.

Список литературы

1. Front end bending in plate rolling influenced by circumferential speed mismatch and geometry / M. Philipp, W. Schwenzfeier, F.D. Fischer, R. Wodlinger, C. Fischer // *Journal of Materials Processing Technology* 184 (2007). 224–232 p.
2. Максимов Е. Изменение геометрии концов полосы при несимметричной прокатке // *Оборудование*. 2008. №3. С. 50-53.
3. Салганик В. М., Денисов С.В., Крайнов В.И. Сопротивление деформации ниобийсодержащих сталей новых марок // *Производство проката*. 2007. №6. С. 15-18.
4. Kobayashi S., Oh S. I., Altan T. *Metalfforming and the Finite-Element Method*. Oxford University Press, 1989. 377 p.

В.М. Салганик, А.М. Песин, Д.О. Пустовойтов, Д.Н. Чикишев
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТОЛСТОЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ

К микролегированным сталям для производства газонефтепроводных труб предъявляются жесткие требования. С одной стороны, трубная сталь должна обладать высокой прочностью, вязкостью и пластичностью, с другой – являться экономнолегированной. Для производства таких сталей на современных толстолистовых станах применяется процесс термомеханической прокатки.

В настоящее время одной из актуальных проблем является производство толстолиствого проката толщиной 8,0-24,0 мм класса прочности К60 без использования такого микролегирующего элемента, как ванадий. В трубных сталях ванадий используется для увеличения прочности путем дисперсионного твердения феррита за счет выделения карбонитридов ванадия. Однако с экономической точки зрения ванадий может быть исключен и его роль компенсирована за счет дислокационного упрочнения в связи с увеличением объемной доли бейнита и дальнейшего измельчения зерна. Наиболее экономичным способом для этого является использование ускоренного охлаждения после деформации в аустенитной области. Применяя более высокие скорости охлаждения, можно достичь дальнейшего измельчения зерна, поскольку более низкая температура начала превращения обеспечивает больше зародышей в переохлажденном аустените [1]. Кроме того, получение мелкого аустенитного зерна при проведении предварительной стадии контролируемой прокатки также является одним из главных условий формирования дисперсной конечной структуры в листе. Таким образом, упрочняющий эффект дисперсионного твердения ванадия можно компенсировать дислокационным и зернограницным упрочнением стали при термомеханической прокатке.

Методом конечных элементов с использованием программного комплекса DEFORMTM выполнили численное исследование влияния различных режимов, имитирующих предварительную стадию термомеханической прокатки на измельчение зерна аустенита, а также провели анализ режимов ускоренного охлаждения на соотношение структурных составляющих при распаде аустенита.

Для моделирования образования зародышей рекристаллизации и их роста использовали метод «Johnson – Mehl – Avrami – Kolmogorov» (JMAK). Данный метод широко используется для расчёта среднего размера рекристаллизованного зерна на основе данных о начальном среднем размере зерна, термомеханических параметрах (деформация, скорость деформации, температура), а также различных параметрах исследуемого

материала. Данный метод позволяет моделировать рост зерна, динамическую, метадинамическую и статическую рекристаллизацию.

Рост зерна описывается следующим уравнением:

$$d = \left[d_0^m + a_9 t \exp\left(-\frac{Q_9}{RT}\right) \right]^{\frac{1}{m}}, \quad (1)$$

где d – конечный средний размер зерна; d_0 – начальный средний размер зерна; Q_9 – энергия активации; m , a_9 – эмпирические коэффициенты.

Уравнения ЖМАК для динамической рекристаллизации (DRX):

1) рекристаллизованный объем X_{DRX}

$$X_{DRX} = 1 - \exp\left(-B_d \left(\frac{\varepsilon - a_{10}\varepsilon_p}{\varepsilon_{0,5}}\right)^{K_d}\right), \quad (2)$$

где B_d – коэффициент роста зерна при динамической рекристаллизации; ε – деформация; a_{10} – коэффициент; $\varepsilon_{0,5}$ – деформация до 50% рекристаллизации; ε_p – критическая деформация; K_d – экспоненциальный коэффициент образования зародышей при динамической рекристаллизации;

2) деформация $\varepsilon_{0,5}$ до 50% рекристаллизации

$$\varepsilon_{0,5} = a_5 d^{h_5} \varepsilon^{n_5} \dot{\varepsilon}^{m_5} \exp\left(\frac{Q_5}{RT}\right) + c_5, \quad (3)$$

где d – начальный средний размер зерна; ε – деформация; $\dot{\varepsilon}$ – скорость деформации; Q_5 – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная; T – температура; a_5 , h_5 , n_5 , m_5 , c_5 – эмпирические коэффициенты;

3) размер рекристаллизованного зерна d_{DRX}

$$d_{DRX} = a_8 d_0^{h_8} \varepsilon^{n_8} \dot{\varepsilon}^{m_8} \exp\left(\frac{Q_8}{RT}\right) + c_8, \quad (4)$$

где d_0 – начальный средний размер зерна; Q_8 – энергия активации; a_8 , h_8 , m_8 , n_8 , c_8 – эмпирические коэффициенты.

Уравнения ЖМАК для статической рекристаллизации (SRX):

1) рекристаллизованный объем X_{SRX}

$$X_{SRX} = 1 - \exp\left(-B_s \left(\frac{t}{t_{0,5}}\right)^{K_s}\right), \quad (5)$$

где B_s – коэффициент роста зерна при статической рекристаллизации; t – время; $t_{0,5}$ – время до 50% рекристаллизации; K_s – экспоненциальный коэффициент образования зародышей при статической рекристаллизации

2) время $t_{0,5}$ до 50% рекристаллизации

$$t_{0,5} = a_3 d^{h_3} \varepsilon^{n_3} \dot{\varepsilon}^{m_3} \exp\left(\frac{Q_3}{RT}\right), \quad (6)$$

где d – начальный средний размер зерна; Q_3 – энергия активации; a_3 , h_3 , n_3 , m_3 – эмпирические коэффициенты;

3) размер рекристаллизованного зерна d_{SRX}

$$d_{\text{SRX}} = a_6 d_0^{h_6} \varepsilon^{n_6} \varepsilon^{m_6} \exp\left(\frac{Q_6}{RT}\right) + c_6, \quad (7)$$

где d_0 – начальный средний размер зерна; Q_6 – энергия активации; a_6, h_6, c_6, m_6, n_6 – эмпирические коэффициенты.

Метадинамическая рекристаллизация моделируется аналогично статической, но с константами, определенными для нулевого инкубационного периода (или около нулевого) по времени, относительно статической рекристаллизации.

После термомеханической обработки материал может иметь различный объем различного типа рекристаллизованных зерен с соответствующим им размером. Окончательный размер зерен вычисляется по правилу смеси:

$$d_{\text{avg}} = X_{\text{DRX}} d_{\text{DRX}} + X_{\text{MRX}} d_{\text{MRX}} + X_{\text{SRX}} d_{\text{SRX}} + (1 - (X_{\text{DRX}} + X_{\text{MRX}} + X_{\text{SRX}})) d_0, \quad (8)$$

где d_{avg} – средний размер зерна после завершения рекристаллизации; $X_{\text{DRX}}, X_{\text{MRX}}, X_{\text{SRX}}$ – рекристаллизованный объем соответственно при динамической, метадинамической и статической рекристаллизации; $d_{\text{DRX}}, d_{\text{MRX}}, d_{\text{SRX}}$ – средний размер рекристаллизованного зерна соответственно при динамической, метадинамической и статической рекристаллизации; d_0 – средний размер зерна до рекристаллизации.

Моделирование проводили для стали К60 (0,07C-1,7Mn-0,06Nb-0,015Ti %). Толщина сляба 300 мм. Конечная толщина листа 24 мм. Решали неизотермическую задачу. При моделировании процесса прокатки учитывали влияние таких факторов, как деформационный разогрев металла, теплопередача валкам в очаге деформации, потери тепла конвекцией и излучением. Начальный размер зерна аустенита d_0 в момент выдачи сляба из печи приняли равным 200 мкм. Коэффициенты [2–4]: к уравнению (1): $Q_9 = 460000$; $m = 3$, $a_9 = 5,47 \cdot 10^{20}$; к уравнению (2): $V_d = 4,6052$; $a_{10} = 0,77$; $K_d = 1,5$; к уравнению (3): $Q_5 = 65010$; $a_5 = 1,31 \cdot 10^{-3}$, $h_5 = 0,26$; $n_5 = 0$; $m_5 = 0,197$; $c_5 = 0$; к уравнению (4): $Q_8 = -42900$; $a_8 = 580$; $h_8 = 0$; $m_8 = -0,13$; $n_8 = 0$; $c_8 = 0$; к уравнению (5): $V_s = 0,693$; $K_s = 0,5$; к уравнению (6): $Q_3 = 338000$, $a_3 = 4,92 \cdot 10^{-17}$, $h_3 = 1$, $n_3 = -2$, $m_3 = -0,33$; к уравнению (7): $Q_6 = 88000$, $a_6 = 12000$, $h_6 = 0,33$, $c_6 = 0$, $m_6 = 0$, $n_6 = -0,79$.

На основе моделирования получены следующие результаты:

- при частных обжатиях 10,23–17,90% и температуре нагрева сляба 1200°C средний размер зерна аустенита уменьшается с 200 до 86 мкм на поверхности и до 181 мкм в центре раската;
- при частных обжатиях 18,18–21,03% и температуре нагрева сляба 1150°C средний размер зерна аустенита уменьшается с 200 до 22 мкм на поверхности и до 99 мкм в центре раската.

- крупное зерно в центре листа обусловлено сохранением высокой температуры (1200–1220⁰С) и низкой деформационной прорабатываемостью центральных слоёв раската при черновой прокатке.

Для эффективного измельчения зерна аустенита при прокатке необходимо:

- уменьшать температуру нагрева сляба с 1200 до 1150⁰С;
- черновую прокатку проводить с частными обжатиями не менее 18,0%;
- время пауз между проходами должно быть достаточным для полного прохождения статической рекристаллизации (5–15 с);
- суммарная степень деформации на черновой стадии должна составлять не менее 55–60%;
- скорость охлаждения должна составлять 20–25⁰С/с;
- температура конца ускоренного охлаждения должна быть в интервале 520–550⁰С.

Список литературы

1. Хайстеркамп Ф., Хулка К., Матросов Ю.И. Ниобийсодержащие низколегированные стали. М.: СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 1999. 94 с.
2. Humphreys F.J., Hatherly M. Recrystallization and Related Annealing Phenomena. Oxford: Elsevier, 2004. 574 p.
3. Nemethova L., Kvackaj T., Misicko R. Structural Changes of C-Mn-Nb-V Steel During the Reheating // Acta Metallurgica Slovaca. 15. 2009. P. 173-179.
4. Brimacombe J.K., Samarasekera I.V., Hawbolt E.B. Microstructure engineering in hot strip mills: Integrated Mathematical Model // Report, AISI. 1998. 90 p.

УДК 621.77.23

Д.Н. Чикишев

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПРОЦЕССОВ ТОЛСТОЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Толстолистовой прокат является одним из основных видов продукции черной металлургии. Им обеспечиваются такие крупные отрасли промышленности, как топливно-энергетическая, судостроительная, мостостроительная и другие. К продукции этих отраслей применяются самые жесткие, порой суровые требования по качеству. Такие же требования предъявляются и к заготовке – толстолистовому прокату.

На Магнитогорском металлургическом комбинате толстолистовой прокат производят на разных агрегатах – ШСГП «2000», среднелистовом стане «2350», толстолистовых станах «4500» и «5000». Однако только последний предназначен для выпуска эксклюзивной высоколиквидной продукции высокого качества и имеет большой энергетический потенциал.

Целью данной работы является получение толстолистового проката высокого качества на основе развития теории и совершенствования технологии деформационно-термической обработки низко- и микрولةгированных сталей.

Для достижения поставленной цели были разработаны математические модели, описывающие формоизменение металла в асимметричном очаге деформации и поведение поверхностных дефектов при прокатке. Выполнены соответствующие теоретические исследования, послужившие основой для разработки технологий и промышленных рекомендаций. После опробования и коррекции режимов деформационно-термической обработки проведены испытания новых технологий, что в конечном итоге позволило выйти на производство высококачественного толстолистового проката.

При толстолистовой прокатке довольно часто наблюдается дефект «лыжа» – вертикальный изгиб переднего конца полосы. Повышенный изгиб приводит к «забуриванию» полосы в роликах машины предварительной правки или ролганга и, следовательно, остановкам стана. Причинами вертикального изгиба переднего конца полосы при толстолистовой горячей прокатке являются: температурная асимметрия по высоте очага деформации, рассогласование скоростей рабочих валков, неравенство диаметров рабочих валков, фрикционная асимметрия (неравенство условий трения на контакте с верхним и нижним рабочим валком) и геометрический фактор (несоответствие уровня ролганга и линии прокатки) [1].

В совокупности указанные факторы оказывают негативное воздействие на качество выпускаемой продукции и стабильность протекания процесса прокатки. Поэтому важными и актуальными являются исследования, направленные на поиск рычагов управления производственным процессом толстолистовой прокатки и качеством выпускаемой продукции по геометрии.

При производстве проката из микрولةгированных трубных сталей возможны потери металла, связанные с пораженностью готовых листов поверхностными дефектами в виде трещин. При деформации происходит переход металла с боковых и торцевых граней непрерывнолитого сляба на широкие поверхности листа. Процесс перехода металла на широкие грани раската – процесс дефектообразования, т.к. поверхностные трещины и дефекты с боковых и торцевых граней переходят на лицевые поверхности полосы. Поэтому несомненный научный и практический интерес представляет разработка эффективных деформационных режимов, блокирующих движение трещин от кромок листа при прокатке низколегированных сталей в условиях толстолистовых станов.

Одним из самых современных методов численного моделирования процессов обработки металлов давлением является метод конечных элементов. В основу модели описания напряженно-деформированного состояния металла для вязкопластической среды положен подход Мори-Осакада, адаптированный к процессу вертикально асимметричной горячей прокатки. Адаптация конечно-элементной математической модели заключается в научно обоснованной формулировке граничных и начальных условий решаемой задачи, а также в принятии определённых допущений моделируемого процесса. Начальные условия моделирования могут дополняться и уточняться, поскольку в значительной степени оказывают влияние на точность получаемого результата. В результате решения задачи определяли температурные и геометрические параметры процесса.

Для описания напряженно-деформированного состояния металла при наличии поверхностных трещин сляба разработана конечно-элементная математическая модель. В основу этой модели положен подход Ли-Кобаяши для вязкопластической среды [2].

В работе детально изучили влияние величины рассогласования скоростей рабочих валков на изгиб переднего конца чернового раската. Для этого проанализировали 1214 т раскатов (65 слябов). Для каждого прохода исследовали влияние параметров процесса прокатки и величины рассогласования скоростей рабочих валков на форму переднего конца раската. Получили полное соответствие фактических форм передних концов с прогнозируемыми при данных технологических параметрах процесса. Это позволило разработать четкие количественные рекомендации в величинах: «технологические параметры (толщина, обжатие, температурный градиент)» – «регулирующее воздействие (рассогласование скоростей рабочих валков)».

При прокатке с рассогласованием скоростей рабочих валков существует так называемая нейтральная точка, относительно которой определяется направление вертикального изгиба полосы [3]. На основе моделирования методом конечных элементов установлено положение этой точки в зависимости от параметров процесса. Если относительное обжатие больше, либо равно критическому, то при прокатке с рассогласованием скоростей рабочих валков изгиб переднего конца полосы будет происходить в направлении валка, вращающегося с большей скоростью. Если относительное обжатие меньше критического, то при прокатке с рассогласованием скоростей рабочих валков изгиб переднего конца полосы будет происходить в направлении валка, вращающегося с меньшей скоростью.

Методом конечных элементов выполнено численное моделирование влияния уровня рольганга на подгибку концов толстых листов. Установлено, что при прокатке полос толщиной 25–50 мм из-за несоответствия уровня рольганга и линии прокатки происходит изгиб переднего конца полосы вверх. При низких температурах ($\approx 800^{\circ}\text{C}$) и малых обжатиях ($\approx 10\%$) изгиб вверх увеличивается. При более высоких температурах ($\approx 950^{\circ}\text{C}$) изгиб вверх увеличивается при высоких обжатиях ($\approx 15\text{--}18\%$).

Если обжатия при прокатке меньше критических и нижний валок вращается быстрее верхнего, то изгиб переднего конца полосы вверх значительно возрастает, т.к. действие двух факторов асимметрии складывается. Если обжатия больше критических, то изгиб переднего конца полосы при прокатке с рассогласованием скоростей рабочих валков, наоборот, снижается. При прокатке полос толщиной менее 25 мм влияние уровня ролганга на изгиб переднего конца полосы при прокатке является незначимым. Таким образом, для уменьшения вертикального изгиба необходимо, чтобы рассогласование скоростей рабочих валков создавало противоизгиб полосы. При этом необходимо учитывать величину критического обжатия или фактор формы очага деформации при прокатке.

Рассчитана взаимосвязь параметра формы очага деформации, толщины полосы и обжатия за проход. С учетом влияния фактора формы очага деформации на направление изгиба переднего конца полосы при прокатке с рассогласованием скоростей рабочих валков разработаны новые асимметричные режимы деформирования. Разработанные технологические режимы асимметричной прокатки позволили сократить простои стана из-за подгибки концов раската и снизить объем металла, переводимого в брак и несоответствующую продукцию по причине нарушения температурных режимов деформационно-термической обработки толстых листов.

Для условий ТЛС 5000 выполнена адаптация конечно-элементной математической модели, описывающей напряженно-деформированное состояние металла с учетом наличия поверхностных трещин. Моделирование трансформации поверхностных трещин сляба при прокатке показало, что наибольшую опасность с точки зрения развития представляют трещины, ориентированные перпендикулярно направлению прокатки. Выполнено численное моделирование смещения трещины от кромки в результате перехода металла с торцевой грани на широкие поверхности раската. Температурная асимметрия по толщине сляба оказывает существенное влияние на переход металла с боковых и торцевых граней. Для блокирования движения трещин от кромок необходимо, чтобы температурное поле по толщине сляба было симметричным.

Идентифицировать начальное местоположение трещины (до деформации) можно по форме дефекта в поперечном разрезе: если трещина первоначально образовалась на боковой или торцевой грани, то после прокатки на поперечном разрезе она завернута от кромки. Изучен механизм смещения трещин от кромок полос и листов при горячей прокатке.

Выполнен анализ влияния 11 технологических факторов на возможность блокирования движения трещин от кромок полос. Для блокирования движения трещин от кромок необходимо увеличивать коэффициент вытяжки при первой протяжке; уменьшать коэффициент вытяжки при разбивке ширины; обеспечивать равенство температур верхней и нижней поверхности сляба (раската) при прокатке; применять вертикальные калиброванные валки с выпуклым дном; в качестве исходной заготовки применять непрерывнолитой сляб с круглыми фасками и др. Реализация разработан-

ных практических решений позволяет снизить норму обрезки боковых кромок при производстве проката из слябов толщиной 250–300 мм.

Список литературы

1. Theoretical basis and technology development of the combined process of Asymmetric rolling and plastic bending / А.М. Песин, В.М. Салганик, Д.Н. Чикишев и др. // Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering and Technology (ICMET 2011) / ASME Press, New York, USA. 2011. P. 95-99.
2. Моделирование напряженно-деформированного состояния стальных листов при прокатке с учетом наличия и развития поверхностных трещин / В.М. Салганик, А.М. Песин, Д.Н. Чикишев и др. // Сб. докл. междунар. науч.-техн. конференции «Инновационные технологии обработки металлов давлением». М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. С. 255-264.
3. Подгибка концов толстолистового раската и ее компенсация в условиях асимметричной прокатки / В.М. Салганик, А.М. Песин, Д.Н. Чикишев, Д.О. Пустовойтов // Сб. докл. междунар. науч.-техн. конференции «Инновационные технологии обработки металлов давлением». М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. С. 297-305.

УДК 621.771.23.016.3:331.422-52

В.А. Кощев, Б.Я. Омельченко

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
пехнический университет им. Г.И.Носова»

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ПОЛОСЫ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ

В общем случае под характеристикой холоднокатаной продукции понимают:

- 1) поперечный профиль проката – распределение толщины по ширине полосы;
- 2) плоскостность – отклонение поверхности полосы от абсолютно ровной поверхности;
- 3) качество поверхности проката: величина шероховатости, наличие дефектов;
- 4) клиновидность – разнотолщинность кромок полосы;
- 5) серповидность – непараллельность кромок полосы;
- 6) физико-механические свойства полосы: предел текучести, временное сопротивление разрыву, величина относительного удлинения, твердость, штампуемость [1].

В связи с высокой конкуренцией как на внутреннем, так и на внешнем рынках требования потребителей к качеству данной продукции ужесточаются. Это либо стимулирует к развитию новых и совершенствованию известных подходов улучшения геометрии стальных полос, либо делает предприятие нерентабельным.

Актуальность проблемы подтверждается наличием несоответствующей по профилю продукции в листопрокатных цехах металлургических заводов.

Поперечная разнотолщинность приводит к таким трудностям, как нанесение покрытий, штамповка металла, осуществление переката на другой размер, непрогнозируемый износ валков [2].

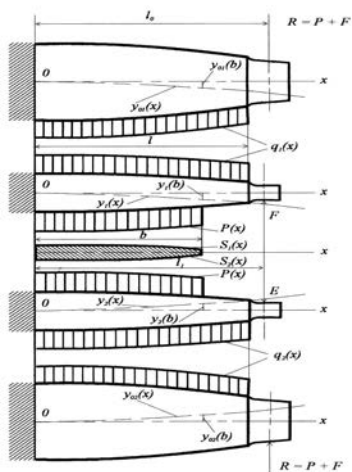


Рис. 1. Расчетная схема нагружения валковой системы кварто

Для прогнозирования поперечного профиля полосы и способов влияния на него на кафедре «Обработка металлов давлением» МГТУ им. Г.И.Носова была разработана матричная модель формирования профиля тонколистового проката. Данная модель представляет симметричную схему нагружения валковой системы кварто относительно вертикальной оси клетки, что позволяет рассматривать половину двух пар соприкасающихся валков. Вертикальная асимметрия расчетной схемы обусловлена возможностью различной начальной профилировки и разных длин контакта верхних и нижних валков (рис. 1).

Условные заделки в середине бочки фиксируют неизменные положения соответствующих вертикальных сечений и обеспечивают плавное сопряжение показанных и отброшенных частей валков [3].

Данная математическая модель, созданная для валковой системы кварто, рассматривает межвалковое давление, давление металла на валки при прокатке, влияние профилировки рабочих и опорных валков на поперечный профиль полосы и учитывает степень влияния рабочих валков на опорные, опорных валков на рабочие. При этом не учитываются тепловой профиль и износ рабочих валков. Количество разбиений межвалкового контакта ограничено очевидными трудностями в расчетах: чем больше дискретных значений в матричной модели, тем более громоздкими представляются расчеты. Кроме того, возникает проблема в изменении ширины полосы и величины скосов опорных валков, которые, в свою очередь, являются важными факторами, влияющими на поперечный профиль полосы. В результате, требуется производить новый расчет для каждого случая процесса моделирования холодной прокатки.

Для прогнозирования поперечного профиля холоднокатаной полосы и оперативного исследования факторов, влияющих на профиль полосы, была создана система автоматизированного проектирования (САПР) профиля полосы при холодной прокатке.

С помощью данного инструмента стало возможным изменять такие факторы, влияющие на профиль полосы, как:

- 1) усилие противоизгиба и дополнительного изгиба;
- 2) ширина полосы;
- 3) длина бочки опорных валков;
- 4) профиль подката;
- 5) станочный профиль валков;
- 6) тепловой профиль рабочих валков;
- 7) износ рабочих валков.

Блок-схема САПР представлена на рис. 2.

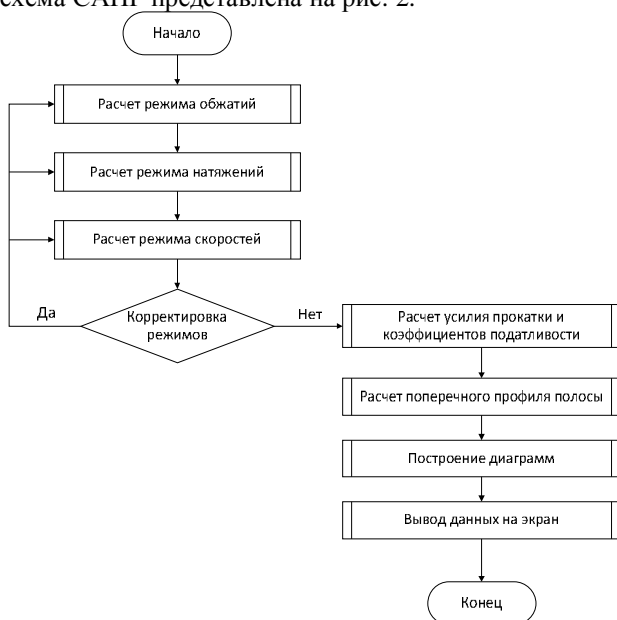


Рис. 2. Блок-схема САПР

С помощью данной программы были рассчитаны параметры прокатки стали марки 08кп на 5-клетевом стане холодной прокатки «630» ОАО ММК на непрофилированных насеченных валках. Параметры полосы следующие: начальная толщина – 2,1 мм, конечная толщина – 1,25 мм, ширина полосы – 450 мм, поперечная разнотолщинность подката – 0,01 мм.

На рис. 3 представлен профиль полосы на входе и выходе из 5-й клетки.

Давление металла на валки и межвалковые давления представлены на рис. 4.

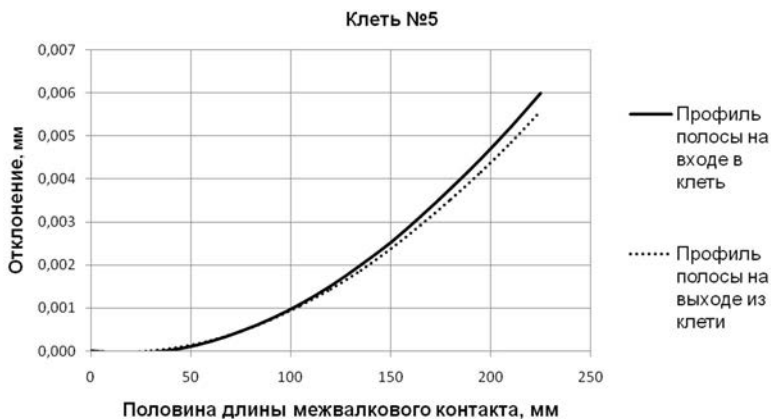


Рис. 3. Поперечный профиль полосы на входе и выходе из 5-й клетки стана «630» ОАО ММК

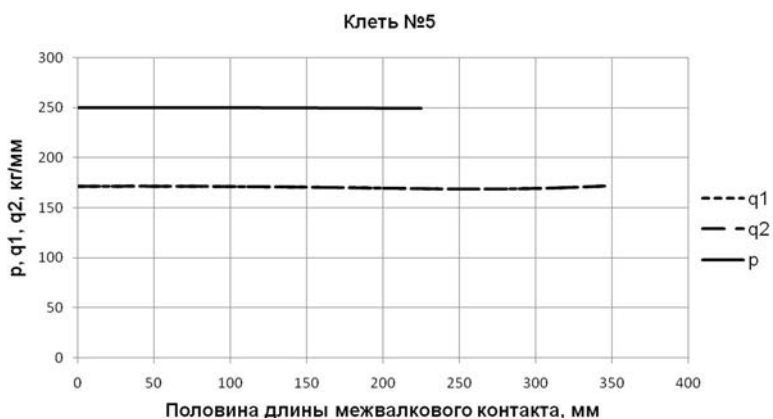


Рис. 4. Давление металла на валки и межвалковые давления в 5-й клетке стана «630» ОАО ММК^А

q_1^1 – межвалковое давление верхних рабочего и опорного валков;
 q_2 – межвалковое давление нижних рабочего и опорного валков;
 p – давление металла на валки

Список литературы

1. Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Кн. 1. М.: Теплотехник, 2008. 640 с.
2. Третьяков А.В., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке металлов давлением. М.: Металлургия, 1973. 224 с.

3. Салганик В.М., Полецков П.П. Моделирование деформация и нагрузок валковой системы кварто и повышение качества листового проката по профилю. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2009. 113 с.

УДК 621.771.23.016.3

М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, В.С. Митасов, В.В. Насонов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный

технический университет им. Г.И. Носова»

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

К ВОПРОСУ О КРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

При производстве современного холоднокатаного листового проката для автомобилестроения особую важность имеет задача повышения качества при неизменно высокой производительности.

Одним из факторов, препятствующих решению этой задачи, является повышенная вибрация в клетях, которая отрицательно сказывается на качестве полос. Следствие вибрации – повышение разнотолщинности и появление дефекта поверхности типа «ребристость».

В связи с модернизацией линий окрашивания в ОАО «АВТОВАЗ» и запуском нескольких предприятий по сборке иномарок на территории РФ были введены жёсткие требования к качеству поверхности холоднокатаной полосы, предназначенной для штамповки лицевых деталей автомобильного кузова. Поэтому задача поиска критерия виброустойчивости процесса холодной прокатки тонких полос становится крайне важной.

Ответом на вопрос о границах стабильности процесса может послужить некий критерий виброустойчивости процесса холодной тонколистовой прокатки, учитывающий реальные условия процесса прокатки и их колебания.

Явление повышенной вибрации в разное время отмечалось на ведущих металлургических предприятиях нашей страны: ММК, Северстали, НЛМК [1–3].

В литературе существует несколько подходов к пониманию природы повышенной вибрации при холодной прокатке и способов её устранения [1–4]. В модели, предложенной в работе [3], в качестве первопричины рассматривается следствие ухудшения условий трения, вызывающие колебания усилия прокатки, но без учёта влияния натяжения и «свала» рабочих валков.

Практика освоения нового стана 2000 холодной прокатки, запущенного в ОАО «ММК», показала, что при прокатке тонких полос 0,36 – 0,70 мм (рис. 1) имеет место повышенная вибрация.

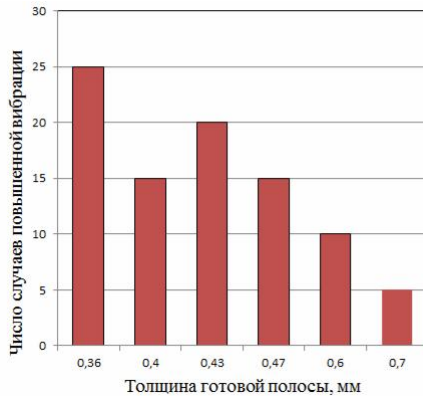


Рис. 1. Количество случаев повышенной вибрации в зависимости от конечной толщины полосы

При обработке статистических данных были получены следующие результаты: наибольшее число случаев повышенной вибрации отмечалось при прокатке стали 08пс, 10пс, ст3пс, причём чуть меньше половины всех случаев отмечено при прокатке относительно мягкой стали 08пс (рис. 2, а). Изучение опытных данных показало, что исходные толщины подката, на которых наблюдалась вибрация, находятся в диапазоне 1,6–2,8 мм. Более половины случаев вибрации были отмечены при прокатке тонких полос из подката 2,4 мм (рис. 2, б).

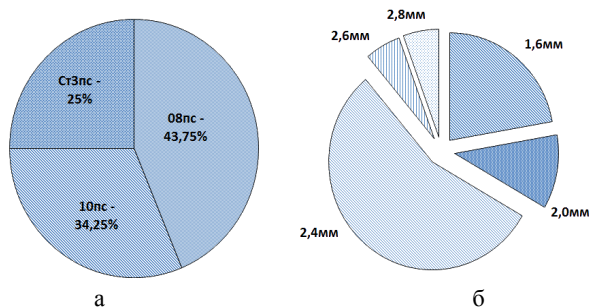


Рис. 2. Соотношение числа случаев возникновения повышенной вибрации при прокатке различных марок сталей (а) и в зависимости от толщины подката (б)

В качестве отправной точки для разработки критерия виброустойчивости были рассмотрены два концептуально разных подхода к объяснению причин возникновения повышенной вибрации.

Основной гипотезы [3] является утверждение о возникновении вертикальных колебаний из-за изменяющегося коэффициента трения вследствие термического разложения смазки в очаге деформации. Авторы смоделировали ситуацию, рассчитав температуры полосы на выходе из

клетей, и выяснилось, что в 4-й клетки стана 2030 НЛМК температура полосы близка к температуре деструкции смазки. С учётом того, что температура полосы достигает максимума в начале очага деформации [5], то вероятность ухудшения условий трения крайне высока.

В качестве иллюстрации предположения об ухудшении условий трения в 4-й клетки на стане 2000 холодной прокатки были выбраны 4 режима прокатки тонких полос на разных скоростях (см. таблицу). Из таблицы видно, что при скорости в 5-й клетки 1100-1200 м/мин коэффициент трения в 4-й клетки заметно выше, чем в клетки 2 и 3, несмотря на то, что с увеличением скорости условия поступления смазки в очаг деформации улучшаются. Разница величины коэффициента трения в клетях 3 и 4 составляет 23–28%. Полученные результаты хорошо согласуются с выводами автора публикации [3]. Однако повышенная вибрация наблюдалась и на режимах с более низкими скоростями, около 700 м/мин. Расчёт показал, что температура в 4-й клетки не достигает значений критической температуры смазки. Это идёт в разрез с рассматриваемым подходом. Стоит отметить тот факт, что данный подход не учитывает таких конструктивных решений, как «свал» рабочих валков, повышающий устойчивость валковой системы.

Опыт освоения стана 2000 показал, что явление вибрации может возникать не только в 4-й клетки, но в и 2 и 3 клетях, хотя и намного реже, чем в 4-й.

Коэффициенты трения, полученные пересчётом по опытным данным

| Сталь | V_s , м/мин | t_3 , °C | t_4 , °C | Клеть 1 | Клеть 2 | Клеть 3 | Клеть 4 | Клеть 5 |
|-------|---------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10пс | 1100 | 180 | 210 | 0,065 | 0,035 | 0,0345 | 0,0425 | 0,023 |
| 08пс | 1100 | 170 | 210 | 0,079 | 0,043 | 0,0400 | 0,0490 | 0,033 |
| 08пс | 1200 | 200 | 217 | 0,085 | 0,043 | 0,0350 | 0,0450 | 0,042 |
| Ст3пс | 700 | 150 | 165 | 0,075 | 0,054 | 0,0510 | 0,0550 | 0,033 |

Другим подходом к выявлению причин появления повышенной вибрации является анализ горизонтальных усилий, действующих на валки [2]. Суть данного подхода состоит в том, что при определённых условиях возможна такая ситуация, когда реакция вертикальной опоры подушек рабочих валков будет близка к нулю. С учётом того, что реальный процесс прокатки сопровождают колебания технологических параметров вследствие неоднородности механических свойств по длине полосы, неравномерность подачи смазки и т.д., узел рабочих валков будет занимать неустойчивое положение и совершать колебания в пределах зазоров [6].

Анализ режимов прокатки на стане 2000 показал, что условие неустойчивости процесса, когда реакция опоры близка к нулю $R \approx 0$ (рис. 3), в некоторых случаях имеет место. С учётом расстояния между вертикальными осями опорных и рабочих валков и направлением смещения вертикальной оси рабочих валков, заложенными конструкторами фирмы «SMSSiemag», появление вибрации возможно во 2, 3 и 4 клетях.

В ходе анализа выяснилось, что в некотором коридоре значений усилия прокатки P и разности полных натяжений ΔQ процесс становится нестабильным. Данную взаимосвязь выразили в виде неравенства

$$A(\min) \leq \frac{\Delta Q}{P} \leq B(\max). \quad (1)$$

Зависимость (1) позволяет оценивать соотношение усилия прокатки и разности полных натяжений и получать область значений, при которых вероятность появления повышенной вибрации многократно возрастает (рис. 4).

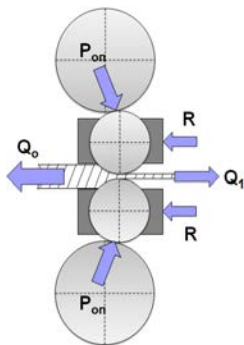


Рис. 3. Схема для определения сил, действующих на узел рабочих валков



Рис. 4. Коридор значений пары ΔQ , P для неустойчивого процесса

Работоспособность формулы (1) всецело определяется точностью усилия прокатки. Именно компонента P учитывает влияние температуры деформации, условий контактного трения и смещение вертикальной оси рабочих валков.

Немаловажным фактом является то, что формула (1) позволяет оценивать стабильность процесса при колебаниях усилия прокатки и натяжений. По разным данным именно колебания параметров процесса могут служить катализатором повышенной вибрации в клети.

Выводы. Проанализированы различные подходы к пониманию природы повышенной вибрации в станах холодной прокатки. Получен критерий, описывающий влияние соотношения разницы полных натяжений и усилия прокатки на стабильность процесса. Универсальность критерия заключается в возможности оценивания стабильности процесса в зависимости от возможных колебаний технологических параметров.

Список литературы

1. Автоколебания в стане холодной прокатки / Аркулис Г.Э., Шварцман З.М. и др. // Сталь. 1972. №8. С.727-728.

2. Исследование причин возникновения колебаний в клетях непрерывных прокатных станов / Э.А. Гарбер, В.П. Наумченко и др. // Производство проката. 2003. №1. С. 10-12.
3. Пименов В.А. О причинах нарушения устойчивости холодной прокатки // Изв. вузов. Чёрная металлургия. 1990. №8. С. 36-38.
4. Синицкий В.М., Рыбаков Ю.В. Резонансные колебания валковой системы в листопрокатной клети и критическая скорость прокатки // Производство проката. 2004. №8. С. 8 – 10.
5. Кузнецов Л.А. Применение УВМ для оптимизации тонколистовой прокатки. М.: Металлургия, 1988. 304 с.
6. Гарбер Э.А. Станы холодной прокатки (теория, оборудование, технология). М.: ОАО «Черметинформация»; Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. 416 с.

УДК 621.771.23

Д.И. Кинзин, О.Б. Калугина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМЫ ВЫТЯЖНЫХ КАЛИБРОВ

С целью повышения эффективности сортопрокатного производства необходимо разработать систему калибров, позволяющую увеличить вытяжную способность калибров и снизить энергозатраты производства. Для достижения этой цели была поставлена задача оптимизации геометрических параметров вытяжных калибров. В большинстве своем калибровка простых сортовых профилей представляет собой последовательность из чередующихся равноосных и неравноосных калибров, позволяющих из исходной заготовки получить требуемый профиль. В технологических процессах, реализующих средние или высокие очаги деформации, как правило, уширение нежелательно. Необходимо как можно больше металла направить в вытяжку, интенсифицируя процесс, пытаясь за меньшее число пропусков получить конечную площадь поперечного сечения готового проката. На металл, израсходованный на уширение, необходимо дополнительно затрачивать энергию при прокатке.

Поэтому в качестве критерия оптимизации выберем, например, максимум коэффициента эффективности калибровки [1]. Данное понятие относится к вытяжным калибрам и характеризует их вытяжную способность. При прочих равных условиях различные калибры позволяют получить различное значение коэффициента вытяжки. Те калибры, которые обеспечивают больший коэффициент вытяжки, отличаются большей эффективностью. Отсюда коэффициент эффективности можно определить по формуле

$$K_{\phi} = \frac{V_l}{V_h},$$

где V_l – смещенный объем металла в продольном направлении (в направлении вытяжки), а V_h – смещенный объем металла по высоте (в направлении обжатия).

Так как в паре калибров общая вытяжка задана, то максимальная эффективность будет обеспечена в том случае, когда сумма смещенных объемов металла по высоте в первой и второй клетях будет минимальной.

Контур калибра первой клетки можно рассматривать как неизвестную функцию, а смещенный объем металла по высоте выбрать в качестве функционала. То есть задача оптимизации должна относиться к области вариационного исчисления, однако не всякая функция может быть использована в качестве контура калибра; например, ломаная линия не может рассматриваться в качестве решения.

Это означает, что необходимо ввести ограничения на вид искомого контура (искомой кривой), что переводит задачу из области классического вариационного исчисления в область теории оптимального управления.

Математическую постановку задачи можно записать так:

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad \left\{ \begin{array}{l} \dot{\phi} = u, \\ \dot{x} = u(t_1 - t) - \phi; \end{array} \right. \\ \text{II} \quad J = \ln \frac{S_0}{S_2} + \ln \frac{S_1}{S_3} \rightarrow \inf; \\ \text{III} \quad 0 \leq u \leq \frac{\phi}{t_1 - t}, \quad \phi \leq \beta, \quad x_1 \geq b, \quad t \in [t_0, t_1]; \\ \text{IV} \quad \left\{ \begin{array}{l} \ln \frac{S_0}{S_1} = K_{\phi}^1 \frac{S_1}{S_4} \ln \frac{S_4}{S_5}, \\ \ln \frac{S_1}{S_6} = K_{\phi}^2 \frac{S_6}{S_7} \ln \frac{S_7}{S_8}. \end{array} \right. \end{array}$$

где x и ϕ – фазовые переменные, а u – управляющее воздействие.

где K_{ϕ}^1 и K_{ϕ}^2 – коэффициенты, учитывающие форму очага деформации.

Найти управление $u(t)$, которое:

- удовлетворяет условию III;
- переводит систему I из начального состояния (x_0, t_0) в конечное (x_1, t_1) (рис. 1);
- минимизирует функционал J.

Найти соответствующую этому управлению траекторию $x(t)$, которая удовлетворяет условию IV.

Проанализировав полученные численные решения, можно сделать следующие выводы:

1. Искомой оптимальной формой калибра для любых систем вытяжных калибров стана 370 является шестиугольный калибр (рис. 2,а).

2. Точка перелома шестиугольника всегда находится внутри контура сечения входящего профиля.

3. Оптимальное решение всегда получается с минимальным значением свободной поверхности.

4. Выпуклость дна и боковых стенок калибра (рис. 2,б).

5. Наихудшим решением по данному критерию оптимизации всегда является гладкая бочка.

6. Полученные численные решения не противоречат действующим калибровкам стана 370.

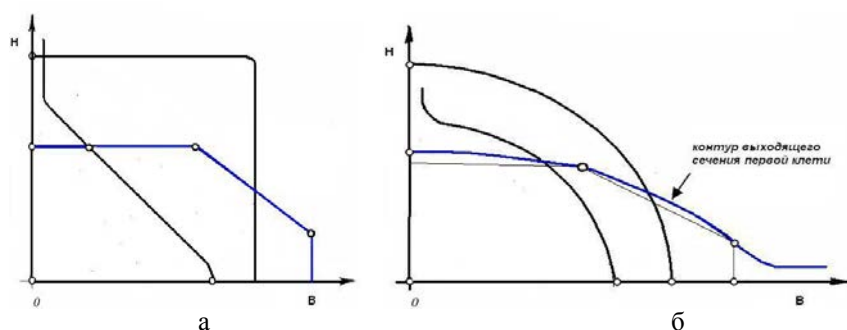


Рис. 2. Результаты численного решения задачи поиска оптимальной формы калибра

Список литературы

1. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. М.: Теплотехник, 2010. 490 с.
2. Кинзин Д.И. Совершенствование и проектирование калибровок простых сортовых профилей на основе анализа показателей формоизменения и энергосиловых параметров: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2003. 107 с.
3. Полак Э. Численные методы оптимизации. Единый подход. М.: Мир, 1974. 374 с.
4. Тулупов О.Н. Структурно-матричные модели для повышения эффективности процессов сортовой прокатки. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 224 с.

И.В. Ишимова, С.А. Левандовский

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНОГО ПРОКАТА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

Развивающаяся строительная индустрия, как в России, так и за рубежом, выставляет все более сложные требования к технологическим и эксплуатационным свойствам конструкций, что напрямую связано с качеством используемого в них арматурного проката.

Как продукция ответственного назначения, арматура должна обладать набором установленных характеристик, определяющих ее качество. К таким характеристикам относятся: механические и технологические свойства, качество поверхности, геометрические размеры и форма профиля, химический состав.

В металлургии преобладают дифференциальные методы оценки качества, суть которых заключается в сравнении всех элементарных свойств исследуемого и базового образцов. Изделие в целом признается лучше базового, если все его единичные свойства лучше свойств базового образца. При таком методе затруднительна оценка качества в том случае, когда одна часть показателей оцениваемого объекта лучше базовых, а другая часть хуже. Кроме того, дифференциальный метод не дает ответа на важный вопрос квалиметрии – насколько качественный оцениваемый объект [1].

Учет всех показателей, определяющих качество готового проката, позволяет выполнить комплексная оценка, с помощью которой можно установить степень реализации требований потребителя, динамику уровня качества производимой продукции, а также производить планирование качества новых видов продукции.

Существуют различные варианты комплексных критериев качества. Наиболее простыми из них являются средневзвешенные показатели качества: арифметический, геометрический, гармонический и другие. Более сложные критерии качества представляют собой функциональную зависимость от выбранных показателей качества, которая отражает физическую сущность комплексного критерия [2].

Применительно к сортовому прокату наиболее известны два метода комплексной оценки, основанные на функциональной зависимости показателей.

В основе первого метода лежит вероятность попадания значений показателей качества в установленный интервал допусков:

$$P_0 = \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (p_{ij} w_{ij}), \quad (1)$$

где P_0 – комплексная оценка качества проката; m – число уровней подчиненности; n – число показателей качества; p_{ij} – вероятность попадания показателя качества в установленный интервал допусков; w_{ij} – коэффициент «вето» (условие обращения в нуль комплексной оценки при определенных условиях) [3].

Такой подход отличается строгостью и логической последовательностью и обеспечивает возможность оценки устойчивости технологического процесса. Однако по этому методу невозможно оценить качество отдельного образца, невозможно оценить качество изделия, если значения показателей находятся вне предельных допусков. Также вероятностный подход пригоден только для оценки качества объектов за определенный промежуток времени.

Второй метод был разработан в МГТУ для оценки качества стальной канатной проволоки:

$$K_0 = \left[\prod_{i=1}^n D_i^{\alpha_i} \cdot \sum_{j=1}^m \beta_j k_j \right]^{0.5}, \quad (2)$$

где α_i, β_j – параметры весомости доминирующих и компенсируемых показателей; D_i – оценка качества по i -му доминирующему показателю; k_j – оценка качества по j -му компенсируемому показателю [4].

Данный метод позволяет определить качество единицы продукции, произведенной в условиях одного агрегата, цеха, завода.

При формировании комплексного показателя качества арматуры первоочередную задачу представляет собой определение весомости показателей. Для решения данной задачи была использована методология «шесть сигм», согласно которой в установленный интервал допусков по нормативной документации должно укладываться шесть стандартных отклонений выборки [5]. Таким образом, чем ближе значение показателя к номинальному значению, установленному по методологии «шесть сигм», тем меньше внимания оно требует к себе с точки зрения обеспечения качества и соответственно меньше весомость данного показателя. Весомость определяется следующим образом:

$$M_i = \frac{\frac{P_i^{6\sigma}}{P_i}}{\sum_i^n \frac{P_i^{6\sigma}}{P_i}}, \quad (3)$$

где P_i – среднее значение показателя в выборке; $P_i^{6\sigma}$ – номинальное значение показателя по методологии «шесть сигм»; n – количество оцениваемых показателей.

Для определения фактического уровня качества арматурного проката класса прочности А500С, произведенного в условиях сортового цеха ОАО «ММК» по СТО АСЧМ 7-93 [6], были проанализированы данные о показателях качества за 2011 год (табл. 1).

Таблица 1

| Показатель качества | Предел текучести σ_T , Н/мм ² | Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² | Относительное удлинение δ_5 , % | Полное относительное удлинение δ_n , % |
|--------------------------------------|---|--|--|---|
| Номинальное значение по НД, не менее | 500 | 600 | 14 | 2,5 |
| Среднее по выборке | 592,96 | 677,19 | 17,79 | 7,06 |
| Стандартное отклонение | 39,63 | 36,13 | 2,50 | 1,24 |
| Номинал по 6σ | 618,90 | 708,39 | 21,50 | 6,21 |
| Весомость, M_i | 0,25 | 0,25 | 0,29 | 0,21 |

Нормируемые показатели качества по СТО АСЧМ 7-93 были разделены на доминирующие (механические свойства) и компенсируемые (геометрические характеристики и качество поверхности). На основании имеющихся данных о механических свойствах проката определим комплексный показатель доминирующих свойств арматуры. Подставив найденные коэффициенты весомости в формулу (2), получим показатель вида:

$$D = \sigma_T^{0,25} \sigma_B^{0,25} \delta_5^{0,29} \delta_n^{0,21} \quad (4)$$

Ввиду меньшей значимости компенсируемых показателей и сложностью проведения их оценки в рамках данной работы комплексная оценка качества арматуры была приравнена к оценке качества ее доминирующих свойств.

Анализ полученных результатов проводился по следующим критериям:

- качество арматурного проката, производимого всем цехом за год;
- качество арматурного проката в зависимости от оборудования для производства (станы 170 и 370) за год;
- динамика качества проката, производимого всем цехом, с течением времени.

Результаты оценки представлены в табл. 2.

Таблица 2

| Критерий оценки | Комплексный показатель |
|-------------------------------|------------------------|
| 2011 г., сортовой цех | 0,764 |
| 2011 г., стан 170 | 0,758 |
| 2011 г., стан 370 | 0,764 |
| Февраль 2011 г., сортовой цех | 0,771 |
| Ноябрь 2011 г., сортовой цех | 0,763 |

В результате сравнения комплексных оценок, рассчитанных отдельно по станам, с общей комплексной оценкой можно сделать вывод о том, что ни один из действующих станом не ухудшает качество готовой продукции. При сравнении комплексных оценок качества арматуры по периодам производства (февраль и ноябрь 2011 года) установили стабильность каче-

ственных характеристик выпускаемой продукции, что объясняется поддержанием требуемых условий производства с течением времени.

Подводя итоги, следует отметить, что комплексная оценка качества имеет следующие преимущества:

- возможность определения целостного качества готовой продукции;
- прослеживаемость динамики уровня качества производимой продукции;
- возможность сравнения качества работы отдельных агрегатов, цехов, заводов.

После набора необходимых статистических данных по компенсируемым свойствам проката станет возможным сформировать общий комплексный показатель качества по формуле (2). Также в перспективах исследования анализ требований основных нормативных документов на арматурный прокат и фактических значений нормируемых показателей качества.

Таким образом, сформировав обобщенный комплексный показатель качества арматурного проката, его можно использовать для различных целей оценки как со стороны производителя, так и со стороны потребителя продукции.

Список литературы

1. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. М.: Металлургия, 1984. 152 с.
2. Квалиметрическая оценка компетентности персонала металлургического предприятия / Моллер А.Б., Лимарев А.С., Логинова И.В. // Вестник МГТУ им. Г.И.Носова, 2011. №1. С. 54-58.
3. Жадан В.Т., Маневич В.А. Совершенствование технологии прокатки на основе комплексных критериев качества. М.: Металлургия, 1989. 96 с.
4. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки / Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин, Е.А. Пудов и др. // Сталь. 1983. №1. С. 56-57.
5. Алексеев В. Как лучше использовать показатели в методологии «Шесть сигм» // Методы менеджмента качества. 2004. № 1.
6. СТО АСЧМ 7-93. Прокат периодического профиля из арматурной стали. Технические условия.

А.В. Ефимкина, А.С. Колесник, С.А. Левандовский
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ СОРТОПРОКАТНОГО СТАНА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

В середине 2000-х годов сортопрокатное производство ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») претерпело кардинальную реконструкцию. Были демонтированы старые сортовые станы и построены три новых стана итальянской фирмы «Danieli».

Однако, несмотря на изменения в оборудовании и технологии, эффективность работы прокатного стана по-прежнему определяется качеством и культурой эксплуатации основного рабочего инструмента – прокатных валков.

Широкий сортамент станов требует значительного эксплуатационного парка валков и складских площадей. В то же время эксплуатационный расход валков занимает существенную долю в себестоимости готовой продукции. Состояние и стойкость валков оказывают влияние на качество проката и производительность стана. Улучшение условий эксплуатации валков и рациональная организация валкового хозяйства способны обеспечить увеличение производительности, улучшение качества продукции и снижение себестоимости готовой проката.

Основой рациональной организации валкового хозяйства является учет прокатных валков и контроль над их жизненным циклом. Действующие методы учета не в полной мере отвечают современным требованиям. Объектом исследования является один из станов сортопрокатного цеха (СЦ) ОАО «ММК»- стан 370 [1]. На стане используются бандажированные валки фирм «SANDVIK» (Швеция) и «TaeguTec» (Южная Корея), а также чугунные валки классической конструкции фирмы «AKERS»(Швеция) и изготовленные на магнитогорском заводе по производству валков.

На рис.1 представлен алгоритм движения валков, который описан в рабочей инструкции вальцовщика [2].

Стоит отметить, что алгоритм движения валков на практике значительно отличается от того, который описан в рабочей инструкции вальцовщика.

Приемка заготовки для валка, её осмотр и сверка с документами осуществляется визуально. Чугунные валки поступают в форме гладкой бочки. Затем они транспортируются на склад валков и в вальцетокарное отделение, где происходит нарезка необходимых калибров согласно чертежам.

После нарезки их перемещают обратно на склад валков или в мастерскую подготовки и перевалки клетей. Процесс подготовки к перевалке не

документирован. При реализации настройки перед процессом прокатки после установки валка настройка клетей осуществляется сначала по теоретическим размерам (согласно режимам прокатки) и затем происходит точная настройка с прогоном пробного темплетта. После прокатки валки подвергаются проверке с целью определить степень износа калибров. В случае если выработаны только некоторые калибры (ручьи), идет перестройка на неиспользованные. Если же все калибры выработаны (во всех ручьях), то валок перетачивают, а при достижении минимального рабочего диаметра валок подлежит списанию.

Алгоритм движения бандажированных валков отличается от алгоритма движения чугунных валков. Здесь нет процедуры нарезки калибров, т.к. бандажированные валки поступают с готовыми калиброванными бандажными кольцами.

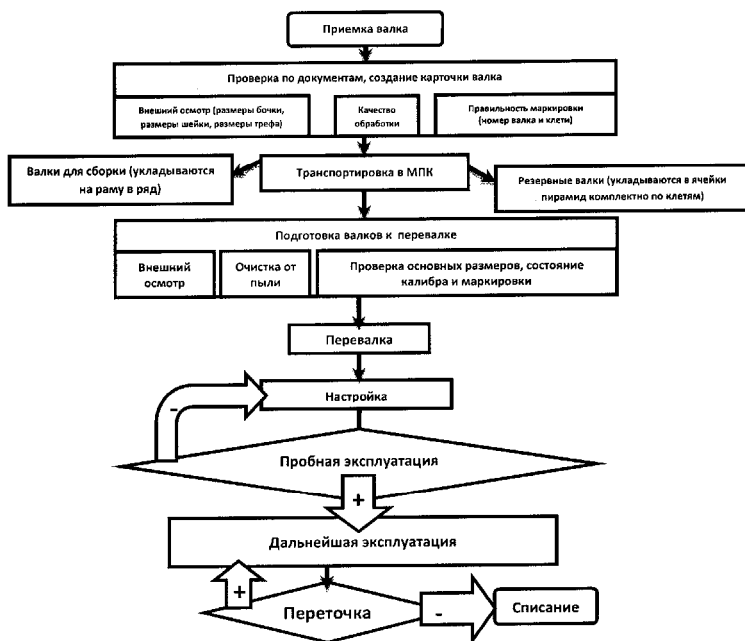


Рис.1. Алгоритм движения валков на основе данных рабочей инструкции вальцовщика

Заготовка для валка и сами валки поступают в цех с сертификатами. В них содержится информация о химическом составе и представлен чертеж валка. Затем в СЦ создается карточка валка, где учитываются следующие данные: дата получения, твердость, начальный диаметр, дата переточки, начальный и конечный диаметр после переточки, прокатываемый профиль, номер акта списания валка, а также конечный диаметр и стоимость валка в тоннах.

Для более детального учета валков предлагается разработать приложение к карточке валка и совершенствовать следующий внутренний документ: «Система менеджмента качества. Инфраструктура. Порядок организации обеспечения, хранения и эксплуатации прокатных валков ОАО «ММК» [3].

В разд. 5 «Правила приемки, хранения и эксплуатации прокатных валков» в п. 5.3.4 «Производственный учет валков», п. 5.3.1 и 5.3.2 предлагается внести дополнения в виде информации об алгоритме движения валков и в приложения этого документа внести формы карточек для учета прокатных валков (рис. 2).

Совершенствование стандарта организации и создание приложения к карточке валка позволит осуществлять более детальный учет прокатных валков в СЦ на всех стадиях алгоритма их движения.

На стане 370 для систематизации валкового хозяйства используют корпоративную систему на базе «Oracleapplications» от «BorlasABC».

ОАО ММК СЦ
Приложение к КАРТОЧКЕ
учета работы валка

| Заводской № | Завод/Фирма МРК | Стан 370 | | | |
|-----------------------------|---|---|--|----------------------------------|--|
| Дата подготовки к перевалке | Вид внешнего осмотра (зрительный, с помощью инструментов) | Способ очистки валка от пыли (мойка высоко давления «Kärcher» или др) | проверка основных размеров (с помощью измерительных приборов, зрительно) | Проверка соответствия маркировки | Заключение (пригоден для эксплуатации или нет) |
| | | | | | |
| | | | | | |

Мастер по подготовке клеток
Старший мастер стана 370

Рис. 2. Приложение к стандартизированной форме карточки валка

Существующая структура базы данных (БД) нуждается в модернизации, так как ориентируется на устаревший алгоритм движения прокатных валков (рис. 3).



Рис. 3. Усовершенствованная структура БД

Предложенные мероприятия могут способствовать:

- повышению производительности за счёт сокращения простоев стана;
- сокращению расходов на производство за счёт более рационального использования парка валков;
- потенциальному повышению качества продукции по геометрии за счёт использования более подходящих валков для прокатки.

Список литературы

1. Технологическая инструкция стана 370. Временная технологическая инструкция: ВТИ 101-П-СЦ-21-2005. Магнитогорск, 2005.
2. Рабочей инструкции вальцовщика по сборке и перевалке клетей стана 370 горячей прокатки металла ОАО «ММК»: СЦ 3-10-2010.
3. Система менеджмента качества. Инфраструктура. Порядок организации обеспечения, хранения и эксплуатации прокатных валков ОАО «ММК»: СТО СМК 2-6.3-16-2009.

УДК 621.791.051

А.Н. Емелюшин, М.А. Шекшеев, А.А. Пупейко, А.А. Окулова
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБНОЙ СТАЛИ

При монтаже трубопроводов применяются различные способы дуговой сварки. В большинстве случаев сварку стыка выполняют в несколько проходов, количество которых зависит от толщины свариваемого металла, формы разделки и нормативных требований [1]. Формирование структуры сварного соединения идет при сложных термических условиях, которые возникают при многопроходной сварке. Структура металла шва и зоны термического влияния (ЗТВ) сварки определяет механические свойства сварного соединения, а значит, и его работоспособность [2].

Целью работы является исследование структуры и механических свойств сварных соединений низколегированной трубной стали класса прочности К56.

Производили сварку образцов размерами 200×400×12 мм с V-образной разделкой (рис. 1) из стали класса прочности К56 (табл. 1), структура стали в состоянии поставки представляет собой феррит с включениями строчечного перлита (рис.2).

Таблица 1

Химический состав исследованной плавки, %

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Cu |
| 0,11 | 0,37 | 1,59 | 0,003 | 0,009 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| Al | N | V | Ti | Nb | Mo | B | Sn |
| 0,037 | 0,007 | 0,039 | 0,022 | 0,029 | 0,002 | 0,0004 | 0,003 |

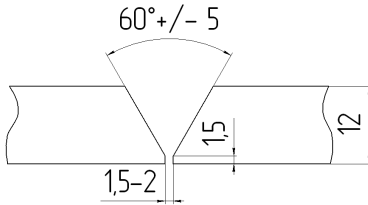
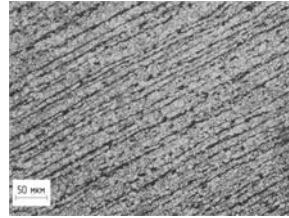


Рис. 1. Разделка стыка под сварку

Рис. 2. Структура стали в состоянии поставки, $\times 200$

Сварку двух соединений выполняли в четыре прохода способом ручной дуговой сварки покрытыми электродами Э50А УОНИ – 13/55 с основным покрытием на различных режимах (табл. 2).

Таблица 2

Режимы сварки стыковых соединений

| № слоя | Диаметр электрода dэ, мм | Сила тока I, А | Скорость V, м/час | Напряжение U, В |
|----------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| Соединение №1 | | | | |
| 1 (корень шва) | 3 | 80 | 12,1 | 18–20 |
| 2 (заполнение) | 4 | 120 | 12,5 | 23–25 |
| 3 (заполнение) | 4 | 160 | 15,2 | 26–28 |
| 4 (облицовка) | 4 | 120 | 13,4 | 23–25 |
| Соединение №2 | | | | |
| 1 (корень шва) | 3 | 80 | 11,2 | 18–20 |
| 2 (заполнение) | 4 | 80 | 11,6 | 18–20 |
| 3 (заполнение) | 4 | 100 | 13,1 | 20–23 |
| 4 (облицовка) | 4 | 80 | 12,2 | 18–20 |

Из центральной части сварных соединений вырезали образцы для исследований. Металлографический анализ показал, что в соединении №1 структура верхней части шва состоит из кристаллов перлита столбчатого строения, окруженных ферритной оторочкой (рис.3). Направление роста кристаллов совпадает с направлением кристаллизации металла сварочной ванны, т.е. от ее края к центру. Нижняя часть шва характеризуется зернистой структурой, состоящей из феррита и перлита (рис.4), подобная структура образуется из-за эффекта автотермообработки при наложении последующих слоев, по

сути, происходит нормализация металла. В ЗТВ верхней части соединения, на участке перегрева, образовалась видманштеттова структура (рис.5), а нижняя часть представляет собой феррит и перлит (рис.6) с частично сохранившейся строчечной структурой основного металла (слева).

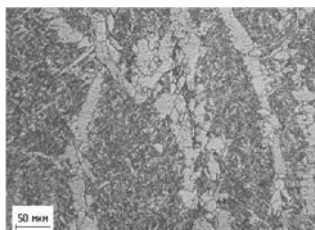


Рис. 3. Шов, верхняя часть, $\times 200$

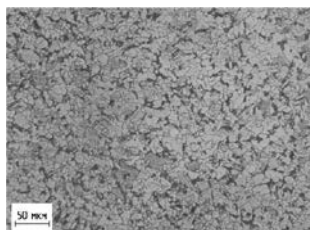


Рис. 4. Шов, нижняя часть, $\times 200$

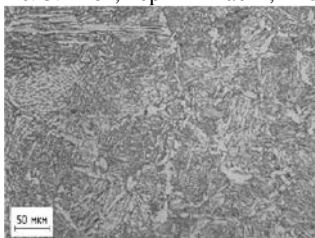


Рис. 5. ЗТВ, верхняя часть, $\times 200$

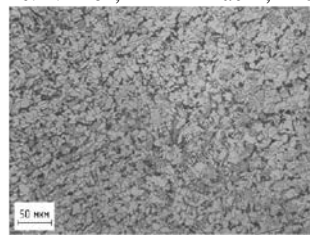


Рис. 6. ЗТВ, нижняя часть, $\times 200$

В соединении №2, в верхней части шва, наблюдается ячеистая структура, представленная перлитными кристаллами, окруженными ферритом (рис. 7), который представляет собой непрерывную матрицу вдоль границ первичных зерен. Нижняя часть шва характеризуется нормализованной структурой в виде зерен феррита и перлита (рис. 8). ЗТВ верхней части соединения представлена видманштеттовой структурой с характерными игольчатыми включениями феррита, расположенными внутри перлитных включений (рис. 9). Нижняя часть ЗТВ характеризуется ферритно-перлитной структурой (рис. 10).

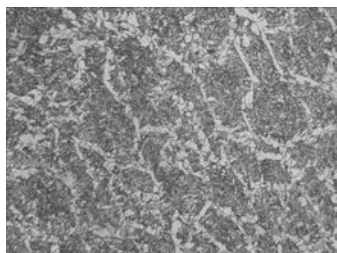


Рис. 7. Шов, верхняя часть, $\times 100$

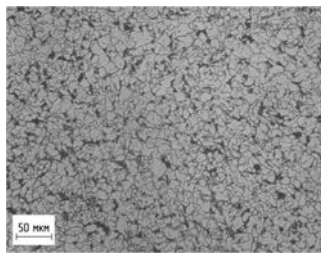


Рис. 8. Шов, нижняя часть, $\times 200$

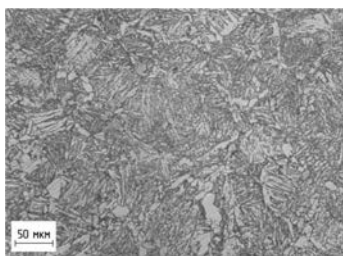


Рис. 9. ЗТВ, верхняя часть, ×200

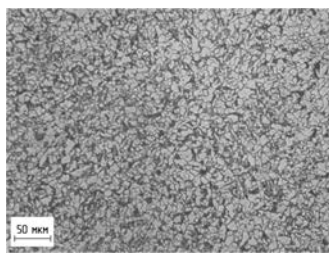


Рис. 10. ЗТВ, нижняя часть, ×200

Проводили измерения твердости Виккерса (рис. 11–14) в поперечном сечении сварного соединения по двум линиям, находящимся на расстоянии 2 мм от верхней и нижней границы свариваемого проката.

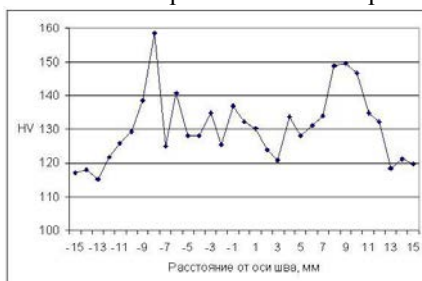


Рис. 11. Соединение №1, верхняя часть

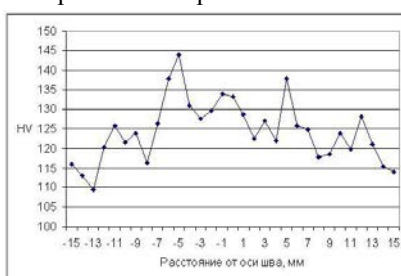


Рис. 12. Соединение №1, нижняя часть

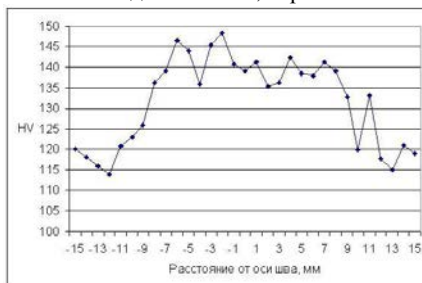


Рис. 13. Соединение №2, верхняя часть

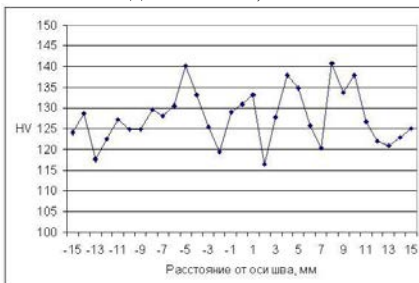


Рис. 14. Соединение №2, нижняя часть

Из полученного распределения видно, что наибольшая твердость в сварных соединениях наблюдается в ЗТВ на участке перегрева. Это хорошо видно в соединениях №1, где HV достигает 158 кг/мм² в верхней части и 144 кг/мм² в нижней. В сравнении с ЗТВ металл шва более пластичен. В сварном соединении №2 распределение твердости в поперечном сечении более равномерно, чем в соединении №1, твердость металла ЗТВ и шва находится примерно на одном уровне, как в верхней, так и нижней его части.

Список литературы

1. Сварка. Резка. Контроль: справочник. В 2 т. / под общ. ред. Н.П.Алешина, Г.Г.Чернышова. М.: Машиностроение, 2004. 624 с.: ил.
2. Грабин В.Ф., Денисенко А.В. Металловедение сварки низко- и среднелегированных сталей. Киев: Наук. думка, 1978. 276 с.

УДК 658.562

Р.Т. Латыпов, Г.С. Шошина, Е.Г. Касаткина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

В 2011 году был проведен анализ Системы Менеджмента Качества, действующей на предприятии г. Магнитогорска. В 2010 году предприятие получило сертификат соответствия требованиям МС ИСО 9001:2008.

Проработав требования стандарта и действующую документацию предприятия, было выявлено 11 несоответствий. Результаты анализа представлены в таблице и на рис.1.

Количество выявленных несоответствий
требованиям стандарта ИСО 9001:2008

| Раздел | Пункт (количество несоответствий) | Всего несоответствий |
|--|--------------------------------------|-------------------------|
| Система менеджмента качества | 4.2.2; 4.2.3; 4.2.4 | 3 |
| Ответственность руководства | 5.4.1; 5.6.2 | 2 |
| Менеджмент ресурсов | 6.2.2 | 1 |
| Процессы жизненного цикла / выпуск продукции | 7.4.1 | 1 |
| Измерение, анализ и улучшение | 8.2.1; 8.4; 8.5.2; 8.5.3 | 4 |

Большее количество несоответствий приходится на 8 раздел стандарта «Измерение, анализ и улучшение». Рассмотрим некоторые пункты данного раздела.

Удовлетворенность потребителя. Изучая самый главный документ СМК предприятия Руководство по Качеству, который содержит общую философию СМК, данный пункт стандарта, по всей видимости, не понят. Нет документа, который регламентировал бы действия по сбору, анализу и дальнейшему применению такой информации. А такая информация является одним из способов измерения функционирования СМК.

Стандарт устроен так, что невыполнение одного пункта влечет за собой цепочку невыполнения других. Так, невыполнение пункта «Удовлетворенность потребителя», который не дает фактических данных по удовлетворению потребителя продукцией, влечет за собой невыполнение следующего пункта – «Анализ данных», который по требованию стандарта должен предоставлять такую информацию.

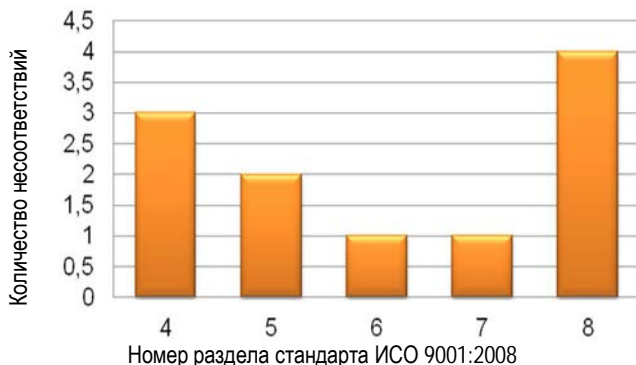


Рис.1. Количество несоответствий, выявленных по разделам стандарта

Еще один пункт стандарта, который не выполняется, это «Входные данные» для анализа со стороны руководства, где «удовлетворенность потребителя» является входными данными, и отсутствие такой информации может привести к некорректно принятым управленческим решениям.

Следующие пункты стандарта, которые не соответствуют требованиям, это «Корректирующие действия» и «Предупреждающие действия». Предприятие разработало стандарт СТО СМК «Анализ со стороны руководства, корректирующие и предупреждающие действия», но он не полностью описывает требования МС ИСО: нет метода оценки результативности и эффективности проведенных корректирующих и предупреждающих действий. А это один из важных этапов управления СМК, который проводится с целью выработки дальнейших управленческих решений.

В рамках усовершенствования СМК предприятия предлагается разработать стандарты:

- оценка результативности и эффективности корректирующих и предупреждающих действий;
- оценка удовлетворенности потребителей.

Численная оценка результативности и эффективности корректирующих и предупреждающих действий даст возможность правильно распределить или перераспределить ресурсы при управлении СМК, выполнить прогноз и оценить варианты действий, а затем выбрать оптимальный вариант.

Предприятию также необходимы следующие мероприятия:

- актуализация Руководства по системе менеджмента качества;

- актуализация нормативных документов системы менеджмента качества;
- разработка недостающих нормативных документов.

Успешность внедрения СМК – это проблема не одного конкретного предприятия, а большинства предприятий как в России, так и за рубежом.

Проведенный анализ среди 500 организаций (рис.2), внедривших СМК и получивших сертификат соответствия, показал, что 20% из них имеют реальные результаты по внедрению и получению реальных результатов повышения эффективности бизнеса, 40% не имеют реальных результатов, но есть перспективы, и 40% не имеют реальных результатов, СМК существует только на бумаге (источник Rath & Strihg).



Рис. 2. Успешность внедрения Системы Менеджмента Качества

Количество сертификатов соответствия требованиям ИСО 9001 в России с каждым годом растет, за 2011 год оно достигло 53152. Но также растет и количество приостановленных сертификатов. Так, в 2010 году было приостановлено действие 14 сертификатов соответствия, а в 2011 уже 28 (рис.3).

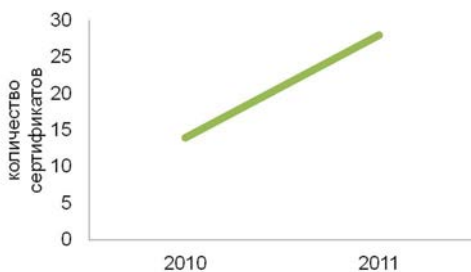


Рис. 3. Динамика роста отмененных сертификатов соответствия

Недоработка и непонимание каких-либо требований МС ИСО 9001, невыявление этих несоответствий при сертификационном аудите может привести к неэффективному функционированию Системы менеджмента качества, а затем и вовсе к аннулированию сертификата соответствия.

В.Ю. Ростовщиков, А.С. Лимарев
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Информационные технологии распространены в жизнедеятельности человека. Широкое использование они находят в автомобильной отрасли. На каждой стадии жизненного цикла автомобиля от проектирования до эксплуатации существует целый комплекс технологий, который позволяет сделать производство более быстрым и точным, продукцию более качественной и исключает человеческий фактор. Поэтому производители автомобилей все шире внедряют информационные технологии на всех этапах жизнедеятельности автомобиля.

На этапе проектирования решают следующие задачи:

- 1) изготовление эскизов и макетов автомобилей;
- 2) разработка дизайна;
- 3) проверочные расчеты узлов и агрегатов;
- 4) компоновка оборудования;
- 5) оценка конечной стоимости

Для решения этих задач специалисты, занимающиеся проектированием автомобилей, используют программное обеспечение 3D Studio Max, AutoCAD Mechanical, CATIA V5. Это позволяет ускорить процесс проектирования, благодаря наглядности трехмерных моделей, возможности вносить изменения в старые и развивать новые идеи.

Система CATIA V5 используется на многих отечественных и иностранных автомобильных заводах: ВАЗ, ГАЗ, Mercedes, BMW, Chrysler, General Motors. Программа позволяет решать большинство задач этапа проектирования.

Использование программы CATIA решает следующие задачи (рис. 1):

- 1) детальная проработка кузова;
- 2) детальная проработка салона;
- 3) выбор материалов изготовления;
- 4) проверочные расчеты прочности узлов и агрегатов;
- 5) проработка конструкторской документации;
- 6) проектирование участков;
- 7) планировка расположения оборудования.

Также она включает передовой инструментарий трёхмерного моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой и графической информации. Система позволяет эффективно решать большинство задач технической подготовки производства – от внешнего проектирования

до выпуска чертежей, спецификаций, монтажных схем и управляющих программ для станков с числовым программным обеспечением.

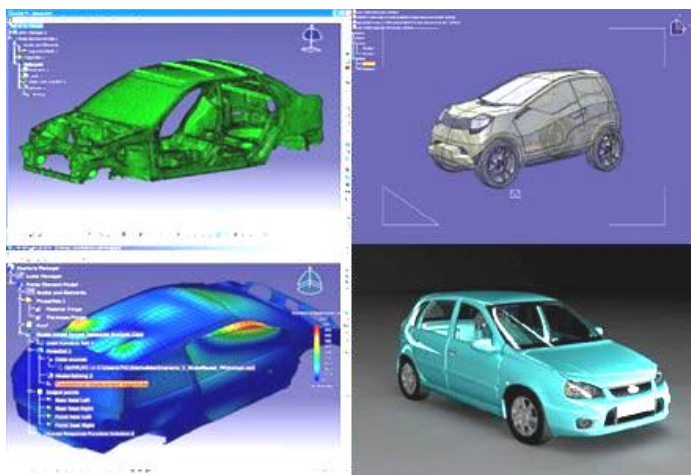


Рис. 1. Эскиз автомобиля в ПО CATIA V5

Данное программное обеспечение позволяет предприятию сокращать время и стоимость проектирования, увеличивает оперативность, а значит, и прибыль.

На этапе производства решают следующие задачи:

- 1) производство автомобилей;
- 2) производство компонентов;
- 3) контроль технологических параметров;
- 4) обеспечение точности производства;
- 5) контроль моментов затяжки;
- 6) контроль толщины слоя сварки;
- 7) контроль зазоров.

Для контроля технологических параметров производства используют сложные программно-аппаратные комплексы. В частности, для контроля зазоров существуют системы технического зрения: Leica, V-Stars, Axyz. Они состоят из цифровой фотокамеры, ЭВМ интерфейсных устройств, математического и программного обеспечения.

При визуальном осмотре автомобильных зазоров существуют проблемные места:

- 1) качественная оценка (годен или не годен контролируемый объект);
- 2) субъективность проверки;
- 3) низкая достоверность проверки;

Кроме этого, контроль сложных изделий является затруднительным для органов зрения человека и приводит к ухудшению зрения. Это не отвечает современным требованиям по организации труда и промышлен-

ной безопасности. Поэтому на стадии производства целесообразно внедрить современную систему автоматического зрения Aхуз, которая позволяет производителю:

- 1) давать количественную оценку;
- 2) обеспечивать объективность проверки;
- 3) обеспечивать высокую достоверность проверки;
- 4) обеспечивать безопасность для здоровья человека;
- 5) получать большую производительность (за счет автоматической идентификации, отслеживания и контроля зазора);
- 6) удаленно контролировать работу прибора (через Интернет).

Системы автоматического зрения в силу дороговизны и сложности используются в основном на крупных автомобильных заводах, таких как Mercedes, BMW, General Motors.

На этапе эксплуатации автомобиля необходимо учитывать множество параметров, связанных с обслуживанием и ремонтом:

- 1) своевременное ТО и ТР;
- 2) отслеживание поломок;
- 3) поиск нужной детали по VIN;
- 4) оценка диагностических параметров;
- 5) ремонт кузовных частей;
- 6) подбор краски.

В большинстве автомобилей существует собственная система распознавания ошибок Check-Engine – это индикатор, позволяющий определить неисправность. Помимо нее на современных автомобилях устанавливают дополнительную систему, которая будет передавать в реальном масштабе времени параметры состояния датчиков и переключателей на компьютер. Такой системой является диагностический комплекс Doctor ZX с программным обеспечением PALM.

Для удобства анализа программа объединяет в группы поступающие данные: «Данные ежедневного отчета», «Частота распределения данных», «Общее число часов наработки», «Сигналы аварийного состояния», «Перечень неисправностей».

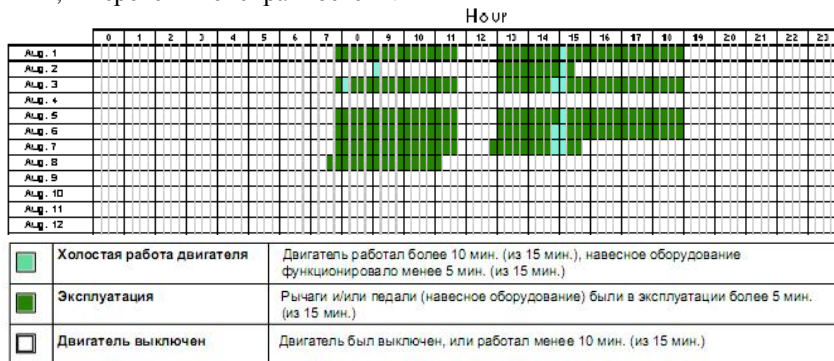


Рис. 2. Данные ежедневного отчета

Диагностический комплекс Doctor ZX позволяет:

- 1) планировать ТО;
- 2) выдавать информацию об эксплуатации;
- 3) анализировать правильность работы агрегатов на основе поступивших сигналов;
- 4) анализировать рабочие параметры (обороты двигателя, температура гидравлики, температуру охлаждающей жидкости, давление в насосе и т.п.);
- 5) связывать автомобиль с сервером по спутнику для передачи данных в реальном времени.

Система Doctor ZX обеспечивает предприятию экономию финансовых затрат и позволяет решать проблемы на этапе их зарождения. Благодаря низкой стоимости и простоте использования комплекс может применяться на любом автотранспортном предприятии.

Таким образом, наличие современных информационных технологий в автомобильной отрасли обеспечивает существенную экономию благодаря: снижению издержек производства; снижению времени разработки, производства; более тщательной проработке узлов и агрегатов; большой производительности; удаленному контролю за работой; автоматическому планированию обслуживания и ремонта; автоматическому анализу рабочих параметров двигателя.

УДК 519.854.33

В.И. Гаврилкович, Г.Ш. Рубин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПРОГРАММНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Численное моделирование процессов деформации имеет, с одной стороны, высокую прикладную и научную ценность, а с другой – является достаточно сложной задачей. В первую очередь это связано с большим количеством принципиально различных взаимовлияющих факторов и физических процессов, которые вовлечены в высокоскоростное деформирование, поскольку данный процесс имеет выраженный волновой характер с комплексным взаимодействием ударных волн и волн разгрузки.

Современные численные методы имеют ряд недостатков, такие как погрешность вычислений, неравномерность. Следовательно, не могут дать более точный результат. Более перспективными в точности вычислений являются дискретные системы.

Клеточный автомат был предложен Фон-Нейманом в середине прошлого века. На основе этой модели подтверждалась мысль о том, что чело-

век может создать устройство, обладающее присущими ему самому свойствами, в частности способностью воспроизводить себе подобного. Основные свойства клеточного автомата формулируются в следующем виде:

- дискретность пространства, времени и состояний;
- однородность;
- синхронный режим изменения состояний;
- пространственная локальность;
- временная локальность.

Основными достоинствами использования клеточных автоматов для моделирования физических процессов являются:

1. Значений величин в клеточных автоматах представлены булевой алгеброй, и поэтому не существуют проблемы обработки действительных чисел, все вычисления являются точными, нет ошибок округления.
2. Возможно решение для любой формы границ.
3. Так как вычисления в клеточных автоматах являются локальными, то модели, основанные на клеточных автоматах, идеально подходят к широко распространяющимся сейчас алгоритмам параллельных вычислений.

Связь с физической реальностью: благодаря своей «микроскопической природе», модели клеточных автоматов могут демонстрировать явления, имеющие место в реальных системах.

Поскольку клеточные автоматы представлены в виде сетки, то возникает проблема в восприятии полученных данных и их обработки экспериментальных расчетов. Для зрительного представления мы используем средство компьютерной графики OpenGL.

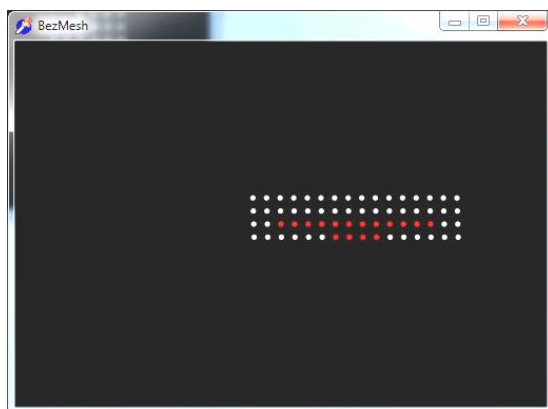
OpenGL – спецификация, определяющая независимый от языка программирования платформонезависимый программный интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трёхмерную компьютерную графику.

Основным принципом работы OpenGL является получение наборов векторных графических примитивов в виде точек, линий и многоугольников с последующей математической обработкой полученных данных и построением растровой картинке на экране и/или в памяти. Векторные трансформации и растеризация выполняются графическим конвейером (graphicspipeline), который, по сути, представляет собой дискретный автомат. Абсолютное большинство команд OpenGL попадают в одну из двух групп: либо они добавляют графические примитивы на вход в конвейер, либо конфигурируют конвейер на различное исполнение трансформаций.

Еще один способ моделирования с помощью OpenGL – это моделирование по точкам. Каждый автомат отображается в виде точки, а его логическое состояние показывает цветом (см. рисунок).

На рисунке изображено моделирование процесса холодной объемной штамповки. У данной модели существуют следующие ограничения:

- количество клеток разбиения деформируемого тела должна быть четным;
- модель отображает только двумерный случай;
- деформируемое тело имеет только квадратную форму.



Моделирование по точкам

Процесс построения модели сводится к следующему:

1. На первом этапе мы представляем образец в виде точек. В данном случае всю область разбиваем на квадрат из точек размером 4x4.
2. На втором этапе формируется область, которую тело будет занимать в процессе деформирования (на рисунке показано белым цветом).
3. На 3 этапе происходят логические вычисления.

С каждым вычислительным шагом мы видим как квадрат (заготовка) начинает деформироваться, тем самым давая нам геометрическое представление процесса ХОШ.

Таким образом, моделирование процесса штамповки с помощью клеточных автоматов сводится к меньшему числу итераций, чем при моделировании с помощью численных методов.

Список литературы

1. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов: пер. с англ. М.: Мир, 1991. 280 с.
2. Рубин Г.Ш., Шишов А.А. Клеточно-автоматные модели деформируемой среды // Труды восьмого конгресса прокатчиков. Магнитогорск, 2010. С. 451-453.
3. Методологический подход к управлению качеством метизной продукции, основанный на нечетких множествах / Г.Ш. Рубин, Ф.Т. Вахитова, В.Н. Лебедев, Е.Н. Гусева, А.А. Шишов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. №4. С. 50-53.

Д.С. Осипов, Т.В. Мултанова

ФГБУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АНАЛИЗ МАРОК СТАЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХОЛОДНОКАТАНОГО ЛИСТА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ МАССЫ АВТОМОБИЛЯ

Концепция современного автомобиля предусматривает существенное повышение безопасности его эксплуатации и снижение расходов на его изготовление и обслуживание. Успешная реализация этой концепции во многом зависит от применения высококачественных автомобильных сталей, обладающих высокой прочностью, сочетающейся с хорошей штампуемостью и коррозионной стойкостью, при относительно малом весе. Эти свойства определяются химическим составом стали и технологией изготовления из неё листовой продукции, принятых на предприятиях черной металлургии.

К началу 90-х годов XX в. наметился спад производства автомобильной стали в США, вызванный как широкими предложениями этой категории стали из Японии, так и созданием серии алюминиевых сплавов для автомобилей. Поэтому одним из важных событий в мировой автомобильной промышленности в последнее десятилетие явилось создание консорциума ULSAB (UltraLightSteelAutoBody), в который вошли крупнейшие международные фирмы-производители автомобильной стали: Aceralia, AK Steel, Bethlehem, BHP Steel, BritishSteel, CockerillSambre, CSN, Dofasco, Hoogovens, Inland, KawasakiSteel, Kobe, Krakatau, KruppHoesch, LTVSteel, NationalSteel, NipponSteel, NKK, POSCO, Preussag, RougeSteel, Siderar, Sidmar, Sollac, SSAB, Stelco, Sumitomo, Tata, Thyssen, USSteelGroup, Usiminas, VSZ, Voest-Alpine, WCI, Weirton. Целью создания консорциума в 1994 г. было преодоление возникшего спада производства автомобильной стали и обеспечение разрабатываемых новых моделей автомобилей последнего поколения современной сталью и технологическими процессами ее обработки на автомобильных заводах.

В таблице приведены марки сталей, используемые в программе ULSAB-AVC .

Классификация автолистовых сталей в соответствии с программой ULSAB-AVC

| Применяемые типы сталей | | Прогрессивные типы сталей | |
|-------------------------|---|---------------------------|-------------------------|
| Mild | мягкая низкоуглеродистая сталь 08ю | DP | двухфазные |
| IF | сверхнизкоуглеродистые | CP | многофазные |
| IS | изотропные | TRIP | с ТРИП-эффектом |
| BH | стали, упрочняемые сушкой лакокрасочного покрытия | (X-IP) | повышенной пластичности |
| HSLA | низколегированные повышенной прочности | Mart (MS) | мартенситные |

В данной работе основное внимание уделено вопросам, связанным с производством TRIP-стали.

TRIP-сталь – это метастабильная высокопрочная аустенитная сталь с высокой пластичностью.

Принцип её получения и упрочнения заключается в следующем: Сответствующим подбором легирующих элементов снижали мартенситные точки M_n и M_d ниже комнатной температуры. Таким образом, после закалки такие стали имели аустенитную структуру. Для получения повышенных прочностных свойств стали подвергали пластической деформации в интервале температур 250–550°C (ниже температуры рекристаллизации) с большими степенями обжатия (до 80%). При этом мартенситные точки M_n и M_d повышались и точка M_d становилась выше комнатной температуры (точка M_n оставалась ниже комнатной температуры). После охлаждения стали от температуры теплового деформирования сталь сохраняла структуру деформированного аустенита, но этот аустенит уже становился метастабильным по отношению к пластической деформации при комнатной температуре. Деформация такого аустенита приводила к образованию мартенсита деформации, что сопровождалось увеличением прочностных свойств и значительным ростом относительного удлинения. В этом случае образующийся мартенсит затруднял образование шейки при растяжении благодаря упрочнению в месте ее образования, и деформация образца долгое время носила равномерный характер.

В качестве окончательного состава TRIP-стали для производства ее в ККЦ ОАО «ММК» выбираем сталь следующего состава: 0,20% С, 1,5% Mn, 1,5% Si, 0,04% Nb, S 0,01%, P 0,03%, Cu 0,3%, N 0,012%, Ni 0,3%, Al 0,03%.

При выборе данного состава были рассмотрены вопросы, связанные с получением необходимых механических свойств и структуры конечного продукта, вопросы по нанесению покрытия на холоднокатаный лист из TRIP-стали, а также вопросы, относящиеся к возможности производства стали данного состава в условиях ККЦ ОАО «ММК».

Основные причины выбора стали именно этого состава следующие:

- в ККЦ ОАО «ММК» производят трубную сталь марки, состав которой близок к указанному выше, что позволяет взять технологию производства данной стали в качестве аналога для разработки технологии производства TRIP-стали;

- рассмотрев данные о проблемах, связанных с нанесением покрытий на лист из TRIP-стали, пришли к выводу, что количество легирующих элементов в размере 1,5% Mn и 1,5% Si не является препятствием для нанесения цинкового покрытия;

- в проекте ULSAB используется сталь с характеристиками $\sigma_b=800$ МПа, $\delta =26-32\%$. По данным японских ученых сталь такого состава обладает именно такими характеристиками;

- данный вариант состава является наиболее простым для производства из всех возможных составов TRIP-сталей, но он может быть скорректи-

рован в процессе совместной работы металлургов и людей, занимающихся непосредственно проектированием и конструированием автомобилей. Подобные союзы стали обычным делом в зарубежной практике.

При разработке технологии разливки TRIP-стали в ККЦ ОАО «ММК» в качестве аналога была принята технология разливки трубной стали, производство и разливка которой достаточно хорошо освоены. Для разливки TRIP-стали предполагается использовать комбинированную двух-, четырехручьевую МНЛЗ. Металлургическая длина МНЛЗ – 35,8 м. Длина кристаллизатора – 1200 мм.

Для разливки стали, предназначенной для глубокой вытяжки и требующей высокое качество по точечной неоднородности, используются промежуточные ковши, оборудованные перегородками. Не оборудованные перегородками промковши под разливку данных сталей не ставятся.

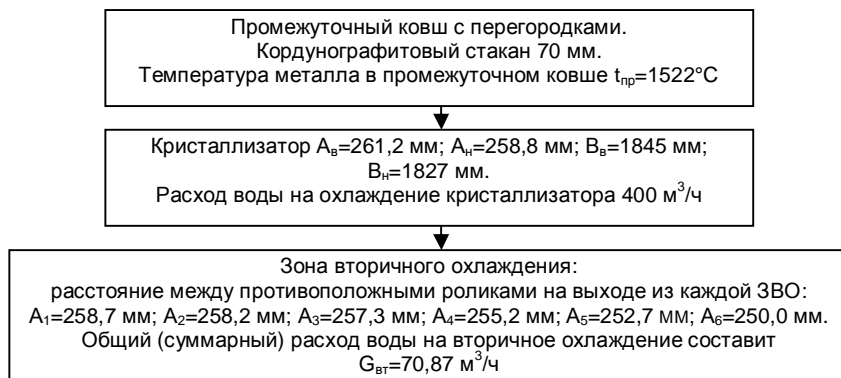
На поверхность металла в промежуточном ковше засыпается шлакообразующая смесь № 11 следующего химического состава: С – 5%, F – 6-9%. Влажность смеси не более 0,8%, основность 1,3–1,7.

Температура металла в промежуточном ковше: $t = 1522^{\circ}\text{C}$, при этом температура ликвидус для TRIP-стали составит $t_{\text{ликв}} = 1492^{\circ}\text{C}$.

На поверхность стенок кристаллизатора наносят тонкий слой смазки (парафиновой, графитовой или солидол с графитом).

На поверхность металла в кристаллизаторе засыпается шлакообразующая смесь № 10 следующего химического состава: С – 3 %, F – 6-9 %, Al_2O_3 – не более 8%, MgO – не более 5%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – 3–6%. Влажность не более 0,5%, основность 0,9–1,2.

Технологическая схема разливки TRIP-стали представлена на рисунке.



Технологическая схема разливки TRIP-стали

Принцип непрерывной разливки заключается в том, что жидкую сталь из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму прямоугольного или квадратного сечения – кристаллизатор, где происходит частичное затвердевание непрерывно-вытягиваемого слитка, дальнейшее его затвердевание происходит при прохождении зоны вторичного охлаждения.

А.Г. Корчунов, А.В. Лысенин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОЦЕНКА ВАРИАТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИИ

Технология производства металлических изделий, как любая непрерывная, определяется множеством параметров управления, причем отдельные из них не могут характеризовать технологию - необходимо учитывать и оценивать их совместное влияние. Зависимость показателей качества от параметров управления может быть установлена на основе определения соответствия между множествами параметров управления и свойств готовой продукции [1].

Процессы технологической обработки метизного производства включают в себя множество технологических операций: травление, волочение, термическую обработку, профилирование, стабилизацию и др. Степень влияния технологии на каждом этапе обработки зависит от технологии на предыдущих технологических шагах. В реальных условиях мы сталкиваемся с нестабильностью (вариативностью) технологии, проявляющейся в том, что при обработке одним и тем же технологическим режимом может быть получена продукция с существенно различающимися конечными свойствами. Имеет место неоднозначное определение качества продукции, т.е. показатели качества не задаются одним конкретным значением, а имеют интервал, в пределах которого каждый конкретный показатель может варьироваться. Поэтому для управления качеством метизной продукции важнейшим становится уменьшение отклонения значений показателей качества на отдельных технологических операциях, которые проходит продукция в свой жизненный цикл, тем самым повышая ее конечные свойства [2].

Для эффективного решения задач по управлению показателями качества необходимо иметь математические модели, формально описывающие взаимосвязи между параметрами управления процессом обработки и показателями качества изделий, на основе которых возможно определять результативные режимы производства.

Математические модели, описывающие процессы формирования показателей качества изделий в технологиях метизного производства, можно разделить на однозначно определенные (детерминированные) и находящиеся в условиях неопределенности. При исследовании многооперационных процессов всегда присутствует неопределенность технологической информации, которую необходимо учитывать. При построении модели управления показателями качества метизной продукции описание неопределенности может быть осуществлено следующими способами: стохастическое, статистическое, интервальное и нечеткое и др. Выбор методов формализа-

ции технологической информации зависит главным образом от типа неопределенности, к которому относится решаемая задача.

На рисунке представлена формализация процесса управления показателями качества метизной продукции.

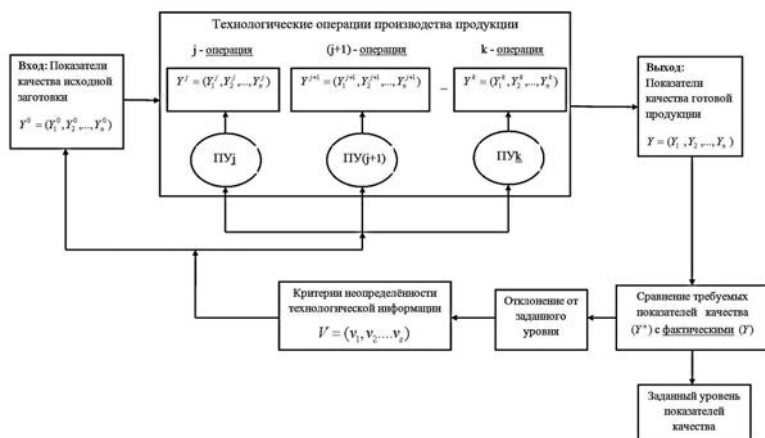


Схема управления показателями качества металлических изделий

В формализованной схеме управления показателями качества металлических изделий входные и выходные показатели качества, а также показатели качества металла и параметры управления после j -й технологической операции представлены в виде универсальных множеств:

- Показатели качества исходной заготовки:

$$Y^0 = (Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_n^0), \quad (1)$$

где n – общее количество показателей качества металлического изделия.

- Показатели качества продукции, полученные в результате реализации технологической обработки:

$$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n). \quad (2)$$

- Требуемые показатели качества готовой продукции согласно нормативно-технической документации:

$$Y^f = (Y_1^f, Y_2^f, \dots, Y_n^f). \quad (3)$$

- Показатели качества полупродукта после j -й технологической операции:

$$Y^j = (Y_1^j, Y_2^j, \dots, Y_n^j), \quad (4)$$

где $j=1 \dots k$, k – общее число технологических операций.

- Параметры управления на j -ой технологической операции:

$$ПУ_j = (ПУ_{j1}, ПУ_{j2}, \dots, ПУ_{jl}), \quad (5)$$

где l – общее количество параметров управления.

В качестве оценки вариативности (неопределенности) технологии метизного производства приведём критерий энтропии. Энтропия характеризует неопределенность характеристик параметров управления и качества. Чем меньше неопределенность технологического процесса, тем он результативнее в качестве получения готовой продукции с заданным набором потребительских свойств.

Так как производство металлических изделий является многооперационным процессом и формирование качества идет на каждой технологической стадии, то энтропия показателей качества после j -й технологической операции может быть записана, следуя А.Н. Колмогорову [3], в виде:

$$H_j = \ln \sqrt{\det R_Y^j}, \quad (6)$$

где $\det R_Y^j$ – определитель ковариационной матрицы (7).

$$R_Y^j = \hat{\imath} \left\{ [Y^j - \mu(Y^j)][Y^j - \mu(Y^j)]^T \right\}, \quad (7)$$

где $\mu(Y^j)$ – средние значения показателей качества после j -й технологической операции; T обозначает транспонирование вектора; M обозначает взятие математического ожидания.

Изменение энтропии показателей качества на j -й технологической операции производства определяется в виде:

$$\Delta H = \frac{H_{j+1} - H_j}{H_j} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где H_{j+1} – энтропия показателей качества на $j+1$ технологической операции; H_j – энтропия показателей на j -й технологической операции.

Уменьшение энтропии (8) свидетельствует об уменьшении неопределенности показателей качества, формируемых на последующей технологической операции производства металлических изделий, снижение отклонения значений показателей качества относительно их средних значений. Это благоприятно влияет на конечные свойства готовой продукции. Рост энтропии, наоборот, свидетельствует об увеличении неопределенности и отклонений значений показателей качества. На тех технологических операциях, где энтропия возрастает, должны корректироваться параметры управления с целью уменьшения неопределенности показателей качества. Если увеличение энтропии наблюдалось на всех технологических операциях, то необходимо изменять технологические режимы обработки или требования к показателям качества исходной заготовки.

При исследовании всего многооперационного процесса производства метизной продукции энтропия позволяет сравнивать качество партий продукции, реализации различных режимов технологической обработки при производстве того или иного вида металлических изделий.

Список литературы

1. Применение адаптационных механизмов для повышения качества продукции с глубокой степенью переработки / Голубчик Э.М., Корчунов А.Г., Лысенин А.В., Пивоварова К.Г. // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. 2011. №5. Т. 7. С. 131 - 134.
2. Корчунов А.Г. Моделирование трансформации показателей качества металлических изделий в процессах обработки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. №1. С. 76-78.
3. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. 304 с.

УДК 621.785.72-426.3:001.891.57

А.Г. Корчунов, Д.К. Долгий

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТПУСКА ПОД НАТЯЖЕНИЕМ АРМАТУРЫ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящее время высокопрочная арматура является одним из наиболее востребованных видов метизной продукции. Однако на отечественном рынке метизов наблюдается дефицит высокопрочной арматуры с повышенным комплексом физико-механических свойств, необходимой для производства железобетонных шпал нового поколения, что является одним из главных условий реализации Федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России».

В настоящее время в условиях ОАО «Магнитогорский метизнокалибровочный завод «ММК-МЕТИЗ» ведется освоение технологии изготовления высокопрочной стабилизированной арматуры диаметром 10 мм [1]. Для производства данной продукции завод приобрел линию стабилизации ISF-5 фирмы Mario Frigerio (Италия), для нанесения периодического профиля и осуществления механотермической обработки (МТО).

Сущность МТО заключается в одновременном механическом натяжении арматуры, приводящим к небольшой деформации металла (до 5%) и ее термической обработке (отпуск) при температурах от 250 до 420°С.

В связи с чем целью работы являлось исследование и разработка технологических режимов МТО для производства высокопрочной арматуры диаметром 10 мм из высокоуглеродистых марок стали. В соответствии с поставленной целью решались следующие наиболее значимые задачи:

1. Моделирование процесса МТО высокопрочной арматуры в среде DEFORM – 2D для установления усилия, необходимого для осуществления данного процесса.

2. Проведение лабораторных исследований, имитирующих процесс МТО, для установления влияния температуры нагрева и усилия натяжения на динамику изменения механических свойств.

3. Проведение рентгеноструктурного и электронно-микроскопического исследования для определения влияния режимов МТО на изменение структуры стали.

Для проведения моделирования процесса МТО высокопрочной арматуры диаметром 10 мм были необходимы данные о значениях механических свойств стали при температуре обработки. Для этого были проведены испытания на растяжение при температуре 400°C образцов высокопрочной арматуры из стали марки 80P диаметром 10 мм, в ходе которых была получена усредненная кривая растяжения.

Моделирование проводилось при температуре 400°C, механические свойства стали задавались в виде кривой упрочнения. Моделирование проводили для различных значений усилия натяжения, Н: 19600, 39200, 58800, 63700, 68600.

Анализ показал, что во всех случаях наблюдается практически равномерное распределение деформаций и максимальных действующих напряжений. В результате моделирования было определено усилие натяжения, необходимое для проведения МТО высокопрочной арматуры диаметром 10 мм при температуре 400°C, которое превышает предел текучести материала при температуре обработки. Было установлено, что с увеличением усилия натяжения возрастает вероятность обрыва арматуры (возрастает степень поврежденности металла).

На основании результатов моделирования были проведены испытания на растяжение образцов высокопрочной арматуры в условиях, имитирующих процесс МТО [2]. Испытания проводились при различных температурах (от 300 до 420°C), при различных усилиях натяжения (от 55800 до 86240 Н) для придания образцам различной степени пластической деформации в ходе обработки (от 0,3 до 5,72%).

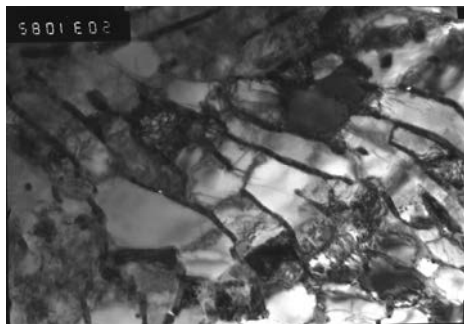
Для определения влияния температуры нагрева и степени пластической деформации в ходе МТО на динамику изменения механических свойств образцов высокопрочной арматуры были проведены испытания на растяжения в холодном состоянии. По результатам испытаний сделаны заключения о том, что степень пластической деформации образца в ходе МТО практически не оказывает влияние на изменение прочностных свойств и лишь немного влияет на изменение относительного удлинения (чем выше степень пластической деформации в ходе МТО, тем меньше относительное удлинение обработанного образца). Температура нагрева оказывает наибольшее влияние, при этом наилучший комплекс механических свойств обеспечивается при нагреве до температуры 350°C.

Результаты проведенных испытаний позволяют сделать предположение о том, что при МТО высокопрочной арматуры целесообразным является использование такого усилия натяжения, при котором будет обеспечиваться минимальная степень деформации.

Рентгеноструктурное и электронно-микроскопическое исследования проводились на образцах, обработанных по различным режимам МТО, а также на образцах в исходном состоянии и после волочения до различных диаметров.

В ходе рентгеноструктурного исследования было выяснено, что только при нагреве до температуры 350°C и выше обеспечивается двукратное и более снижение макронапряжений, накопленных в ходе холодного деформирования волочением. Также нагрев до температур в пределах от 350 до 400°C в наибольшей степени способствует релаксации микронапряжений и перераспределению дислокаций в стали марки 80P.

В ходе электронно-микроскопического исследования было выяснено, что только при нагреве до температур от 350 до 400°C в большей части объема стали марки 80P обеспечивается перераспределение дислокаций, снижение их плотности и выстраивание в стенки ячеек, такое формирование ячеистой дислокационной субструктуры приводит к появлению областей, свободных от дислокаций (см. рисунок).



× 50000

Светлопольное изображение структуры стали марки 80P после МТО при температуре нагрева 350°C и усилии натяжения 7900 кг

Однако можно полагать, что режим МТО, в ходе которого происходит нагрев до температуры 400°C, сопровождается некоторым разупрочнением материала, в связи с развитием коагуляции цементита, полигонизации и рекристаллизации феррита. Вероятно, что основным фактором для развития данных процессов, как термически активируемых, является температура нагрева, а величина усилия натяжения играет второстепенную роль. В связи с чем рекомендуемая температура нагрева при МТО должна быть ниже 400°C, но выше 350°C.

Однако для определения рационального сочетания температуры нагрева и усилия натяжения при проектировании режимов МТО необходимо знать их влияние на изменение релаксационной стойкости высокопрочной арматуры. Для чего необходимо дальнейшее проведение испытаний на релаксационную стойкость.

Список литературы

1. Лебедев В.Н., Корчунов А.Г., Чукин М.В. Производство высокопрочной стабилизированной арматуры для железобетонных шпал нового поколения // *Металлург.* 2011. №1. С. 75 - 79.
2. Исследование процесса механотермической обработки арматуры из высокоуглеродистых сталей / Барышников М.П., Долгий Д.К., Куранов К.Ю., Зайцева М.В. // *Сталь.* 2012. № 2. С. 89 – 92.

УДК 621.778.014-022.532-426

Д.Г. Емалеева, А.Е. Гулин, М.А. Полякова
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИОННОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

На кафедре машиностроительных и металлургических технологий разработан непрерывный процесс деформационного наноструктурирования проволоки, основанный на комбинировании традиционных процессов обработки металлов: кручения и волочении. Создана установка, реализующая данное комбинирование. Схема деформирования, представленная на рис. 1, включает в себя знакопеременное скручивание, знакопеременный изгиб, обжатие и растяжение. На данный метод подана заявка на изобретение, получена приоритетная справка.

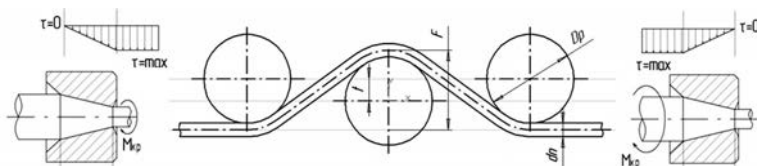


Рис. 1. Схема процесса деформационного наноструктурирования проволоки

Были проведены предварительные испытания, показавшие повышение прочностных и пластических характеристик проволоки в результате обработки данным методом. Максимальный прирост прочности относительно процесса волочения с таким же суммарным обжатием составил 12%, а максимальный абсолютный прирост относительного сужения – 8% [1].

Для изучения влияния степени деформации кручением (X_1) и величин обжатия в каждой волоке ($X_2 \in (0\%; 18,7\%)$ – обжатие в первой по ходу движения проволоки волоке, $X_3 \in (12,35\%; 19,7\%)$ – обжатие во второй по ходу движения проволоки волоке) на механические и микроструктурные параметры высокоуглеродистой проволоки из стали марки

75 было проведено трехфакторное планирование эксперимента [2]. Выбор диапазона степени деформации кручением в 30–75 об/мин экспериментально обоснован линейным характером зависимости предела прочности (σ_b) и величины относительного удлинения (δ) от этого параметра. В результате получены уравнения регрессии для предела прочности σ_b , относительного удлинения после разрыва δ , параметров микроструктуры (межпластиночного расстояния, толщины ферритных и цементитных пластин) и микротвердости на поверхности и в центральной области высокоуглеродистой проволоки (см. таблицу). Проведена проверка на соответствие экспериментальным данным по критерию Фишера, значимость коэффициентов уравнений проверена по критерию Стьюдента.

Регрессионный анализ влияния параметров процесса деформационного наноструктурирования на механические свойства и параметры микроструктуры высокоуглеродистой проволоки

| Параметр и уравнение регрессии | R, % |
|---|------|
| Предел прочности σ_b , МПа $y = 1059 + 45,5 \cdot X_2 + 34,25 \cdot X_3 + 16,25 \cdot X_{23}$ | 95 |
| Относительное удлинение после разрыва δ , % $y = 2,295 + 0,153 \cdot X_1 - 0,305 \cdot X_2 - 0,230 \cdot X_3$ | 90 |
| Межпластиночное расстояние на поверхности образца s_p , мкм $y = 0,410 - 0,014 \cdot X_2 - 0,013 \cdot X_{23}$ | 90 |
| Межпластиночное расстояние в центре образца $s_{ц}$, мкм $y = 0,409 - 0,025 \cdot X_1 + 0,014 \cdot X_2 - 0,060 \cdot X_3 - 0,024 \cdot X_{23}$ | 95 |
| Толщина ферритных пластин на поверхности образца $h_{фп}$, мкм $y = 0,233 - 0,029 \cdot X_2 - 0,011 \cdot X_3 + 0,01 \cdot X_{23} - 0,014 \cdot X_{13} + 0,009 \cdot X_{123}$ | 95 |
| Толщина ферритных пластин в центре образца $h_{фц}$, мкм $y = 0,199 - 0,009 \cdot X_1 - 0,025 \cdot X_3 - 0,005 \cdot X_{12}$ | 90 |
| Толщина цементитных пластин на поверхности образца $h_{цп}$, мкм $y = 0,208 - 0,011 \cdot X_2$ | 95 |
| Толщина цементитных пластин в центре образца $h_{цц}$, мкм $y = 0,2 - 0,008 \cdot X_1 - 0,025 \cdot X_3 - 0,009 \cdot X_{23}$ | 90 |
| Микротвердость на поверхности образца, МПа $y = 2901,594 + 58,615 \cdot X_2$ | 95 |
| Микротвердость в центре образца, МПа $y = 2966,454 + 103,704 \cdot X_1 + 51,921 \cdot X_2 + 53,308 \cdot X_3 - 46,829 \cdot X_{12}$ | 95 |

Была проведена серия экспериментов для установления влияния режимов разработанного процесса деформационного наноструктурирования проволоки на ее механические свойства и параметры микроструктуры.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что на повышение прочности основное влияние оказывают единичные обжатиya в волокнах (рис. 2), в то время как степень деформации кручением увеличивает прочность всего на 2%. Единичные обжатиya в волокнах понижают относительное удлинение после разрыва, в свою очередь, степень деформации кручением повышает этот параметр.

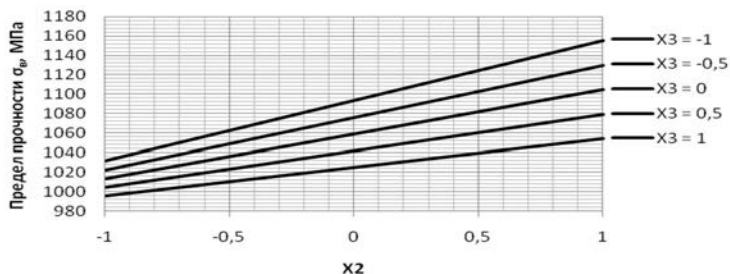


Рис. 2. Номограмма для определения предела прочности

Плоскость относительного удлинения после разрыва при 75 об/мин находится на 0,3 единицы параметра выше, чем при скорости вращения независимого скручивающего устройства в 30 об/мин, что составляет разницу в 11,4% при максимальном суммарном обжатиии и 19% при минимальном (рис. 3).

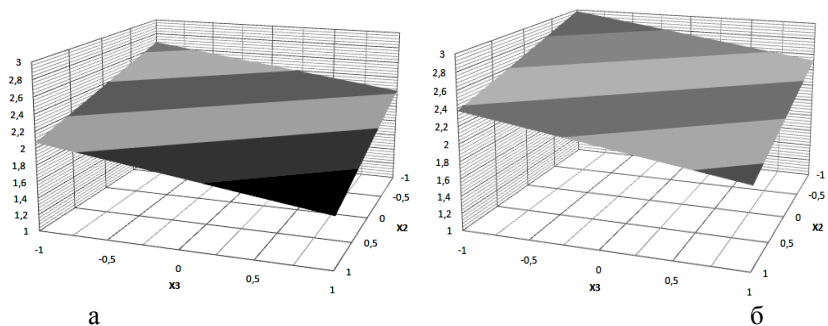


Рис. 3. Зависимость величины относительного удлинения высокоуглеродистой проволоки по уравнению регрессии от параметров X_2 и X_3 при фиксированных значениях X_1 : а – $X_1 = -1$; б – $X_1 = 1$

На параметры микроструктуры на поверхности образца основное влияние оказывает единичное обжатиye в первой волоке по ходу движения проволоки, а в центре проволоки – количество оборотов независимого скручивающего устройства и суммарная степень обжатиya.

Микротвердость поверхности образца в большей степени зависит от единичного обжатия в первой волоке. Экспериментально подтверждено, что изменение скорости вращения от 30 до 75 об/мин приводит к повышению микротвердости поверхности на 50–100 МПа в зависимости от суммарного обжатия ($\Sigma\varepsilon$). Причем, чем меньше значение $\Sigma\varepsilon$, тем больше разность значений микротвердости на поверхности. При малых степенях деформации кручением среднее значение микротвердости изменяется в пределах 100 МПа по радиусу образцов. При больших скоростях скручивания проволоки микротвердость в центре образца повышается больше (в среднем на 150 МПа), чем на поверхности (в среднем на 50 МПа).

Результаты комплекса теоретико-экспериментальных работ могут быть использованы для прогнозирования и оптимизации по определенному параметру или их комплексу получаемых свойств проволоки после обработки разработанным методом деформационного наноструктурирования.

Список литературы

1. Полякова М.А., Гулин А.Е. Разработка непрерывного метода интенсивной пластической деформации // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. С. 138 - 145.
2. Гулин А.Е., Полякова М.А. Анализ эффективности метода деформационного наноструктурирования с использованием математического планирования эксперимента // Современные методы конструирования и технологии металлургического машиностроения: междунар. сб. науч. тр. / под ред. Н.Н. Огаркова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. С. 99–105.

УДК 621.778.1.01-426.3: 621.78

В.А. Харитонов, А.Б. Иванцов, А.Р. Давлеткужин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОВОЛОКИ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Стальная высокоуглеродистая проволока широко применяется в строительстве в качестве армирующего элемента предварительно напряженных бетонных конструкций. К основным требованиям, предъявляемым к арматурной проволоке, относятся: высокое значение прочностных характеристик (предела текучести), которое позволяет применять пред-

варительные напряжения большей величины, и высокая релаксационная стойкость, что обеспечивает сохранение созданных в конструкции напряжений при длительных сроках эксплуатации. Существующий высокий уровень требований к арматурной проволоке обусловлен экономией безвозвратно теряемого металла, пропорциональной повышению прочности и снижению релаксации проволоки.

Цель работы – выявление путей совершенствования механотермической обработки в производстве высокопрочной проволочной арматуры.

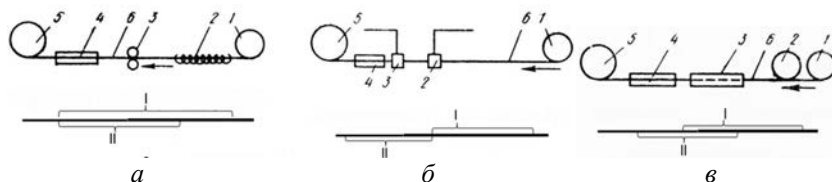
Эффективным способом повышения релаксационной стойкости проволоки, обеспечивающим снижение релаксации до 1–4%, является механотермическая обработка (МТО), реализуемая как сочетание растяжения с нагревом (стабилизация) [1].

С начала использования МТО высокопрочной арматурной проволоки в условиях рынка конкуренции имеется потребность в развитии решения проблем, связанных с качеством данной продукции при минимальных затратах на её производство. На ранних этапах развития процесса МТО арматурной проволоки решался вопрос об увеличении схватывания с бетоном при сохранении прочностных характеристик [2], при этом не учитывалось влияние данного способа обработки на релаксационную стойкость проволоки. Патентом Японии в 1974 г. было предложено изготавливать высокопрочную арматурную проволоку непрерывной прокаткой в чередующихся вертикальных и горизонтальных клетях с сильным натяжением между ними и между последней клетью и барабаном [3]. В процессе прокатки проволока саморазогревается 250–300°С. Охлаждение проволоки осуществлялось водой из сопл. Окончательное остывание осуществляется на барабане. Результатом большого разброса температуры является разброс механических свойств готовой продукции [4]. Вдобавок, такие условия работы прокатных валков приводят к быстрому износу инструмента (остановки на восстановление – простои и затраты). В 1981 г. японскими учеными был разработан процесс производства высокопрочной арматурной проволоки, включающий МТО проволоки круглого профиля с продольными канавками. Профиль подвергают закалке при нагреве токами высокой частоты (ТВЧ), снова быстрому нагреву до 430°С в совмещении со знакопеременным изгибом. *Целесообразно предположить, что при закалке теряется пластичность проволоки из-за растягивающих напряжений мартенситной структуры поверхности, а вид профиля не может гарантировать должного сцепления с бетоном.*

На практике применяются различные схемы стабилизации по схеме одноосного растяжения, которым соответствуют характерные сочетания зон нагрева, охлаждения и деформации. Некоторые из них приведены на рисунке [1].

По схеме *a* (см. рисунок) деформация происходит по всей области нагрева, обеспечивая, таким образом, максимальную подвижность дислокаций, следовательно, максимальное увеличение релаксационных

свойств. При этом процесс является крайне неустойчивым, т.к. температура создаёт только деформационное разупрочнение при постоянном натяжении. При осуществлении стабилизации по схеме б (см. рисунок) термодинамические факторы воздействуют поочерёдно (*сначала нагрев, потом деформация*). Энергия возврата наклепанного металла реализуется без целенаправленного движения дислокаций, обеспечивая низкую их подвижность, таким образом, предполагается реализация достаточно низкой релаксационной стойкости. Широкое распространение получил процесс стабилизации арматурной проволоки на кабестанах по схеме бесфиллерного волочения с малой степенью пластической деформации удлинения (см. рисунок, в), при которой деформация начинается в зоне нагрева проволоки и продолжается в процессе её остывания [4]. Охлаждение проволоки создаёт температурное упрочнение, что при малых степенях деформации с относительно большой скоростью движения приближает схему к частному случаю более устойчивого деформирования.



Принципиальные и термомеханические схемы стабилизации:

I – зона нагрева; *II* – зона деформации;

a – индукционный нагрев и последующая теплая прокатка: *1* – размоточное устройство; *2* – индуктор; *3* – прокатные валки; *4* – охлаждающее устройство;

5 – намоточное устройство; *б* – проволока;

б – ступенчатое волочение через две волюки, являющиеся одновременно электрическими контактами, нагревающими проволоку: *1* – размоточное устройство; *2* и *3* – волюки; *4–б* – то же, что и на *a*;

в – холодное натяжение тормозным барабаном и последующий нагрев изделия под натяжением: *1* – размоточное устройство; *2* – тормозной барабан;

3 – нагревательная печь; *4–б* – то же, что и на *a*

Для обеспечения достаточно высоких эксплуатационных характеристик высокопрочной арматурной проволоки необходимо сформировать *благоприятную* структуру зерен в металле. В данной работе за основу физики стабилизации принимается теория полигонизации [1]. Исходя из вышесказанного условимся, что для эффективного снижения релаксации при стабилизации по схеме одноосного растяжения необходимо обеспечение 5% удлинения [1, 4]. В работе [5] изложена разработка методики расчёта термопластического растяжения (ТПР), позволяющая обеспечить необходимые деформационные условия [4]. Кроме выполнения деформа-

ционных условий важно соблюдать скоростные и температурные режимы, т.к. процессы структурных преобразований развиваются во времени. Например, при превышении скорости движения проволоки реализуется схема б (см. рисунок). Нагрев будет иметь более выраженный экспоненциальный характер, что значительно сократит время на прохождение структурных изменений при нагреве. Таким образом, осуществится низкая релаксационная стойкость.

Перспективной также является разработка процесса стабилизации как линии теплой бесфиллерной деформации, совмещенной с изгибом проволоки на роликах. Промышленное применение данной установки позволит повысить управляемость и устойчивость процесса стабилизации; значительно снизить затраты энергии на производство ВААП; сократить производственные площади линии при нагреве и деформации до размеров окалиноломателя.

Исходя из вышесказанного можно сделать заключение:

- 1) наиболее эффективным из рассматриваемых схем МТО является термомеханическая схема в (см. рисунок);
- 2) классический расчет процесса стабилизации как процесса термопластического растяжения затруднителен из-за крайне малой величины вытяжки;
- 3) сочетание малых степеней деформации с относительно большой скоростью движения проволоки обуславливает смещение зоны деформации преимущественно на участок охлаждения, что приближает схему к частному случаю более устойчивого деформирования.

Список литературы

1. Юхвец И.А. Производство высокопрочной проволочной арматуры. М.: Металлургия, 1973. 264 с.
2. Пат. 869082 ФРГ.
3. Пат. 49-19493 Япония.
4. Харитонов В.А., Иванцов А.Б., Давлеткужин А.Р. Разработка режимов устойчивой деформации на линии стабилизации // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: сб. науч. тр. / под ред. В.М.Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2011. С. 150–154.
5. Иванцов А.Б., Зарубина М.В., Давлеткужин А.Р. Основы инерционной модели термопластического растяжения // Образование. Наука. Производство: сб. науч. тр. / под ред. С.И. Лукьянова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. № 8. С. 72-76.

Э.Р. Ямтеева, М.Ю. Усанов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM 3D ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРЕФОРМАЦИИ ПРОВОЛОКИ И ПРЯДИ*

В настоящее время при теоретических исследованиях процессов ОМД значимое место занимают программные комплексы, созданные на базе метода конечных элементов (КЭ). Их использование дает значительное снижение затрат, связанных с созданием новых технологических процессов и оборудования с целью их последующей реализации в промышленности[1]. Метод КЭ позволяет решить задачу пластического течения металла и проводить вычисления изменения требуемых параметров [2,3].

Одним из лидеров в области трехмерного компьютерного моделирования процессов ОМД является вычислительная система Deform 3D, позволяющая учитывать физику процесса деформации, решать задачи пластического течения, упругой деформации, распределения напряжений и др. [4]. К преимуществам можно отнести значительный объем рассматриваемых задач, высокую точность проводимых вычислений, возможность использования любого числа инструментов и сохранение истории нагружения между циклами металлообработки.

В работе [5] проведен обзор существующих методов определения параметров преформации. Была выявлена необходимость в разработке научно обоснованной методики определения параметров преформации, так как рассмотренные теории основаны на результатах эмпирических исследований. До настоящего времени в литературе не встречались сведения о применении при расчетах параметров преформации программных комплексов, позволяющих учитывать физику процесса.

В данной работе предлагается определить возможности применения программного комплекса Deform 3D для решения данного вопроса. Для этого была поставлена задача смоделировать процесс преформации проволоки при свивке арматурного каната конструкции 1+6.

Для компьютерного моделирования при помощи «геометрических примитивов» были созданы трехмерные модели роликов преформатора (диаметр 10 мм), обжимной плашки (диаметр 6,2 мм), сердечника (диаметр 2,10 мм), распределительного шаблона, тянущего инструмента и преформируемой проволоки (диаметр 2,05 мм), материал заготовки – сталь 70. На рис. 1 представлена трехмерная модель роликового преформатора, созданная в среде Deform.

* Работа выполнена под руководством проф., канд. техн. наук В.А. Харитонова.

При моделировании процесса преформации в препроцессор вычислительной системы Deform 3D введены следующие данные: тип заготовки – цилиндрическая; моделируемые процессы в заготовку – упругопластическая деформация; технологические параметры: частота вращения преформатора 1 рад/с, скорость поступательного движения тянущего устройства и сердечника 0,159 мм/с; вид разбиения заготовки: тип конечных элементов – тетраэдр, число элементов – 201292.

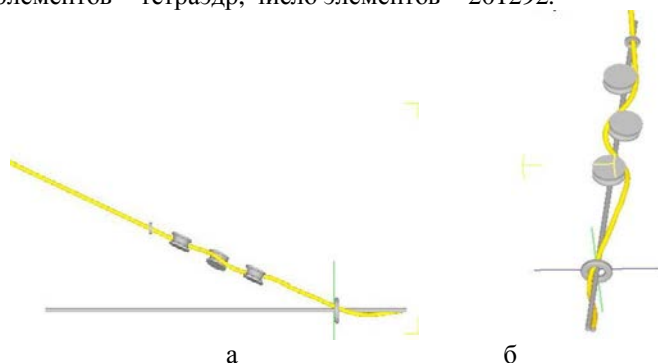


Рис. 1. Трехмерная модель роликового преформатора (а – вид сбоку; б – вид сверху)

А также следующие настроечные параметры:

- угол свивки $\alpha=19^\circ$;
- угол отклонения среднего ролика относительно центральной линии крайних роликов $\beta=9^\circ$;

- расстояние между крайними роликами $S=50$ мм.

При моделировании приняты допущения:

- рабочий инструмент рассматривается как абсолютно жесткое тело с постоянной температурой (20°C);
- трение между проволокой и инструментом постоянно на всей поверхности контакта и подчиняется закону Амантона – Кулона, коэффициент трения между роликами и проволокой, плашкой и проволокой, а также распределительным шаблоном и проволокой составляет 0,08;
- не учитывается влияние силы тяжести заготовки, считая ее малой относительно действующих сил инструмента;
- принимается, что преформация производится при комнатной температуре (20°C), теплопередача между проволокой и инструментом не происходит.

Данный способ моделирования процесса преформации проволоки при свивке пряжи позволяет получить следующие выходные данные: характер распределения внутренних напряжений по сечению проволоки и по длине заготовки в процессе преформации, распределение интенсивности деформации, а также характер и степень накопленной деформации по

объему преформируемой проволоки. Он позволяет изучить полученные значения как в поперечном, так и в продольном сечении. На рис. 2 показано распределение напряжений в поперечном сечении проволоки на каждом ролике и по длине заготовки.

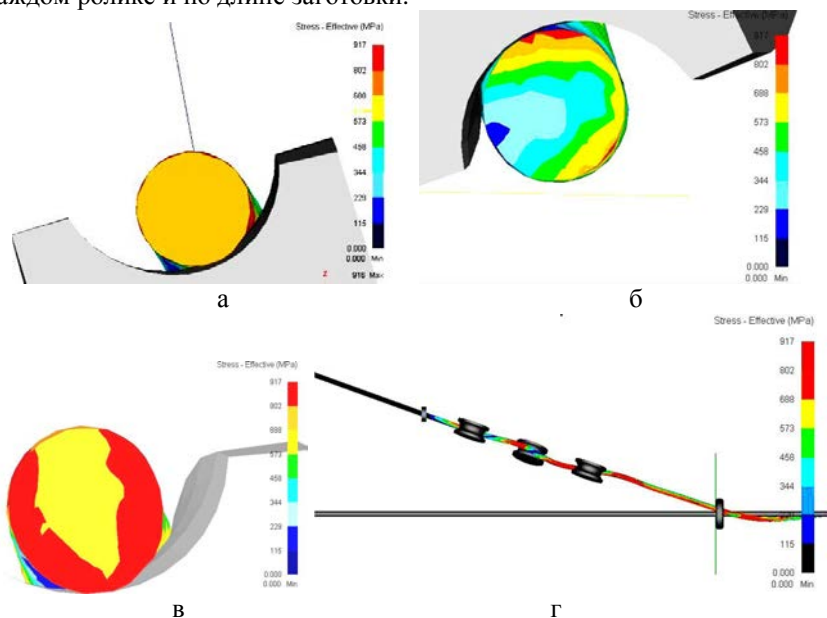


Рис. 2. Распределение напряжений в процессе преформации в поперечном сечении (а – на первом ролике; б – на втором ролике; в – на третьем ролике; г – по длине заготовки)

Выводы. Изучив известные способы определения параметров преформации, приходим к выводу, что расчет при помощи метода конечных элементов в программном комплексе Deform 3D возможен и целесообразен. В перспективе планируется произвести ряд расчетов с варьированием следующих параметров: размер роликов преформатора; расстояние между центрами крайних роликов; угол закручивания проволоки.

Список литературы

1. Моделирование процессов обработки металлов давлением в Deform-3D с целью рационального построения технологического процесса / Карамышев А.П., Некрасов И.И., Паршин В.С., Федулов А.А., Пугин А.И. // *Металлург.* 2012. №2. С. 53-55.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: пер с англ. М.: Мир, 1984.
3. Гун Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. М.: *Металлургия*, 1983. 351с.

4. Романенко В.П., Сизов Д.В. Компьютерное моделирование процесса винтовой прокатки крупных заготовок в двухвалковом стане // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. №11. С. 13-19.
5. Харитонов В.А., Ямтеева Э.Р. Состояние и направления развития теории расчета режимов преформации проволок и прядей// Образование. Наука. Производство: сб. науч. тр. Магнитогорск, 2012. С. 109-112.

УДК 621.778

А.Ю. Столяров

МФ ЗАО «Уралкорд»

В.А. Харитонов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРОВОЛОКИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ В МОНОЛИТНОЙ ВОЛОКЕ

В работе [1] отмечалось, что очаг деформации при волочении проволоки имеет более сложную морфологическую структуру, чем принято было считать ранее. Известно, что центральные слои очага деформации при волочении находятся под действием преимущественно растягивающих напряжений, а в поверхностных слоях большее влияние на характер деформации оказывают сжимающие напряжения. В очаге деформации, таким образом, ранее условно выделялись два макропотока течения металла, возникающие под действием вышеупомянутых напряжений. Однако, помимо этого, существует тонкий приповерхностный слой, появляющийся за счёт работы сил трения, обусловленный действием дополнительных сдвиговых деформаций [2]. Наличие слоя дополнительных сдвиговых деформаций может являться одним из проявлений масштабного фактора при волочении [3], и его влияние особенно актуально при рассмотрении процесса волочения проволоки «тонких» диаметров, к которым относится проволока для изготовления металлокорда.

Теоретические исследования пластического течения в непосредственной близости от граничной кривой, на которой контактное касательное напряжение равно пределу текучести (в некотором узком пограничном слое), представлены в работе В.В. Соколовского [4]. При этом получены уравнения характеристик – линий скольжения в пограничном слое и уравнения для компонент тензора напряжений и скоростей. В работе [5] исследован пластичный пограничный слой, который развивается при установившемся прямолинейном течении жёсткого линейно упрочняющегося материала вблизи шероховатой стенки. Получено несколько точных решений для установившегося течения через простое поперечное сечение, кото-

рые использованы для детального изучения пластичного пограничного слоя. Однако применительно к конкретному процессу деформации металла методом волочения данная задача не формулировалась и не решалась.

Для исследования характера НДС металла в приповерхностном слое при волочении в качестве одного из граничных условий необходимо задать его толщину. Поскольку глубина проникновения дополнительных сдвиговых деформаций от поверхности раздела «инструмент – деформируемый металл» определяется действием трения, в настоящей работе предлагается рассмотреть влияние фактической шероховатости поверхности протягиваемой проволоки на характер течения металла вблизи поверхности контакта. Описанная задача решена с помощью программного комплекса DEFORM-2D следующим образом: в качестве заготовки для процесса волочения взята проволока с фактической шероховатостью поверхности на длине l , зафиксированной с помощью оптической металлографии на шлифе, как это показано на рис.1.

В результате моделирования процесса волочения была проанализирована сдвиговая составляющая деформации в непосредственной близости от контактной поверхности на пиках и впадинах микронеровностей, как это показано на рис.2. Компонента сдвиговой деформации анализировалась в десяти точках в направлении, перпендикулярном направлению течения металла на разном отдалении от поверхности.

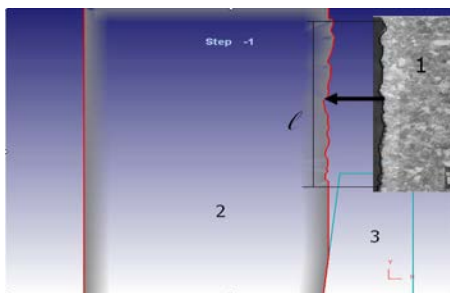


Рис.1. Исходная геометрия заготовки и инструмента для моделирования:
1 – фотография фактической поверхности проволоки; 2 – установленная в DEFORM-2D для моделирования поверхность; 3 – волочильный инструмент

Далее были получены графические зависимости распределения сдвиговой деформации по десяти указанным точкам в зависимости от шага процесса волочения, проще говоря, изменение сдвиговой составляющей деформации во времени от начала процесса волочения и до его окончания. Полученные данные графиков были сопоставлены с аналогичным распределением деформации сдвига, но без учёта шероховатости поверхности проволоки (классическая задача волочения) по десяти точкам с такими же координатами. Распределение величины деформации сдвига от поверхности проволоки к центру с учётом фактической шероховатости и без учёта шероховатости показаны на рис.3.

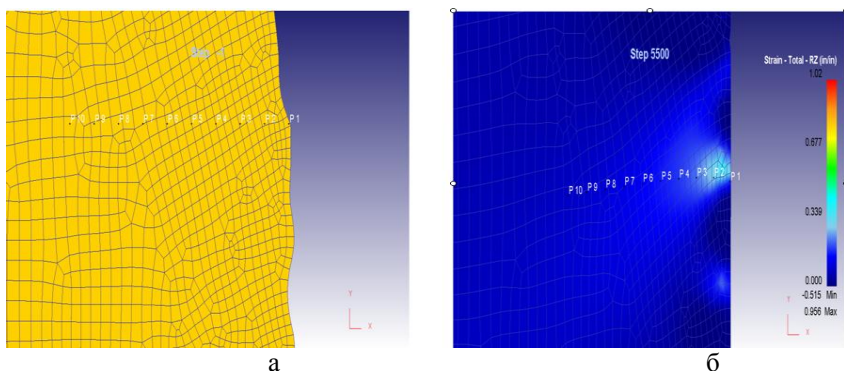


Рис.2. Увеличенный элемент поверхности проволоки с учётом шероховатости с нанесением десяти точек P1-P10 для анализа компонент деформации: а – до деформации; б – распределение сдвиговой составляющей деформации после волочения

Как видно приведённых данных на рис. 3, сдвиговая деформация поверхностных слоёв без учёта шероховатости монотонно убывает от периферии к центру, изменяясь незначительно. Величина же деформации сдвига с учётом фактической шероховатости поверхности значительно превышает аналогичный показатель, рассчитанный при отсутствии шероховатости. В тот момент, когда эти два показателя становятся приблизительно одинаковыми по величине (в области указанных точек P9-P10), можно говорить о затухании дополнительной сдвиговой составляющей деформации от поверхности к центру или, что в принципе подразумевает одно и то же, о толщине слоя дополнительной сдвиговой деформации.

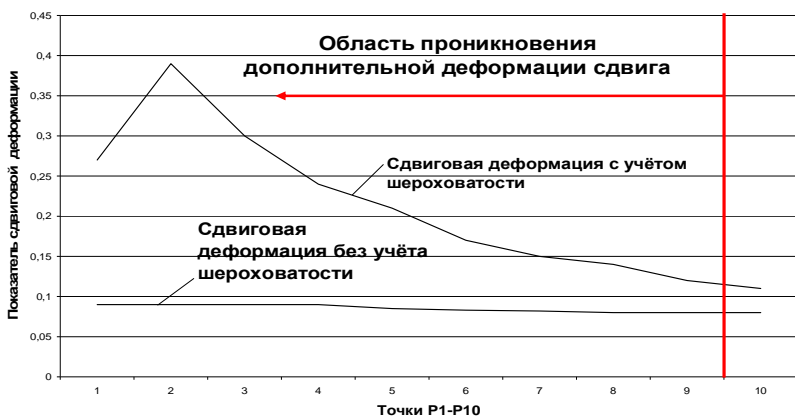


Рис. 3. Распределение величины деформации сдвига от поверхности проволоки к центру с учётом фактической шероховатости и без учёта шероховатости

Подобным образом была проведена оценка распределения компоненты сдвиговой деформации по всей длине контактной поверхности на участке l и получены данные по средней глубине слоя проникновения дополнительной сдвиговой деформации, которая составила приблизительно $(4-5)R_z$ (высоты неровности профиля по десяти точкам). Полученные расчётные результаты подтверждаются данными металлографических исследований зоны деформации поверхностных слоёв проволоки [3].

Таким образом, рассмотрено влияние микрогеометрии поверхности деформируемой заготовки на формирование слоя дополнительной деформации сдвига (микроуровень) с учётом действия макроскопических показателей процесса волочения (макроуровень), подразумевая взаимосвязь уровней пластической деформации при волочении.

Список литературы

1. Столяров А.Ю., Харитонов В.А. Изменение микроструктуры и свойств поверхностного слоя проволоки при волочении в монолитных волоках // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 68-й межрегион. НТК. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Т. 1. С 60-63.
2. Kazuki Hosoda, Motoo Asakawa, Satoshi Kajino, Y. Maeda Effect of die semi-angle and multi-pass drawing on additional shear layer // Wire Journal. 2008. November. P. 68-73.
3. Столяров А.Ю., Харитонов А.В. Влияние масштабного фактора на свойства проволоки под металлокорд // Метиз. 2010. №3. С.15-18.
4. Соколовский В.В. Теория пластичности. М.: Высш. шк., 1969. 608 с.
5. Durban D., Sitzer M. Plastic boundary layers // Acta Mechanica. 1982. 45. P.73-89.

УДК 621.778

**С.Е. Носков, В.М. Самохвалова,
М.В. Черевичная, О.И. Жижкина**

ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод»

ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО СОСТАВА ПОДСМАЗОЧНОГО ИПС-2 С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНКИ И ПРОВОЛОКИ-ЗАГОТОВКИ ПЕРЕД ВОЛОЧЕНИЕМ

Поверхность стали, подвергаемой волочению, должна быть тщательно подготовлена. Эта подготовка заключается в полном удалении окалины с поверхности металла и нанесении затем на нее одного или нескольких дополнительных слоев, которые служат: изоляцией между поверхностью протягиваемого изделия и рабочей зоной волочильного инструмента; закрепителем смазки, применяемой при волочении.

Подсмазочный слой должен хорошо и прочно присоединять смазку и в сочетании с ней обеспечивать малую силу волочения, низкий коэффициент трения, хорошую поверхность протягиваемого изделия, а также предотвращать прилипание металла к контактирующей с ним рабочей зоне волокна.

В ОАО «ММК-МЕТИЗ» в качестве подсмазочного слоя используется бура концентрацией 120–200 г/дм³. В раствор буры, с целью упрочнения сцепления покрытия с проволокой, до настоящего времени добавлялся тринатрийфосфат в количестве 10% от массы буры.

В 2011 г. в ОАО «ММК-МЕТИЗ» на термотравильных агрегатах (ТТА) СПО-2 и в травильном отделении СПО-4 СКЦ вместо тринатрийфосфата был опробован состав подсмазочный ИПС-2 ТУ 0257-007-27311679-2007 производства ООО НПП «Ингкор», г. Уфа. Подсмазочный состав ИПС-2 предназначен для модификации структуры солевых подсмазочных покрытий (буры) с целью получения более ровного сплошного слоя буры на поверхности проволоки, улучшения захвата смазки и подавления межоперационной коррозии.

Концентрация состава подсмазочного ИПС-2 при заправке ванн бурирования 15 г/л. Дальнейшая корректировка ИПС-2 проводится одновременно с корректировкой концентрации буры в количестве 5–7% от массы вводимой буры.

В ходе работы по опробованию состава подсмазочного ИПС-2 был проведен набор данных по количеству буры, остаточной окалины на катанке перед волочением и количеству волочильной смазки на готовой проволоке после волочения. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Наименование показателя | Минимальное значение | Максимальное значение | Среднее значение |
|---|----------------------|-----------------------|------------------|
| Количество буры на катанке перед волочением (без использования ИПС-2), г/м ² | 3,8 | 9,7 | 6,5 |
| Количество буры на катанке перед волочением (с использования ИПС-2), г/м ² | 4,9 | 13,4 | 7,8 |
| Количество остаточной окалины на катанке (без ИПС-2), г/кг | 0,021 | 0,52 | 0,31 |
| Количество остаточной окалины на катанке (с ИПС-2), г/кг | 0,038 | 0,45 | 0,27 |
| Количество остаточной волочильной смазки (без ИПС-2), г/кг | 0,05 | 0,74 | 0,40 |
| Количество остаточной волочильной смазки (с ИПС-2), г/кг | 0,08 | 0,96 | 0,52 |

Из табл. 1 видно, что при добавлении в раствор буры ИПС-2 количество буры на поверхности катанки в 1,2 раза больше, чем без добавления в раствор буры ИПС-2.

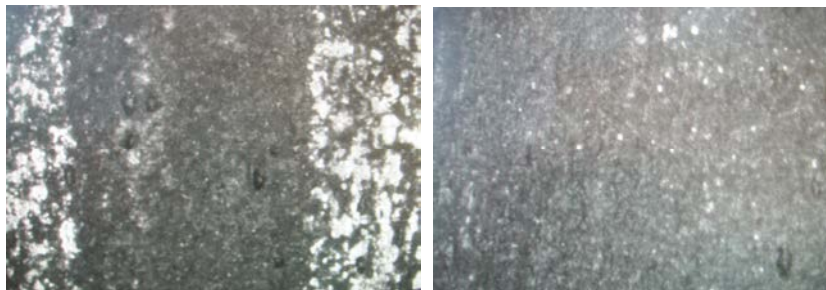
Так же был проведен набор данных по количеству буры, остаточной окислы на поверхности проволоки-заготовки перед волочением и количеству остаточной волочильной смазки на готовой проволоке после волочения. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

| Номер ТТА | Маршрут волочения | Среднее значение количества буры на проволоке-заготовке перед волочением, г/м ² | Среднее значение остаточной окислы на проволоке-заготовке перед волочением, кг/т | Среднее значение количества смазки на готовой проволоке после волочения, кг/т |
|-----------------------------|-------------------|--|--|---|
| №5 без добавки ИПС-2 | с Ø 2,6 на Ø 0,8 | 3,92 | 0,33 | 0,25 |
| | с Ø 2,9 на Ø 1,0 | 3,47 | 0,11 | 0,38 |
| №5 с добавкой ИПС-2 | с Ø 2,2 на Ø 0,75 | 4,72 | 0,10 | 0,46 |
| | с Ø 2,8 на Ø 0,8 | 4,90 | 0,25 | 1,13 |
| | с Ø 2,9 на Ø 1,0 | 4,07 | 0,01 | 2,56 |
| № 6 без добавки ИПС-2 | с Ø 3,2 на Ø 1,2 | 5,6 | 0,16 | 0,45 |
| | с Ø 3,2 на Ø 1,2 | 9,2 | 0,01 | 0,51 |
| | с Ø 3,3 на Ø 1,2 | 10,6 | 0,24 | 0,62 |

Видно, что при добавлении в раствор буры ИПС-2 количество буры на поверхности проволоки-заготовки в среднем 1,5 раза больше, чем на поверхности проволоки-заготовки без добавления в раствор буры ИПС-2.

С помощью стереомикроскопа MEIJI TECHNO RZ (x75) были сделаны фотографии структуры подсмазочных покрытий, полученных из растворов: а – буры с тринатрийфосфатом, б – буры с ИПС-2 (см. рисунок).



а

б

Фотографии структуры подсмазочных покрытий

Подсмазочный состав ИПС-2 образует на поверхности катанки и проволоки-заготовки более толстое, равномерное, без растрескивания покрытие. Покрытие, без добавления в раствор буры ИПС-2, более тонкое, участками не сплошное.

В ходе работы на волочильных станах отмечено, что добавка в раствор буры ИПС-2 позволяет улучшить захват волочильной смазки (см. табл. 1, 2). При использовании ИПС-2 волочение проходит стабильно, без замечаний.

По результатам проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1) Применение состава подсмазочного ИПС-2 производства ООО НПП «Ингкор» г. Уфа, в качестве добавки к буре вместо тринатрийфосфата способствует получению более ровного сплошного слоя буры на поверхности проволоки и, соответственно, улучшению захвата волочильной смазки, при этом практически исключаются дефект «задир».

2) Применение ИПС-2 способствует повышению коррозионной стойкости бурированной заготовки, за счет более толстого, сплошного слоя буры на поверхности.

3) Учитывая вышеизложенное в п. 1 и 2, применение ИПС-2 способствует уменьшению расхода волок.

4) С применением ИПС-2 раствор буры стал чище, вследствие этого потребность в чистке ванн бурирования стала реже.

Состав подсмазочный ИПС-2 производства ООО НПП «Ингкор» (г. Уфа) в настоящее время успешно применяется в СКЦ вместо используемого ранее тринатрийфосфата.

УДК 621.679

Е.Н. Бородина, И.Г. Шубин, М.И. Румянцев
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА БРАКА НА КОМПЛЕКСНУЮ ОЦЕНКУ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КАНАТОВ

Анализ возможных подходов к решению задачи комплексной оценки эффективности технологических процессов показал, что наиболее перспективным и целесообразным является использование теоретического и математического аппарата квалиметрии, который успешно применен для решения некоторых задач комплексной оценки качества продукции [1].

Для оценки результативности сквозной технологии производства продукции предложен комплексный показатель, включающий комплекс-

ные показатели качества исходной заготовки, технологических параметров производства и свойств готовой продукции, а также показатель дефектности $K_{\text{д}}$ [2]:

$$K = K_{\text{подката}} \times K_{\text{технологии производства продукции}} \times K_{\text{продукции}} \times K_{\text{д}}. \quad (1)$$

Оценка сквозной технологии проводится по следующей таблице.

| Комплексный показатель, % | Оценка |
|---------------------------|-----------------|
| От 99 до 100 включительно | Высший уровень |
| От 97 до 99 включительно | Высокий уровень |
| От 95 до 97 включительно | Хороший уровень |
| Менее 95 включительно | Низкий уровень |

Комплексные показатели качества исходной заготовки, технологических параметров производства и свойств готовой продукции определяются как среднее взвешенное геометрическое [3]:

$$K_{\text{качества}} = \prod_{i=1}^n K_i = \prod_{i=1}^n P_i^{b_i}, \quad (2)$$

где b_i – весомость показателя качества, определяемая экспертным методом, причем сумма весомостей всех показателей качества равна единице; n – количество показателей качества; P_i – относительный показатель качества, определяемый по одной из формул [4]:

$$P_i = \frac{P_i}{p_j^{\bar{\sigma}_{az}}} \quad (3)$$

или

$$P_i = \frac{p_i^{\bar{\sigma}_{az}}}{P_i}, \quad (4)$$

где $p_i^{\bar{\sigma}_{az}}$ – базовое (эталонное) значение i -го единичного показателя; P_i – фактическое значение i -го единичного показателя.

Формулу (3) используем тогда, когда увеличению абсолютного значения показателя качества соответствует улучшение качества изделий.

В иных случаях, когда увеличение абсолютного показателя качества характеризует ухудшение качества продукции, для расчета относительного значения показателя используем формулу (4).

При наличии предельных значений показателей качества продукции рекомендуется одна из следующих формул [3]:

$$P_i = 1 - \frac{|p_i^{\bar{\sigma}_{az}} - P_i|}{P_{i\max} - P_{i\min}} \quad (5)$$

или

$$P_i = 1 - \frac{(P_i^{\delta az} - P_i)^2}{(P_{imax} - P_{imin})^2}. \quad (6)$$

Максимальное значение относительного показателя качества равно единице.

Показатель дефектности – понижающий коэффициент комплексного показателя результативности, который повышает точность оценки за счет учета фактических значений брака и позволяет выявить свойства исходной заготовки и технологические параметры производства продукции, оказавшие наибольшее влияние на получение брака.

$$K_\delta = \prod_{i=1}^n (P_i^{D_i}), \quad (7)$$

где D_i – весомость брака, которая рассчитывается как среднее взвешенное арифметическое,

$$D_i = \sum_{j=1}^m (d_j \times q_{ij}), \quad (8)$$

где d_j – доля дефекта в общем объеме бракованной продукции, определяемая по фактическим данным цеха; q_{ij} – степень влияния i -го показателя качества исходной заготовки и технологических параметров производства продукции на получение j -го дефекта, определяемая экспертным путем, причем

$$\sum_{j=1}^m q_{ij} = 1; \quad (9)$$

m – число дефектов готовой продукции.

Наиболее распространенными дефектами канатов являются несоответствия по механическим свойствам, обрывы прядей, петли, фонари и т.д.

Комплексный показатель результативности сквозной технологии производства катанки

$$K = K_{\text{сортовой заготовки}} \times K_{\text{технологии производства катанки}} \times K_{\text{катанки}} \times K_\delta. \quad (10)$$

Комплексный показатель результативности сквозной технологии производства канатной проволоки

$$K = K_{\text{катанки}} \times K_{\text{технологии производства проволоки}} \times K_{\text{проволоки}} \times K_\delta. \quad (11)$$

Комплексный показатель результативности сквозной технологии производства канатов включает оценки свойств канатной проволоки, технологических параметров и показателей качества канатов [2]:

$$K = K_{\text{проволоки}} \times K_{\text{технологии производства канатов}} \times K_{\text{канатов}} \times K_\delta. \quad (12)$$

К показателям качества канатной проволоки и канатов относятся геометрические и физико-механические свойства, регламентированные ГОСТ 7372-79 и ГОСТ 2688-80.

Для оценки выбраны следующие технологические параметры производства канатов: шаг и скорость свивки, натяжение пряди, диаметр канала плашек, геометрические параметры преформатора и рихтовки, температура смазки.

Комплексный показатель результативности сквозной технологии производства канатов в ОАО «ММК-МЕТИЗ» за 2010 г., рассчитанный по формуле (12), равен

$$K = 0,99 \times 0,99 \times 0,99 \times 0,995 \times 100 = 96,54 \%,$$

что соответствует хорошему уровню качества.

Список литературы

1. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев / Гун И.Г., Рубин Г.Ш., Сальников В.В. и др. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 133 с.
2. Шубин И.Г., Степанова Е.Н., Румянцев М.И. К вопросу практического использования методики оценки результативности системы менеджмента качества метизного производства в технологическом цикле изготовления стальных канатов // Производство проката. 2012. №3.
3. Рашников В.Ф., Салганик В.М., Шемшурова Н.Г. Квалиметрия и управление качеством продукции: учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 184 с.
4. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. М.: Металлургия, 1984. 152 с.

УДК 621.771

В.А. Харитонов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

М.Ю. Усанов

Филиал МГТУ им. Г.И. Носова в г.Белорецке

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ХОЛОДНОЙ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Процесс радиально-сдвиговой протяжки (РСП) осуществляется приложением тянущего усилия к переднему концу круглой заготовки и обкаткой тремя неприводными роликами, расположенными под углом 120 град друг к другу и повернуты на угол подачи.

В отличие от процесса волочения, при РСП уменьшается контактная поверхность между инструментом и заготовкой, что приводит к снижению трения и локализации деформации.

Для изучения процесса РСП было проведено моделирование в программном комплексе Deform 3D. В качестве исходной заготовки принималась круглая заготовка из стали марки 80 диаметром 16 мм. Моделирование проводилось с некоторыми упрощениями и допущениями [1]:

- протяжку считали холодной (принималась температура заготовки 20°C);
- трение по всей поверхности контакта с рабочими роликами подчинено закону трения по Зибелю, при этом коэффициент трения постоянен по всей контактной поверхности;
- рабочие ролики рассматривались как абсолютно жесткие тела;
- угол подачи роликов 20 град;
- угол конической части роликов 4 град.

Маршрут волочения представлен в табл. 1.

Таблица 1

| | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Диаметр, мм | 16,00 | 14,25 | 12,85 | 11,73 | 10,80 | 10,00 |
| Вытяжка | | 1,26 | 1,23 | 1,20 | 1,18 | 1,16 |
| Обжатие | | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,14 |

Для лучшего понимания и анализа процесса РСП одновременно с ним был смоделирован процесс волочения с такими же условиями. Процесс волочения на данный момент хорошо изучен теоретически и практически. Волочение проводилось с полууглом волоки 4 град.

После моделирования по середине заготовки наносилась лагранжева сетка с размером ячеек 1x1 мм (рис. 1).

После первой протяжки сетка в процессе волочения вытягивалась в продольном направлении и уменьшалась в поперечном (рис. 2). В процессе РСП сетка закручивалась на угол 67 град и, так же как при волочении, вытягивалась в продольном направлении и уменьшалась в поперечном (рис. 3).

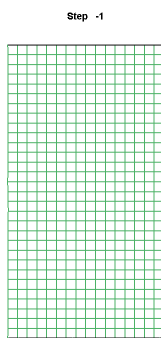


Рис.1

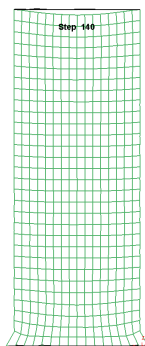


Рис.2

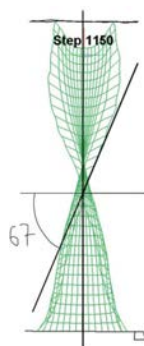


Рис.3

Если в исходную заготовку вставить круглые штифты и проволочить, то после пяти протяжек штифты увеличатся в продольном размере и уменьшатся в поперечном, сохранив круглую форму (рис. 4).

Если такие же штифты вставить в заготовку для РСП и протянуть, то штифты приобретут форму «пружинок». Причем, плотность закручивания будет выше у штифта ближе к поверхности, в то время как центральный штифт будет «навиваться» вокруг собственной оси (рис. 5).

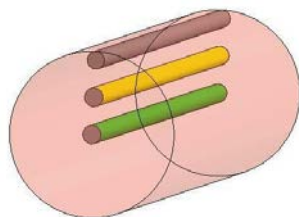


Рис. 4

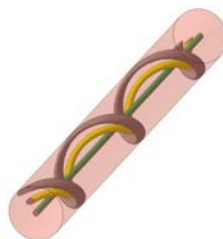


Рис. 5

Размеры ячеек после деформации практически совпадают. Однако в случае РСП измерялись их проекции, что говорит о том, что при одинаковой вытяжке и обжати будет происходить интенсивное измельчение структуры за счет геликоидального течения. При РСП внешние слои получают большее удлинение, в отличие от простого процесса волочения.

По формуле $e = \ln(d_0^2/d_1^2)$ была оценена степень накопленной деформации при волочении. Суммарно для процесса волочения за 5 протяжек накопленная деформация составила **0,94** (табл. 2).

В процессе РСП учитывался также поворот слоев $e = \ln(d_0^2/d_1^2) + \ln(90/a)$, где a – угол скручивания после протяжки [2].

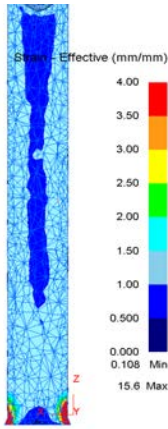
Суммарно за 5 протяжек РСП накопленная деформация составила **3,1** (табл. 2).

Таблица 2

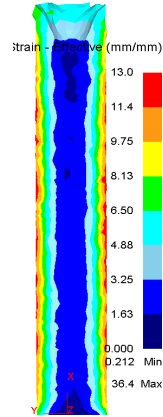
| Протяжка | 1-я | 2-я | 3-я | 4-я | 5-я | Суммарно |
|-----------|------|------|------|------|------|-------------|
| Волочение | 0,23 | 0,21 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,94 |
| РСП | 0,53 | 0,56 | 0,64 | 0,68 | 0,69 | 3,1 |

Из полученных результатов видно, что после РСП степень накопленной деформации в три раза выше по сравнению с волочением. Чем выше степень накопленной деформации, тем более немонотонный характер течения металла с более интенсивным измельчением структуры. На рис.6 представлена картина распределения накопленной деформации по сечению.

В процессе моделирования были установлены наиболее значимые факторы, влияющие на формирование спиралеобразной структуры при РСП. Показано, что наибольшее влияние оказывают угол конической части ролика (рис. 7) и вытяжка (рис. 8).



Волочение



РСП

Рис. 6

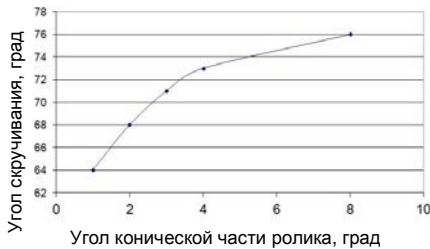


Рис. 7

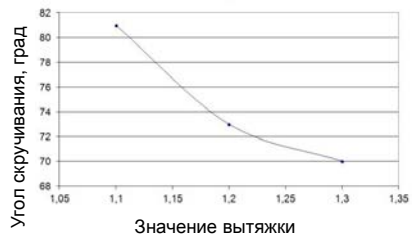


Рис. 8

Анализ результатов (см. рис. 7, 8) показывает, что при уменьшении угла конической части ролика и увеличении вытяжки растет значение угла скручивания, что приводит к более интенсивному измельчению структуры.

Список литературы

1. Харитонов В.А., Усанов М.Ю. Моделирование процесса радиально-сдвиговой протяжки // Материалы 68-й межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Т.1. С. 46-48.
2. Теплая поперечно-винтовая прокатка в валках конической формы как метод интенсивной пластической деформации / Иванов М.Б., Пенкин А.В., Колобов Ю.Р. и др. // Деформация и разрушение материалов. 2010. №9. С. 13-18.

А.В. Хохлов, Э.М. Голубчик

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАЛКОВОЙ ФОРМОВКИ ХОЛОДНОГНУТОГО ШВЕЛЛЕРА ИЗ МАРОК СТАЛИ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

На сегодняшний день современный быстроменяющийся рынок предъявляет высокие требования к производителям металлопродукции, что приводит к потребности быстрой адаптации существующих технологических возможностей предприятий для производства качественной продукции. Особенно это актуально для производителей, связанных с глубокой переработкой металла, к числу которых можно отнести изготовителей холодногнутого фасонного профиля.

С каждым годом растет спрос на гнутые профили в различных отраслях промышленности, таких как сельскохозяйственная, строительная, транспортная и автомобильная. Это связано с возможностью получения тонкостенных гнутых профилей практически любого поперечного сечения с высокой точностью геометрических размеров, а также со значительной экономией металла и трудовых затрат при их производстве.

Наряду с увеличением сортамента появилась тенденция расширения марочного состава производимых профилей в сторону повышения прочностных параметров профилируемого металла. Особенно это актуально для отечественного грузового машиностроения, для создания лонжеронных рам. Лонжеронная рама в автомобиле является основным несущим элементом конструкции, на который крепятся все механизмы и агрегаты. Для увеличения прочности и легкости столь ответственного элемента конструкции началось освоение новых видов профилей из марок сталей повышенной и высокой прочности, таких как S550MC, S600MC, S650MC. Данные марки стали в отличие российских аналогов обладают большей прочностью за счет микролегирования ниобием, ванадием, молибденом и титаном. Именно их будут использовать для производства новых лонжеронных заготовок размерами 258x72x8, 280x80x8 и т.д. для VIP клиента ОАО «ММК» – ОАО «КАМАЗ».

Учеными и студентами ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» совместно со специалистами ОАО «ММК» была разработана технологическая схема и калибровка для производства новых гнутых профилей. Но переход на формовку горячекатаной заготовки повышенной прочности в условиях традиционного оборудования вызывает ряд технологических проблем, связанных с обеспечением устойчивости процесса профилирования. Традиционные методы освоения новых профилей не удовлетворяют современным требованиям, т.к. не позволяют полностью и эффективно использовать возможности современных ма-

рок сталей. Поэтому новым этапом в развитии разработки технологии создания и освоения новых профилей может стать компьютерное моделирование процесса профилирования с применением новых программных комплексов.

Для более полного изучения процесса формоизменения металла при поточном профилировании было решено произвести моделирование данного процесса с помощью системы автоматизированного проектирования DEFORM – 3D.

Для того чтобы начать процесс моделирования, необходимо было решить ряд задач:

- 1) создать объемные 3D модели обрабатывающего инструмента;
- 2) задать модель материала (сталь марки S550MC) или использовать модель материала, близкого по характеристикам данной марки стали;
- 3) разработать схему моделирования процесса профилирования.

Первая из поставленных задач была решена с помощью программного пакета T-FlexCAD 11. Были созданы модели обрабатывающих валков в полном соответствии с чертежами, полученными при расчете калибровки традиционным методом (методика И.С. Тришевского). В отличие от реальных условий, где валки собираются из шайб, объемные модели были выполнены цельноточечными, дабы уменьшить число элементов, участвующих в моделировании, для ускорения процесса. На жесткости инструмента это никак не отражается, т.к. одним из граничных условий данной модели является то, что валки абсолютно жесткие. Для примера на рис. 1 представлены объемные модели валков четвертой клетки.

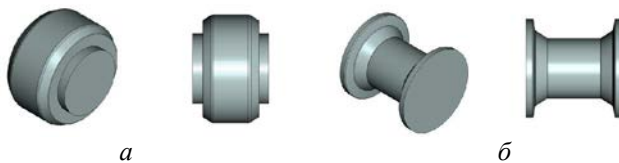


Рис. 1. Объемные модели верхнего (а) и нижнего (б) обрабатывающих валков

В качестве аналога обрабатываемого материала из библиотеки материалов DEFORM-3D была выбрана сталь марки AISI 2317. Это низколегированная марка стали с пределом текучести равным 530 Н/мм^2 и временным сопротивлением 770 Н/мм^2 . Данная сталь является наиболее близким аналогом исследуемой стали S550MC по EN 10149-2 ($\sigma_T=550 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_B=750 \text{ Н/мм}^2$).

Далее была разработана схема моделирования, которая предполагает последовательное прохождение обрабатываемого тела через профилирующие клетки. Здесь стоит уточнить, что в данной модели рассматривается установившийся процесс профилирования, поэтому динамический удар заготовки о профилирующие валки не учитывается. На рис. 2 представлена общая схема модели профилирования (стрелкой показано направление движения обрабатываемого тела, которое покрыто сеткой конечных элементов тетрагональной формы). В передней части данной сетки создано дополнительное окно

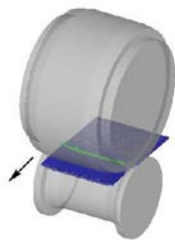


Рис. 2. Общий вид модели профилирования

плотности, в котором размер элементов меньше, а плотность их больше. Это сделано для того, чтобы получить более точные результаты, а так как программа DEFORM-3D производит моделирование по методу конечных элементов, то чем их больше, тем точнее результаты мы получаем. При моделировании были введены граничные условия, для того чтобы приблизить данную модель к реальным условиям.

На рис. 3 представлены поля распределенных напряжений на поверхности заготовки и в месте изгиба. Анализируя каждый проход, были выведены некоторые закономерности поведения металла по сечению места изгиба, такие как неравномерное возрастание напряжений в данной области и их максимальные значения.

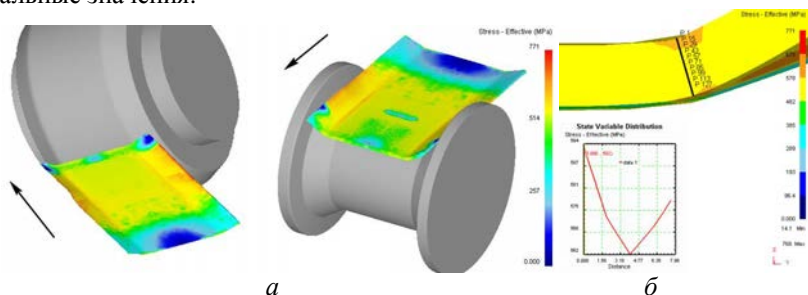


Рис. 3. Распределение полей напряжений по поверхности обрабатываемого тела (а) и в поперечном сечении места изгиба (б)

Также одним из направлений исследования было прогнозирование и локализация возможного трещинообразования. На рис. 4 приведены результаты моделирования по распределению критерия разрушения Коккрафта-Латама по поверхности обрабатываемого тела и в поперечном сечении места изгиба.

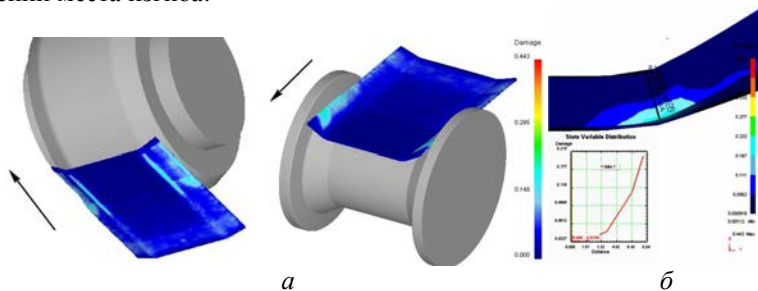


Рис. 4. Распределение полей критерия разрушения по поверхности обрабатываемого тела (а) и в поперечном сечении места изгиба (б)

Именно с помощью данного критерия, который показывает возможность трещинообразования, исходя из интенсивности напряжений и накопленной деформации в процессе ОМД, были определены места наиболее возможного дефектообразования. При данной схеме профилирования почти не остается дополнительного ресурса пластичности. То есть можно сделать вывод о том, что данная схема профилирования является наиболее оптимальной, т.к. напряженное состояние обрабатываемого тела не доходит до критических значений, а также в процессе профилирования не происходит трещинообразования.

Проведенное моделирование процесса профилирования лонжеронной заготовки из стали повышенной прочности позволило определить рациональную схему калибровки и оценить степень возможного дефектообразования при производстве нового вида гнutoго профиля.

УДК 621.882.6:669.15-197

Д.В. Константинов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БОЛТОВ ТИПА «ТОРШЕР» С ЦЕЛЮ РАСШИРЕНИЯ СОРТАМЕНТА ОАО «ММК-МЕТИЗ»

При сооружении стальных конструкций применяют два главных способа соединения элементов: высокопрочными болтами и сваркой. Болтовое соединение есть вид соединения стальных элементов посредством высокопрочных болтов массового промышленного производства. По сравнению со сварным соединением, качество которого в значительной степени зависит от квалификации сварщика, качество болтового соединения может быть обеспечено достаточно легко без высоких требований к персоналу. С другой стороны, по мере развития многоэтажного строительства и увеличения размеров строительных металлоконструкций увеличиваются толщины их элементов и прочность материалов. В этих условиях при соединении элементов стандартными высокопрочными болтами в одном соединительном узле приходится устанавливать большое количество болтов, что неизбежно влечет увеличение габаритов и снижение производительности монтажных работ, поэтому остается актуальной разработка болтов более прогрессивной конструкции.

Соответственно при начале разработки так называемого болта «Торшер» ключевой сферой его применения принималось использование для соединения крупных строительных элементов при сооружении многоэтажных зданий административного и смешанного назначения, в торговых и других зданиях с большими балочными пролетами, в производственных и склад-

ских зданиях с большой нагрузкой на перекрытие. Большинство современных зданий стоят главным образом бетонными со стальными каркасами. Из-за высоты этажей и других ограничений в каркасе часто используют широкополочные балки с постоянным наружным размером и сварные двутавровые профили с большой шириной полки; колонны тоже имеют крестообразное, двутавровое или другого открытого профиля поперечное сечение. Поэтому предполагалось, что применение в таких сооружениях предложенной конструкции болтов может дать экономию при строительстве.

При этом в ходе проектирования и поисков возможных сфер применения данная конструкция крепежа оказалась очень востребованной и в других областях. Например, «Торшеры» могут активно использоваться при пломбировании вагонов и контейнеров соответственно при железнодорожных или морских перевозках. Также применение этих болтов будет разумно в различного рода системах обеспечения безопасности и сохранности имущества или оборудования: поскольку данные болты после закручивания невозможно демонтировать стандартными способами, они могут быть применены при монтаже противоугонных систем блокировки коробки передач в автомобилях.

Производство данного вида крепежа было опробовано в начале 1990-х годов в условиях нашей метизной площадки. Однако при этом качество и технологические параметры готового изделия оставляли желать лучшего.

Схематично предлагаемый вид высокопрочных болтов типа «Торшер» представлен на рис. 1.

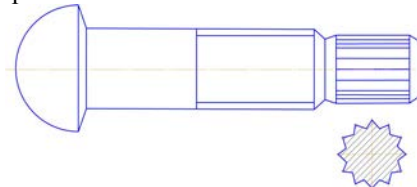


Рис. 1. Высокопрочный болт «Торшер»

Такие болты имеют сферическую головку и стержневую часть с гладкими резьбовыми участками, а также хвостовиком 12-угольного поперечного сечения под монтажный инструмент. Между хвостовиком и резьбовым участком выполнена канавка строго определенного диаметра. Затяжка резьбового соединения осуществляется за хвостовик. При достижении необходимого усилия затяжки происходит скручивание хвостовика болта.

Предложенная схема является объективно самой рациональной с точки зрения её реализации на производстве и качества получаемых крепежных изделий. Плюсы этой схемы:

- мощность применяемого оборудования используется рационально;
- высокая дробность деформации позволяет полностью исключить вероятность трещинообразования головки болта;
- деформация головки максимально равномерная;
- технологический инструмент для каждой операции не усложняется;

Сырьем для производства болтов является прокат горячекатаный из стали марки 40Х «Селект». В настоящее время эта марка стали хорошо апробирована и при соблюдении определенных режимов штамповки и термообработки обеспечивает высокую эксплуатационную надежность изготовленных из неё высокопрочных болтов. Однако сталь 40Х «Селект» обладает повышенным сопротивлением деформации в холодном состоянии. Поэтому при изготовлении высокопрочных болтов из этой стали наиболее эффективным способом (холодной штамповкой) существенно снижается стойкость инструмента (особенно для накатки резьбы), а иногда имеет место трещинообразование на головке. Термообработка болтов из стали 40Х «Селект» осуществляется в масле, что ухудшает состояние окружающей среды. При термообработке на верхний уровень прочности 1300 МПа повышается вероятность хрупкого разрушения. Природа и механизм хрупкого разрушения высокопрочных болтов до конца не изучены. Это явление, как правило, связывают с коррозией под напряжением и охрупчиванием в результате проникновения атомарного водорода в микропоры на поверхности болтов и развитием микропор до образования трещин.

Лабораторные исследования, которые проводились в ЦНИИЧЕРМЕТЕ, НИИМетизе, ЦНИИПСК, помогли установить ряд новых эффективных марок стали, обладающих хорошей штампуемостью в холодном состоянии и повышенным сопротивлением хрупкому разрушению: 20Х2Г; 20Х2ГГТ; 15Х2ГН; 15Х3Г; 20Г2Р; 30Г2Р; 30ХР.

В качестве оборудования для реализации данной технологии был выбран автомат модели КА-74. Выбор данного аппарата был сделан из следующих соображений:

1. Эта машина обеспечивает необходимое число операций для спроектированной технологии.
2. Данный автомат в силу большого запаса по мощности двигателя позволит производить не только рассчитанный вид новых болтов, но другие их типоразмеры, которые при необходимости могут быть разработаны для соответствующих ТУ.
3. Указанный автомат на данный момент уже благополучно введен в производственную линию кузнечнопрессового цеха ОАО «ММК-

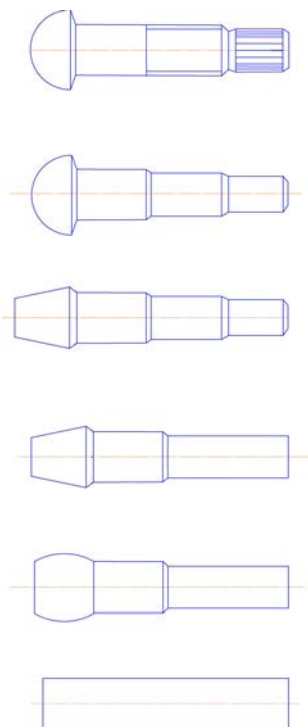


Рис. 2. Схема штамповки болта типа «Торшер»

Метиз» и является самой производительной машиной по итогам последних двух лет.

Для автоматического расчета геометрических и энергосиловых параметров данного изделия также было разработано ПО в среде разработки приложений под названием Borland Developer Studio 2006 Turbo.

Данное изделие не только соответствует всем современным требованиям, но и может быть беспрепятственно реализовано на действующих площадках метизных предприятий.

Список литературы

1. Super high strength bolt SHTB / N. Uno, M. Kubota, M. Nagata et al. // Shinnittetsu Giho. 2007. № 387. с. 85-93. Яп., огл. на англ.
2. Sumitomo High Strength Bolts and Nuts: Проспект фирмы «Sumitomo Metal Industries ltd». Япония, 1988.
3. Matsuyama Shinsaku // Tetsu to hagane. 1983. V.69. № 8. P. 903-912.
4. Engell H.-J. Hydrogen embitterment of highstrength steel by atmospheric corrosion // Metal corrosion process: 8th International Congress. Frankfurt/Main, 1981. P. 2041-2052.
5. Калачев Б.А. Водородная хрупкость металлов. М.: Metallургия, 1985. 216 с.
6. Повышение качества высокопрочных болтов для строительных металлоконструкций / В. Мокринский, Н.Н. Горин, И.К. Сорокин и др. // Технология производства экономичных видов метизов. М.: Metallургия, 1986. С. 59-62.
7. Малов А. Н. Технология холодной штамповки. М.: Metallургия, 1969. 568 с.
8. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977.
9. Манин В.П, Юркова Е.В. Проектирование переходов и расчет технологических параметров при производстве крепежных изделий. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 51 с.

УДК 658.516 : 622.245.1

М.А. Полякова, Ю.В. Данилова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ (на примере стандартов на обсадные трубы)

Стандартизация в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» – это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направ-

ленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг. В настоящее время существуют различные определения понятия «стандартизация» [1]. По-разному интерпретируются не только принципы стандартизации, но и их количество [3–5]. В ряде нормативных документов отсутствуют сведения о методах стандартизации, хотя стандартизация по сути это и есть результат применения методов стандартизации. Таким образом, необходимо проведение ряда работ для приведения в соответствие терминов и определений, действующих в области стандартизации, а также требований, содержащихся в различных нормативных документах.

В данной работе будет рассматриваться один из важных методов стандартизации – систематизация на примере стандартов, действующих на один из видов металлопродукции – обсадные трубы.

Обсадные трубы – это трубы, предназначенные для крепления нефтяных, газовых и водопроводных труб. Обсадные трубы испытывают три вида нагрузок – растяжение от собственного веса обсадной колонны, внутреннее и внешнее напряжение от разницы внутреннего и внешнего давлений. Прочность конструкции обсадной колонны зависит от прочности резьбового соединения между обсадными трубами. Современное производство обсадных труб характеризуется многообразием видов резьбовых соединений, в связи с этим существует множество стандартов не только на данный вид продукции, но и на виды резьбы и резьбовых соединений в них.

Изменение резьбовых соединений для получения более прочных соединений неизбежно требует внесения в нормативно-техническую документацию. Чаще всего это приводит к созданию новых технических условий (рис. 1).

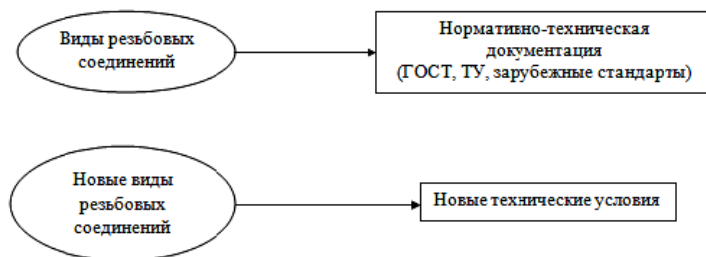


Рис. 1. Изменение нормативной базы при изменениях параметров выпускаемой продукции (на примере резьбовых соединений обсадных труб)

Это неизбежно приводит к появлению большого количества нормативных документов, требования в которых порой дублируются, а некоторые виды нормативных документов (технические условия) доступны ограниченному кругу специалистов. Другим важным аспектом работы с такого вида документацией является вид представления информации, т.к. в каждом из документов информация может быть представлена по-разному (в виде таблиц, в виде текста и др.).

Одним из выходов применения систематизации в области стандартизации является создание каталогов продукции – каталогизация продукции. Каталогизация продукции (для федеральных государственных нужд) – это совокупность процессов, обеспечивающих создание и применение федерального каталога продукции для федеральных государственных нужд [6]. В настоящее время информация о действующих видах нормативных документов представлена в базе данных «Продукция России». Однако база данных содержит только данные о выпускаемой продукции, адреса предприятий-изготовителей, держатели подлинников технических условий, назначение продукции и её основные потребительские характеристики.

Для получения более полной информации о выпускаемой продукции тем или иным предприятием считаем целесообразным создание базы данных с полным объемом данных о параметрах продукции, указанных в нормативно-технических документах, в том числе и технических условиях (рис. 2).

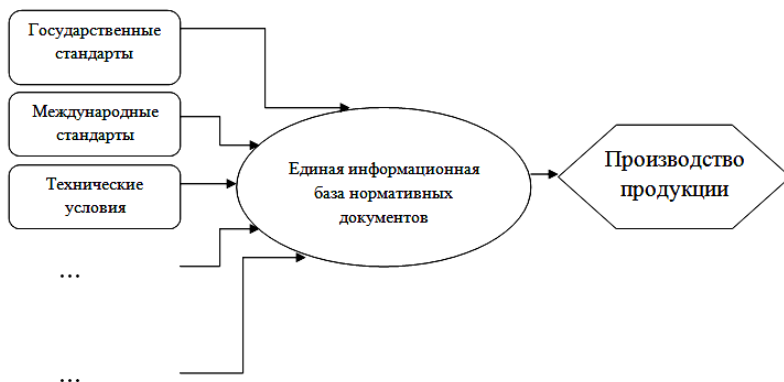


Рис. 2. Объединение нормативно-технических документов в единую базу

В разработанной базе данных информация о продукции должна быть систематизирована для удобства восприятия, а также она должна быть гибка к изменениям каких-либо параметров продукции с возможностью дальнейшей корректировки и добавления информации в соответствии с происходящими изменениями в производстве и требованиями потребителей.

На наш взгляд, именно создание единой базы приведет к упорядоченности требований, предъявляемых к продукции в стандартах и других нормативно-технических документах. Занесение параметров продукции в единый реестр приведет к возможности систематизации данных в удобном для пользователя виде и удобным интерфейсом.

Совершенствование научно-методических основ стандартизации необходимо для того, чтобы безошибочно и оперативно формировать требования к продукции, работам, услугам. Поскольку этот фонд нормативной документации непрерывно изменяется, то проблема его упорядочения и совершенствования все более усложняется. В настоящее время

эта проблема решается путем сокращения или увеличения числа стандартов. Хотя количество стандартов должно быть столько, сколько требуется для практики, независимо от категории. Данная проблема требует проведения дальнейших работ в области стандартизации.

Список литературы

1. Постыка В., Филиппов В. О системности в стандартизации и системообразующих стандартах. URL: <http://quality.eup.ru/STANDART/sysstand.htm> (дата обращения: 15.03.2012).
2. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (с изменениями от 9 мая 2006 г., 1 мая, 1 декабря 2007 г., 23 июня 2008 г.).
3. Концепция развития Национальной системы стандартизации. Одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 февраля 2006 г. № 266-р.
4. ГОСТ Р 1.0-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.
5. ГОСТ Р 1.12 – 2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.
6. ГОСТ Р 51725.2-2001. Каталогизация продукции для федеральных государственных нужд. Термины и определения.

УДК 621.778.8 : [001.891.5 : 005.81]

А.Г. Корчунов, М.А. Полякова, А.А. Рязанова
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И.Носова»

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

В настоящее время современное производство метизной продукции характеризуется различными вариантами осуществления технологических процессов (ТП). Варьируя значениями технологических параметров, факторов, режимов, можно применить различные ТП. Иными словами, для получения высокотехнологичной метизной продукции возможно использование различных подходов по выбору ТП. Например, для получения заготовки для высокопрочного крепежа существуют различные варианты получения высокопрочного состояния, от чего зависит и технологический процесс производства в целом:

- 1) термическая обработка исходной заготовки;

- 2) применение легированной стали;
- 3) наноструктурирование исходной заготовки.

Таким образом, актуальной является проблема выбора ТП, а значит, необходима модель или подход по выбору того или иного ТП.

Любая логика построения моделей, как математических, так и физических, начинается с возникновения проблемы. Для рассматриваемого случая построения модели по выбору ТП проблема заключается в большом количестве возможных вариантов их осуществления (рис. 1).

Алгоритм построения моделей

| Общая логика построения моделей | Частный случай построения модели (для описания технологического процесса) |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Возникновение проблемы 2. Осмысление или конкретизация проблемы → формулировка цели 3. Цель должна быть соотнесена с реальными возможностями её достижения 4. Формулировка задачи исследования (включая объект моделирования) 5. Анализ априорных данных; выбор класса или способа формирования модели 6. Математическая модель 7. Опытная проверка в условиях той задачи, для решения которой она построена 8. Использование модели по прямому назначению (возможны уточнения и корректировки) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Проблема – большое количество возможных вариантов осуществления ТП в производстве металлоизделий 2. Цель – выбрать ТП, который отвечал бы требованиям потребителя, производителя, а также государственным надзорно-контролирующим организациям 3. Выполняется 4. Задача исследования - выбор модели 5. То же 6. Составление математической модели на основе анализа априорных данных 7. То же 8. То же |

Рис. 1. Алгоритм построения моделей

Следующим этапом является формулировка цели. Цель заключается в выборе ТП, который отвечал бы требованиям потребителя, производителя, а также третьей стороны (государственным надзорно-контролирующим организациям). Цель должна быть соотнесена с реальными возможностями её достижения.

Далее необходима формулировка задачи исследования, которая заключается в выборе модели. Все последующие пункты логики построения моделей являются общими: анализ априорных данных; составление математической модели; на основе априорных данных опытная проверка в условиях той задачи, для решения которой она построена; использование модели по прямому назначению (возможны уточнения и корректировки).

Смоделируем ТП в виде «черного ящика», где ТП – система, в которой происходит изменение входных переменных при воздействии на них определенных возмущений, контролируемых аппаратом управления. Здесь ТП представляет собой случайный (вероятностный или стохастический процесс, т.е. процесс изменения во времени системы в соответствии с вероятностными характеристиками). С другой стороны, ТП – это система, предназначенная для многоразового использования при решении

однотипных задач. Исходя из вышесказанного, в моделировании ТП возможно применение системы массового обслуживания (СМО).

Процесс работы СМО представляет собой случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем (рис. 2).

Процесс называется процессом с дискретными состояниями, если его возможные состояния S_1, S_2, \dots, S_n можно заранее перечислить, а переход системы из состояния в состояние происходит мгновенно (скачком). Процесс называется процессом с непрерывным временем, если моменты возможных переходов системы из состояния в состояние не фиксированы заранее, а случайны. Следовательно, состояние СМО меняется скачком в случайные моменты появления каких-то событий. Примерами СМО являются телефонные системы, ремонтные мастерские, вычислительные комплексы, билетные кассы, магазины и т.д.

Предметом теории массового обслуживания является построение математических моделей, связывающих заданные условия работы СМО (число каналов, их производительность, характер потока заявок и т.п.) с показателями эффективности СМО, описывающими её способность справляться с потоком заявок (среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени, среднее число заявок в очереди, среднее время ожидания обслуживания, вероятность того, что число заявок в очереди превысит определенное значение и т.п.).

Математический анализ работы СМО существенно упрощается, если процесс этой работы – марковский. Случайный процесс называется марковским или случайным процессом без последствия, если для каждого момента времени t_0 вероятностные характеристики процесса в будущем зависят только от его состояния в данный момент времени t_0 и не зависят от того, когда и как система пришла в это состояние. Значит, мы можем пренебречь предысторией процессов, составляющих основу всего ТП и применить марковский процесс к подходу по выбору ТП из множества возможных осуществлений его вариантов.

Таким образом, СМО является одним из множества подходов по выбору ТП. Кроме того, мы можем воспользоваться упрощенным математическим анализом, т.к. процесс работы такой СМО является марковским. В случае производства высокопрочного крепежа из различных видов исходной заготовки использование данного подхода является перспективным,



Рис. 2. Схема процесса работы системы массового обслуживания

поскольку время осуществления операций можно считать непрерывным, величины, описывающие состояние вещества и полупродукта на операциях технологического процесса, являются, с одной стороны, дискретными (принимаящими определенные числовые значения), с другой – случайными, зависящими от различных внешних и внутренних факторов.

УДК 621.778.5-427.4:620.17

В.А. Харитонов, Е.С. Сафонова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНОГО КАНАТА

Подъемно-транспортные машины играют огромную роль в развитии производства. В грузоподъемных машинах в качестве гибких органов применяют стальные проволочные канаты. Из множества причин преждевременного износа канатов и их повреждений одной из основных является несовершенство канатного производства. Для повышения долговечности и надежности канатов необходимо учитывать факторы конструктивного, технологического и эксплуатационного характера [1], среди которых наиболее существенным, определяющим долговечность стального каната, является наличие в его элементах технологических напряжений. Напряженное состояние каната формируется на стадии получения проволоки и на стадии свивки. Напряжения, остающиеся в канате, снижают прочностные свойства, выносливость, износостойкость, тем самым снижают работоспособность каната.

Процесс волочения сопровождается неравномерной пластической деформацией по сечению. Основной причиной возникновения остаточных напряжений в проволоке является неоднородность пластической деформации материала, которая возникает вследствие неоднородного по сечению холодного деформирования, неравномерного распределения температур при нагреве или охлаждении, неравномерности фазовых превращений в изделии. Одни слои металла растягиваются в большей степени, другие – в меньшей, вследствие этого после разгрузки в них возникают соответственно остаточные напряжения сжатия и растяжения [2].

Упругопластические деформации, которые испытывают элементы каната при свивке, вызывают в поперечном сечении проволок нормальные напряжения изгиба, растяжения, а также касательные напряжения кручения. Из всех стадий получения каната при свивке формируется основная картина напряженного состояния.

Для нейтрализации остаточных свивочных напряжений и внутренних силовых факторов в канате используют такую технологическую операцию,

как рихтовка готового каната, которая также способствует увеличению стойкости каната. Целью рихтовки является снятие остаточных напряжений упругого пружинения, образованных при свивке, и, частично, напряжений между элементами проволоки, образованных при волочении.

Картина распределения остаточных напряжений достаточно сложная и плохо управляемая. Для управления напряженным состоянием необходимо проводить исследования на стадии проектирования и контроль на стадии свивки.

В настоящее время существуют аналитические и экспериментальные методы определения напряженного состояния каната, но все эти методы основаны на предположениях и представлениях, что не позволяет точно определить напряженное состояние и увидеть картину распределения напряжений в канате, поэтому существует необходимость их совершенствования и доработки. С помощью аналитических методов сложно получить результат высокой точности, т.к. они основаны на использовании допущений, которые идеализируют реальные условия [3].

Одним из методов определения напряженного состояния является программный комплекс DEFORM-3D, который позволяет задать физическую модель, проверить, опробовать и оптимизировать технологические процессы непосредственно за компьютером, а не в ходе экспериментов на производстве методом проб и ошибок. С помощью данной программы можно увидеть, как распределяются напряжения в канате, оценить характер напряженного состояния, что не позволяют сделать другие методы.

Наряду с расчетными методами необходимо проводить контроль напряженного состояния в процессе производства каната с помощью экспериментальных методов.

На основе литературного обзора были рассмотрены основные методы, применимые для неразрушающего контроля напряженного состояния, среди которых был отмечен метод фазомодулированной спекл-интерферометрии [4]. Он позволяет исследовать весь объект одновременно, а в качестве тестирующего воздействия использовать центральный точечный нагрев. По экспериментально найденному полю деформаций и распределению температуры определяется распределение коэффициента линейного температурного расширения, которое, в свою очередь, функционально связано с распределением остаточных напряжений. Предлагаемый метод определения остаточных напряжений обладает рядом преимуществ. Он бесконтактный, исключает разрушение объекта, позволяет анализировать распределение остаточных напряжений, не прибегая к сканированию, допускает полную автоматизацию процесса исследования. Автоматизированные методы спекл-интерферометрии, где в качестве тестирующего воздействия могут выступать суточные перепады температуры, могут стать основой для класса датчиков постоянного контроля остаточных напряжений для особо важных конструкций и их элементов.

Таким образом, используя программный комплекс DEFORM-3D, можно создать модель напряженного состояния, оценить ее, подобрать такой

физический метод оценки напряженного состояния каната, чтобы по изменению конкретной физической величины можно было «визуализировать» поле напряжений и использовать эти данные для управления этим напряженным состоянием в процессе свивки каната. Необходимо подобрать физическую величину, которая будет реагировать на изменение напряжений в канате для их контроля, чтобы с помощью прибора, установленного после стадии свивки, можно было определить отклонения от нормального напряженного состояния каната и среагировать, изменив параметры свивки, что приведет к улучшению качества стальных канатов.

Список литературы

1. Бреславцева И.В. Напряженно-деформированное состояние проволок каната при свивке и метод расчета параметров преформаторов: дис. ... канд. техн. наук. Челябинск: ЮрГТУ, 2007.
2. Соколов И.А., Уральский В.И. Остаточные напряжения и качество металлопродукции. М.: Металлургия, 1986.
3. Харитонов В.А., Сафонова Е.С. Анализ экспериментальных методов оценки напряженного состояния проволоки // Образование. Наука. Производство: сб. науч. тр. Вып. 6. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2011. С. 123-128.
4. Жуковский В.К., Гохман А.Р. Связь коэффициента линейного температурного расширения с остаточными напряжениями // Журнал техн. физики. 2009. Т. 79. Вып. 4.

УДК 621.778.5-620.174

Э.Р. Ямтеева

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРЕФОРМАЦИИ ПРИ СВИВКЕ КАНАТОВ И ПРЯДЕЙ*

В настоящее время основная масса канатов изготавливается нераскручивающимися. Для производства таких канатов применяют предварительную деформацию (преформацию) проволок и прядей. Преформация проволок и прядей – операция, нейтрализующая остаточные напряжения в канате, возникающие при свивке, при этом проволоке и пряди заранее придается та форма, которую они должны иметь после свивки [1].

В работе [2] нами проведен анализ существующих методов определения параметров преформации. Где показано, что они построены, в основном, на эмпирических данных, которые имеют ряд недостатков – это

* Работа выполнена под руководством проф., к.т.н. В.А. Харитонова.

узкий диапазон применения, потребность в постоянном обновлении данных. А также большим минусом является то, что при расчетах не учитываются свойства материала проволоки. Несмотря на большое количество исследований в этой области, в основном они сводятся в итоге к определению конструктивных параметров настройки преформаторов.

Основными параметрами настройки преформаторов являются (см. рисунок): расстояние между опорными роликами S , диаметр ролика преформатора D_p , стрела прогиба f , величина смещения центра среднего ролика от линии центра крайних роликов (оно может быть как положительным, так и отрицательным), а также угол преформации, который определяет степени и коэффициент преформации.

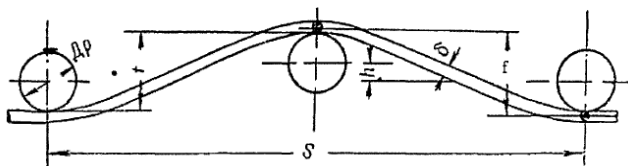


Схема расположения роликов в роликовом преформаторе

Величина стрелы прогиба проволоки или пряди определяется из геометрических соображений:

$$f = D + d \pm h.$$

В связи с тем, что прогиб проволоки или пряди в преформаторе определяется радиусом кривизны проволоки, его также можно рассчитать по формуле

$$f = \frac{1}{\chi_{np}},$$

где χ_{np} – кривизна проволоки или пряди в преформаторе, обеспечивающая при свивке остаточную кривизну в зоне пластической деформации и определяемая по формуле

$$\chi_{np} = \frac{\sin^2 \beta}{r_3}.$$

Немаловажную роль среди параметров преформации играет диаметр роликов, так как чем больше диаметр ролика, тем выше его износостойкость. Диаметр роликов, как правило, выбирается из следующего интервала:

$$d \leq D_p \leq 3d.$$

Теоретически эту задачу решить не удастся, в связи с этим параметры настройки преформаторов на производстве устанавливаются эмпирическим путем.

С развитием компьютерных технологий развивалась и теория расчета параметров преформации. Разработаны пакеты прикладных программ,

упрощающих расчеты напряженного состояния проволок и прядей в процессе преформации и свивки за счет увеличения объема обрабатываемых данных [3,4]. Однако они также имеют недостатки в связи с тем, что в них заложены зависимости, основанные на данных, полученных эмпирическим путем.

В условиях современного темпа развития техники, повышения требований к конкурентоспособности производимых канатов возникла потребность в более точной и научно обоснованной методике определения параметров преформации проволок и прядей.

Список литературы

1. Никифоров Б.А., Шубин И.Г. Каюков А.С. Технология и оборудование для производства стальных канатов и металлокорда. Магнитогорск, 2007. С. 66-88.
2. Харитонов В.А., Ямтеева Э.Р. Состояние и направление развития теории расчета режимов преформации проволок и прядей // Образование. Наука. Производство: сб. науч. тр. Магнитогорск, 2012. Вып. 7. С. 109-112.
3. Бреславцева И.В. Напряженно-деформированное состояние проволок каната при свивке и метод расчета параметров преформаторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2007. 19 с.
4. Конфигуратор технологических устройств для предварительной деформации стальных канатов / Хромов Е.В., Леонтьев В.В., Быкова А.В., Хромов В.Г. // Вестник СевНТУ. Севастополь, 2010. Вып 106. С. 19-25.

УДК 621.778.1.01-426.3: 621.78

А.Б. Иванцов, А.Р. Давлеткужин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫСОКОПРОЧНОЙ АРМАТУРНОЙ ПРОВОЛОКИ*

Эффективным способом повышения релаксационной стойкости проволоки, обеспечивающим снижение релаксации до 1-4%, является механотермическая обработка (МТО), реализуемая как сочетание растяжения с нагревом (стабилизация) [1]. Широкое распространение получил процесс стабилизации арматурной проволоки на кабестанах по схеме бесфи-

* Работа выполнена под руководством проф., к. т. н. В.А. Харитонова.

льерного волочения с малой степенью пластической деформации удлинения. Используемые на практике в России способы стабилизации реализуют снижение релаксации около 4%, что существенно ниже европейского показателя, где реализация потерь от релаксации составляет до 1%. Поэтому при использовании импортного оборудования внимание следует сфокусировать на технологических режимах и управлении процессом МТО, называемым стабилизацией [2].

Целью работы является разработка совершенствования технологических режимов стабилизации по схеме одноосного растяжения (бесфильтрного волочения).

Производство высокопрочной арматурной проволоки включает в себя операции волочения, рихтовки и профилирования. Структура, сформированная в результате таких операций, обладает повышенной метастабильностью, вследствие неупорядоченного и неравномерного распределения дислокаций по объему. По этой причине проволока на данном этапе производственного процесса обладает высоким потенциалом к релаксации напряжений. Для повышения релаксационной стойкости необходимо сформировать полигональную структуру [1]. Так как область деформации при свободном растяжении не контролируется инструментом, то удлинение свыше 5% неизбежно приводит к возникновению шейки, локализации напряжений в её области и обрыву. При недостаточном натяжении деформация переходит в зону упругой деформации, где не происходят структурные изменения. Для эффективного снижения релаксации при стабилизации одноосным растяжением необходимо обеспечение 2–5% удлинения [1, 2]. Схема деформации данного способа стабилизации аналогична процессу схеме термопластического растяжения (ТПР) [2]. В источнике [3] изложена разработка методики расчёта деформации ТПР. Зависимость сопротивления деформации σ_S от трёх наиболее значимых для данного процесса факторов [3, 4]:

$$\sigma_S = f(T, \varepsilon, \xi), \quad (1)$$

где T – температура; ε – степень деформации; ξ – скорость деформации.

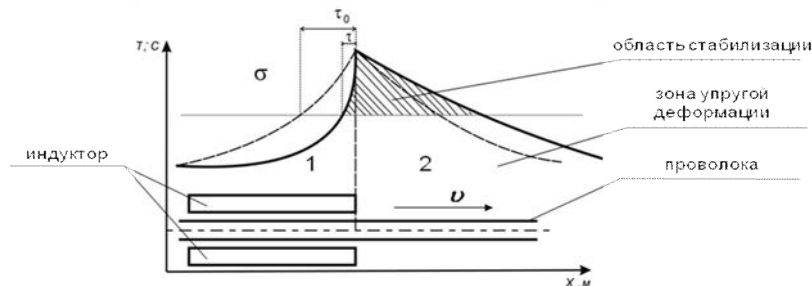
Алгоритм расчёта модели позволяет определить технологические факторы, необходимые для вытяжки требуемой величины, по закону

$$f(T, P, \nu) = \varepsilon_{5\%}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{5\%}$ – пятипроцентное удлинение; T – температура; P – натяжение; ν – скорость движения проволоки.

Необходимо принимать во внимание, что кроме деформации при стабилизации на формирование полигональной структуры влияет исходное напряженно-деформированное состояние, вызывающее градиент прочностных и пластических характеристик, полученных в результате предшествующей ОМД (волочения, рихтовки, профилирования), который тем сильнее

выражен, чем больше диаметр проволоки. Кроме выполнения деформационных условий важно соблюдать скоростные и температурные режимы. Чем дольше и равномернее по сечению прогревается проволока, тем больше времени приходится на прохождение структурных изменений. С превышением скорости движения проволоки от номинальной для достижения необходимой температуры 350–450°C [5] требуется увеличить скорость нагрева, при этом график нагрева будет иметь более выраженный экспоненциальный характер, а время на прохождение структурных изменений при нагреве значительно сократится (см. рисунок), что приведёт к понижению релаксационной стойкости проволоки. Линия σ на рисунке характеризует уровень растягивающих напряжений – чем больше напряжения, тем больший температурный диапазон подвергается обработке и ниже линия на рисунке.



Влияние скорости движения проволоки на изменение температурных режимов:

1 – участок нагрева; 2 – участок охлаждения; τ_0 и τ – время на прохождение структурных изменений при номинальной скорости движения проволоки и после повышения скорости проволоки при нагреве; v – скорость движения проволоки

Снижение температуры нагрева, при соблюдении деформационных условий, может привести к выделению карбидов по границам зерен (эффект старения), результатом чего становится незначительное повышение прочности σ_B , при значительном снижении пластических свойств.

Выводы:

- для формирования полигональной структуры удлинение должно варьироваться в пределах 2–5%;
- при расчёте параметров стабилизации рекомендуется использовать модель ТПР.

Список литературы

1. Юхвец И.А. Производство высокопрочной проволочной арматуры. М.: Металлургия, 1973. 264 с.
2. Харитонов В.А., Иванцов А.Б., Давлеткужин А.Р. Разработка режимов устойчивой деформации на линии стабилизации // Моделирование и развитие процессов ОМД: сб. науч. тр. / под ред. В. М. Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 238 с.

3. Иванцов А.Б., Зарубина М.В., Давлеткужин А.Р. Основы инерционной модели термопластического растяжения // Образование. Наука. Производство: сб. науч. тр. / под ред. С.И. Лукьянова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2012. № 8. С. 72-76.
4. Иванцов А.Б. Совершенствование технологии производства проволоки на основе моделирования деформационных режимов растяжения совмещённых с нагревом и изгибом: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2010. 16 с.
5. Белалов Х.Н., Клековкина Н.А., Никифоров Б.А. Производство стальной проволоки: монография. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 543 с.

УДК 331.108.5

Э.Р. Ладыгина, М.П. Барышников, С.М. Головизнин
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

СТИМУЛИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛА КАК ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА

В настоящее время на российских предприятиях ведется активная деятельность по внедрению систем менеджмента. В то же время наблюдается низкая результативность и эффективность сертифицированных СМК, их слабое влияние на общие результаты деятельности предприятий. В основном проблема в формализме внедряемых СМК.

Одна из основных причин формализма, незаинтересованности работников в инструменте управления качеством – плохая мотивация работников. Низкая мотивация персонала ведет к некачественному труду, низкой эффективности воздействия руководителей на подчиненных, слабой связи результатов труда исполнителей и поощрений и безынициативности сотрудников.

Мотивация – совокупность процессов, которые побуждают, направляют и поддерживают поведение человека в направлении достижения определенной цели [1].

Среди многообразия факторов мотивации, таких как самореализация, деньги, статус, карьера и др., одним из самых мощных является материальное вознаграждение, которое на большинстве российских предприятий основано на системе оклад плюс небольшие вариации, связанные с доплатой и премиями, по усмотрению руководства. Эта система не отвечает на вопросы объективности вклада сотрудника в конечный результат и, как следствие этого, препятствует повышению эффективности и заинтересованности работы персонала.

Создание системы менеджмента качества приводит к разрушению традиционной и к созданию новой организационной культуры. Необходимо,

чтобы цели работодателей и цели наёмных работников совпадали или были бы как можно ближе друг к другу. Для этого надо, чтобы наёмные работники были вовлечены в процесс разделения прибылей и убытков предприятия не как посторонние люди, а как соучастники бизнеса. При заключении контрактов с каждым сотрудником необходимо указывать не гарантированный оклад, а долю или процент от общего фонда заработной платы, который меняется ежемесячно, в зависимости от прибыли предприятия. Вследствие этого усиливается самоконтроль персонала, что ведет к уменьшению числа людей, требуемых для выполнения конкретных заданий, упрощению, удешевлению и ускорению технологий. И при всем этом, чем лучше сработает система менеджмента качества, тем большую долю общего дохода можно будет выделить в фонд оплаты труда [2].

Помимо применения такой системы оплаты при мотивации и стимулировании персонала необходимо обратить внимание на нематериальные стимулы, которые в значительной степени мотивируют, начиная с некоторого (не очень высокого) уровня материальных доходов. Преимущественное влияние на трудовую мотивацию работников оказывает разнообразие навыков, необходимых для выполнения работы; законченность выполняемых работником задач; значимость, важность, ответственность заданий; самостоятельность, предоставляемая исполнителю и обратная связь об эффективности выполненной работы. Также мотивация работников может быть усилена через постановку целей работы, которые должны быть конкретными, сложными и бросающими вызов возможностям работника, но достижимые. Еще один из способов сделать цели более приемлемыми для персонала – это привлечь их к процессу постановки целей [3].

Необходимо отметить, что существуют также факторы демотивации, оказывающие негативное влияние на эффективность трудового процесса. Среди них можно выделить неиспользование навыков сотрудника, ценных для него, игнорирование его идей, отсутствие личностного роста, признания достижений изменений в статусе. Для предотвращения такого фактора демотивации, как неиспользование важных для работника навыков необходимо регулярно давать ему временные и проектные задачи, которые позволяют ему понять, что руководитель ценит все его многогранные умения и не позволит ему забыть то полезное, что он знал раньше.

В процессе работы у сотрудников может возникнуть множество идей, чаще всего которые не принимают всерьез, отчасти от нежелания расстаться с привычной рабочей рутинной, даже если она неэффективна. Однако стоит к ним прислушаться и возможно что-то почерпнуть, либо объяснить, почему идея не может быть реализована.

В ситуации, когда специфика работы не дает возможности личностного роста, однообразная работа через определенное время нейтрализует внутреннюю мотивацию большинства сотрудников. Чтобы этого избежать, необходимо создавать время от времени проекты или задачи, часто в смежных со специализацией сотрудника областях. Также необходимо поощрять сотрудников за какие-либо достижения, и если не финансово, то словесным одобрением и поддержкой.

Структурные ограничения являются наиболее распространенной причиной замедления и остановки карьерного роста, точнее сказать, изменения статуса сотрудника в организации, дающего полномочия, власть, возможность решать новые задачи и расти. Во избежание этого целесообразно использовать различные приемы изменения статуса без изменения должности, например руководство временным проектом [4].

Руководителю необходимо постоянно изучать коллектив, чтобы создать эффективную и мощную мотивационную структуру, которая ведет к общей заинтересованности в достижении успеха, повышении эффективности управленческой функции и ответственности сотрудников, объективной оценке работы сотрудников. Правильная мотивация и стимулирование персонала способствует созданию эффективной и результативной СМК.

Список литературы

1. Мотивация персонала в компании: проблемы и решения. URL:<http://www.hr-portal.ru/article/motivatsiya-personala-v-kompanii-problemy-i-resheniya> (дата обращения: 10.04.2012).
2. Адлер Ю.П. Мотивация в системах качества // Стандарты и качество: журн. URL:http://www.iteam.ru/publications/quality/article_232/ (дата обращения: 10.04.2012).
3. Постановка целей как инструмент мотивации. URL: <http://rost.ru/index.php?mode=news&node=96> (дата обращения: 10.04.2012).
4. URL:<http://delo.opb.ru/biznes/rukovoditel/vnutrennyaya-demotivaciya-personala.html> (дата обращения: 10.04.2012).

УДК 621.778.5:677.721

Т.А. Лаптева

ОАО «Белорецкий металлургический комбинат»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЖАТИЯ ПРЯДИ В РОЛИКОВОЙ ВОЛОКЕ*

Целью пластического обжатия пряжи является не формирование контактной площадки требуемой величины, а максимальное снижение действия концентраторов межпроволочных напряжений. Этого можно добиться развитием контактной поверхности с оптимальной кривизной и формой контакта между проволоками обжимаемой пряжи. Таким образом, определение механизмов управления *размерами, кривизной и формой* контактных площадок проволок в процессе радиального обжатия является одной из основных задач моделирования процесса обжатия пряжи.

* Работа выполнена под руководством проф., к. т. н. В.А. Харитоновна.

При деформации пластичного объекта жестким инструментом *форма* контактной поверхности определяется формой инструмента. При межконтактной деформации проволоки в пряди (образовании контакта пластическими объектами) состояние поверхности межпроволочного контакта не является постоянным и, тем более, фиксированным по *форме*, а определяется балансом напряженного состояния и равнодействующих сил во взаимодействующих проволоках по ширине поверхности контакта и по длине очага деформации.

В первом приближении можно считать, что снижение величины давления на контактную площадку пропорционально увеличению ее *ширины*, и развитие площадки при обжатии ограничивается только необходимостью сохранения определенной гибкости каната.

При более детальном рассмотрении имеет значение характер искривления контактной площадки. *Кривизна* контакта может иметь три принципиально различных варианта, представленных на рис. 1.

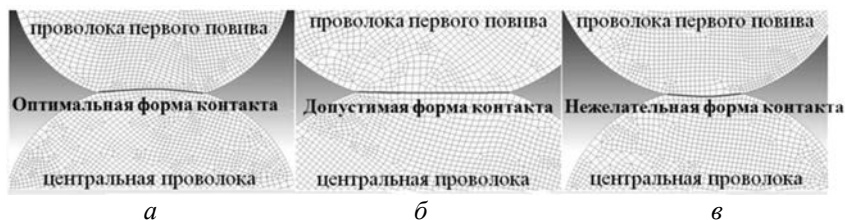


Рис. 1. Формы межпроволочного контакта

Первый и, в меньшей степени, второй вариант (рис. 1, а,б) являются благоприятными, так как проволоки верхнеповива могут свободно скользить по нижележащей проволоке. Третий случай (рис.1,в) неблагоприятен, так как проволока вышележащего слоя при ее смещении врезается в проволоку нижележащего слоя, образуя концентраторы напряжения не меньшие, чем если бы прядь была не обжата. Величина кривизны более значима для верхних слоев пряди, где происходят более существенные смещения проволок в процессе работы каната.

В программном комплексе Deform проведено моделирование процесса совместного обжатия двух проволок с многоуровневым варьированием диаметра проволоки верхнего слоя (рис. 2).

Нижний график на рис. 2 определяет изменение кривизны проволоки нижележащего повива при схеме сжатия двух свободных проволок, приближенной к одноосной. Такая схема более характерна для проволок средних и верхних слоев пряди в начальной стадии обжатия.

Средний график на рис. 2 определяет изменение кривизны проволоки нижележащего повива при схеме напряжений верхней проволоки, приближенной к одноосной. Для нижней проволоки осуществлено условие всестороннего сжатия, аналогичного сжатию между шестью симметричными контактами.

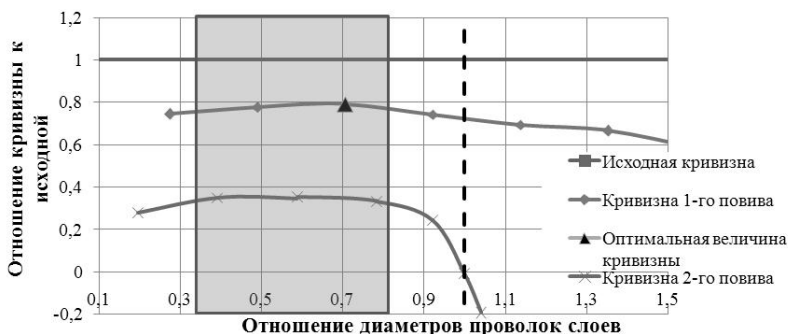


Рис. 2. Изменение кривизны контакта при варьировании диаметра проволоки верхнего повива

Оба графика на рис. 2 показывают, что максимально приближенный к оптимальной форме (сохранение кривизны нижележащей проволоки – верхний график) контакт образуется, когда диаметр проволоки вышележащего слоя составляет 40–80% диаметра проволоки нижележащего слоя. В этом случае удастся сохранить кривизну нижележащих проволок, максимально приближенную к первоначальной. Кривизну, наиболее приближенную к первоначальной, имеет центральная проволока, деформируемая в условиях всестороннего сжатия (средний график), но этот факт малозначим, т.к. в сравнении с проволоками повивов она почти не работает на изгиб с относительным смещением площадок.

В средних слоях пряжи (нижний график), проволоки которых интенсивнее работают на изгиб, чем центральная проволока, кривизна далека от оптимальной. С целью приближения кривизны проволок среднего слоя пряжи к исходной исследовано изменение кривизны от взаимодействия различных факторов.

В программном комплексе Defogm исследовано сочетание факторов, которыми имеется возможность управлять в промышленном производстве: коэффициент β , определяющий схему напряжений, диаметр проволок и сопротивление деформации. С помощью регрессионного анализа данных эксперимента, при условии развития контактной площадки на 80% от максимально возможной, получено уравнение, при переводе в размерные величины имеющее вид:

$$\chi = 220 - 56d - 185\beta - 0,13\sigma + 48d\beta + 0,03d\sigma + 0,11\beta\sigma - 0,03d\beta\sigma,$$

где χ – кривизна проволоки, мм^{-1} ; d – диаметр проволоки верхнего повива, варьируемый в диапазоне 0,7–4,4 мм; σ – временное сопротивление разрыву, диапазон - 1670–1870 МПа; β – коэффициент, характеризующий СГН, диапазон - 1,00–1,15.

Данный эксперимент ПФЭ 2³ с изменением характеристик в допустимом в производстве диапазоне подтвердил значимость всех анализируемых

факторов и показал, что варьирование любого из них по отдельности может изменить кривизну проволок с точностью до наоборот. Наиболее значимым оказался фактор β , что свидетельствует о принципиальной зависимости результата обжатия от напряженного состояния проволоки.

Кривизна набегающей части кривой контакта может меняться в процессе деформации, что определяет появление сложных форм площадок контакта. Рассмотрим причины и условия появления этого явления.

При образовании межпроволочного контакта двух проволок их очаги деформации изначально почти идентичны (рис. 3,а), что определяет оптимальную форму площадки контакта одинаковой кривизны по всей ее ширине. Но далее, при неодновременном раздвоении фактических очагов деформации иксообразной формы (определяется различием диаметров, прочности и напряженного состояния проволок), давления проволок на одну точку контакта могут не совпадать, особенно при существенном развитии уплощения. Так, при равных условиях деформирования, из-за больших пропорций длины и высоты очага, первым будет распадаться очаг деформации проволоки меньшего диаметра. Это приведет к интенсивному перемещению контактной границы большей проволокой по краям в виде набега (деформации) и в центре (в виде вдавливания недеформирующегося клина) (рис. 3,б). Далее при размытии и последующих распадах фактических очагов образуются различные силовые соотношения очагов с соответствующим изменением конфигурации поверхности контакта. Поверхность становится настолько сложной, что проволоки, сцепляясь, начинают фактически деформироваться как одно целое, образуя четко выраженную совместную иксообразную область (рис. 3, в).

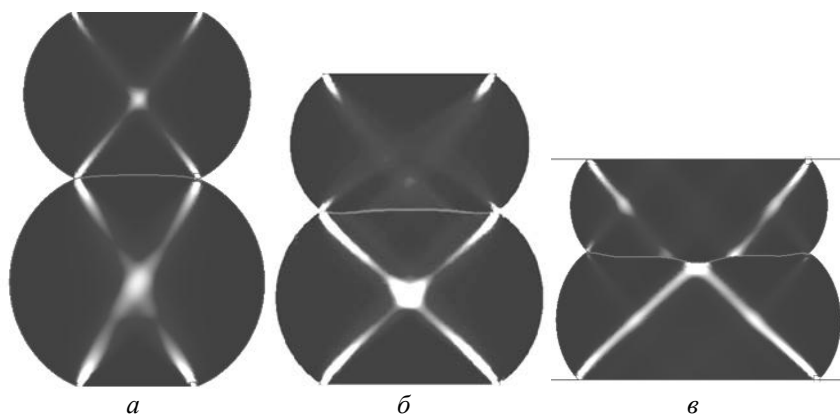


Рис. 3. Результат влияния совместного развития очагов деформации при уплощении проволок разного диаметра на форму площадки контакта

Искажение формы площадки еще сильнее проявляется при изменении величины значимых для процесса контактообразования факторов в процессе развития площадки контакта. Так, особенно из-за образования новых

боковых площадок контакта, сопротивление деформации проволоки в целом повышается в разы и кривизна новой части контакта становится другой, часто обратного знака. Это искривление поверхности резко ухудшает гибкость каната и напряженное состояние проволоки на площадке контакта. Данное явление редко для распространенных конструкций, т.к. к образованию таких форм контактов наиболее склонны контактирующие проволоки при выходе за предел отношений 0,4–0,8 диаметра другой проволоки в ту или иную сторону и при больших степенях деформаций.

УДК 629.4

М.В. Аксенова, И.Ю. Мезин

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СПОСОБА РАЗЛИВКИ НА КАЧЕСТВО СОРТОВОЙ ЗАГОТОВКИ МНЛЗ ЭСПЦ ОАО «ММК»

Качество готового проката во многом определяется качеством исходной заготовки. В результате непрерывной разливки образуется большое количество дефектов. Об этом свидетельствуют и литературные данные, и практические данные, полученные в условиях ОАО «ММК». Исходя из анализа качества непрерывнолитых заготовок за 2009–2011 гг., для марки стали Ст 3 сп, видно (рис.1), что основными дефектами сортовой заготовки являются ромбичность – 56%, вогнутость – 21.5%, выпуклость – 19.6%, корочка – 2.9%.

Чтобы выявить основные факторы, влияющие на качество сортовой заготовки, получаемой на МНЛЗ, был проведен сбор статистической информации на участке разливки. Для получения адекватной модели работы сортовой МНЛЗ ЭСПЦ был проанализирован списочный состав и проведен опрос рабочего персонала участка разливки с целью выявления наиболее значимых факторов. Полученные результаты обработаны с помощью стандартных процедур математической статистики (рис.2).

В результате полученных данных было выявлено пять основных факторов, влияющих на качество сортовой заготовки: химический состав стали, технологический режим, конструктивное влияние, влияние персонала. Среди оставшихся причин наибольшее влияние может оказать только вероятность возникновения аварийных ситуаций, являющихся не регулируемыми и сложно прогнозируемыми.



Рис.1. Диаграмма распределения брака по геометрии для марки стали Ст 3сп за 2009–2011 гг.



Рис. 2. Причины возникновения дефектов сортовой заготовки

Выявленные факторы были структурированы в иерархию влияния на качество сортовой заготовки (влияние серы и фосфора, способ разливки открытой и закрытой струей, температура металла в промковше, скорость разливки, промковш с перегородками и без перегородок, изношенные и не изношенные стенки кристаллизатора, зона вторичного охлаждения с двумя

и тремя рядами роликов, через дефект – ромбичность, а также возраст, стаж работы, образование и профессионализм рабочего персонала).

Одним из факторов, в наибольшей степени влияющих на качество металла, является химический состав стали, а именно содержание серы и фосфора. Повышенное содержание серы в разливаемом металле может оказать такое негативное влияние на качество заготовки, что все предпринятые меры по улучшению технологии разливки окажутся бесполезными. Увеличение содержания фосфора, даже на доли процента, повышает прочность, одновременно текучесть, хрупкость и порог хладноломкости и снижает пластичность и вязкость. Кроме того, эти примеси влияют на геометрические параметры заготовки, а именно ромбичность. Влияние серы и фосфора в зависимости от способа разливки показано на рис. 3.

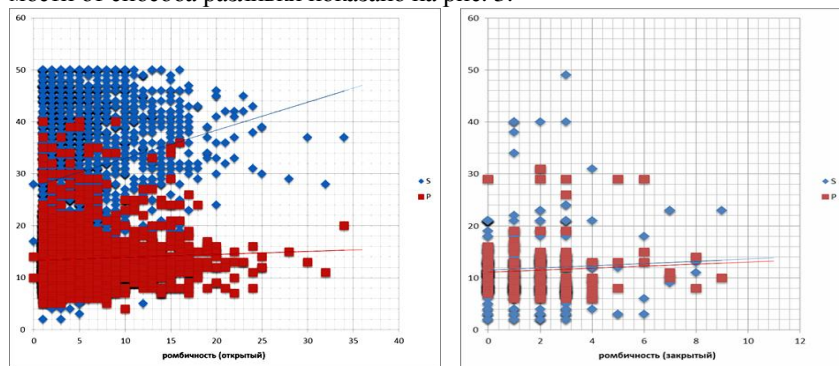


Рис.3. Влияние серы и фосфора в зависимости от способа разливки

Из диаграмм видно, что при разливке открытой струей дефекты геометрии намного больше, чем при закрытом способе разливки и достигают значений: при содержании серы 0.05% и фосфора 0.015% ромбичность достигает 16 мм, а при разливке закрытым способом, при тех же значениях, – 3 мм.

Проведена экспертная оценка степени влияния выявленных факторов с привлечением рабочего персонала участка разливки сортовой МНЛЗ

ЭСЦ ОАО «ММК». В результате анкетирования экспертной группы, в состав которой помимо рабочего персонала вошли ученые МГТУ им. Г.И. Носова, занимающиеся исследованиями в области сортовой разливки. Для каждого фактора была выставлена согласованная оценка их степени значимости. В условиях производства сложно оценивать качество сортовой заготовки одновременно по всем факторам, характеризующим объект управления с количественной и качественной сторон. Для оценки факторов предлагается их объединение в показатель, отражающий степень влияния факторов на качество – интегральную оценку показателей качества (Ik). Учет разноплановых факторов в единой оценке возможен с использованием математической статистики и теории нечетких множеств.

Определение факторов, влияющих на качество, – интегральной оценки (Ik) – производилось в четыре этапа методом анализа иерархий и отнесения предпочтений теории нечетких множеств.

На 1 этапе из факторов, влияющих на качество сортовой заготовки, определяли наиболее актуальные.

На 2 этапе для каждого фактора определяли его возможные значения и строили функции принадлежности.

На 3 этапе для определения весовых коэффициентов влияния конкретного фактора на качество сортовой заготовки строили матрицы попарных сравнений.

На 4 этапе сформированы матрицы значений всех функций принадлежности для всех показателей качества. Произвели корректировку матрицы фактических значений функций принадлежности на нормализованный вектор матрицы попарных сравнений. Результирующий вектор и является интегральной оценкой качества сортовой заготовки, получаемой на МНЛЗ (рис.4).

| дата | содержание серы | содержание фосфора | способ разлива | температура в проковаше | скор. разлива | конструкция проковаша | износ крист-ра | констр.ЗВО через ромбичность | возраст | образ-е | стаж | проффестюни-м | Нормализованный вектор | Прожуточное значение | Оценка качества сортовой заготовки |
|------------|-----------------|--------------------|----------------|-------------------------|---------------|-----------------------|----------------|------------------------------|---------|---------|------|---------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 07.09.2010 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | 0.9 | 1 | 0,166666667 | 1,5 | 0,168224 |
| 07.09.2010 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | 0.9 | 1 | 0,166666667 | 1,5 | 0,168224 |
| 10.09.2010 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 1 | 0.6 | 1 | 1 | 1 | 0.9 | 0.8 | 1 | 1 | 0,1875 | 1,125 | 0,126168 |
| 10.09.2010 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 1 | 0.6 | 1 | 1 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 1 | 1 | 0,145833333 | 0,729166667 | 0,081776 |
| 16.09.2010 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0,125 | 0,375 | 0,042056 |
| 16.09.2010 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0,125 | 0,25 | 0,028037 |
| 20.09.2010 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1 | 0,145833333 | 0,583333333 | 0,065421 |
| 20.09.2010 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1 | 0,145833333 | 0,4375 | 0,049065 |
| 21.09.2010 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0.6 | 0,125 | 0,5 | 0,056075 |
| 21.09.2010 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0.6 | 0,125 | 0,375 | 0,042056 |
| 24.09.2010 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.6 | 1 | 1 | 1 | 0.9 | 1 | 1 | 1 | 0,083333333 | 0,666666667 | 0,074766 |
| 24.09.2010 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.6 | 1 | 1 | 0.6 | 0.9 | 1 | 1 | 1 | 0,125 | 0,875 | 0,098131 |
| | | | | | | | | | | | | | 1 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | 0,064492976 | 8,916666667 | 1 |

Рис. 4. Матрица значений всех функций принадлежности для всех показателей качества сортовой заготовки

Полученная интегральная оценка позволяет в зависимости от требуемой марки стали прогнозировать требуемые параметры разливки для качества сортовой заготовки, соответствующего ГОСТу.

Список литературы

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
2. Повышение эффективности разливки стали на высокопроизводительных сортовых МНЛЗ: монография / А.М. Столяров, А.Б. Великий, Д.В. Юречко. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2009. 126 с.

УДК 006.01

Л.Е. Покрамович

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

АККРЕДИТАЦИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация) была организована указом Президента РФ № 86 от 24.01.2011 «О единой национальной системе аккредитации». Для разработки положения о Росаккредитации потребовалось почти 10 месяцев (Постановление Правительства РФ от 17.10.2011. № 845 «О Федеральной службе по аккредитации»). После принятия Положения завершился процесс изъятия у Федеральных министерств и ведомств (Минрегионразвития, Россельхознадзора, Росвязи, Росстандарта, Роспотребнадзора, Росжелдора) функций по аккредитации органов по сертификации, испытательных лабораторий и отдельных экспертов. Вместе с тем, Постановление предусматривает правопреемственность Росаккредитации в отношении обязательств в области аккредитации. Это означает, что до внесения соответствующих изменений продолжают действовать нормативные, правовые и распорядительные акты, а также методические документы и договорно-правовая база.

Будут ли внесены новации в процедуры аккредитации? По мнению специалистов, нет необходимости «изобретать велосипед заново». Все процедуры и требования детально описаны в международных стандартах, на них и необходимо ориентироваться.

Однако сфера действия законодательства РФ об аккредитации и компетенции национального органа шире сферы технического регулирования. Росаккредитации передаются полномочия по аккредитации:

- органов по сертификации и испытательных лабораторий в соответствии с законодательством о техническом регулировании;
- юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на право выполнения работ и оказания услуг в области обеспечения единства;
- организаций, привлекаемых органами государственного контроля (надзора) в качестве экспертных к проведению мероприятий по контролю;
- организаций, привлекаемых федеральными органами исполнительной власти на основании федеральных законов при осуществлении отдельных государственных полномочий.

Предполагается, что появятся изменения в Градостроительном кодексе, законах о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, о связи, об обеспечении единства измерений, о защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного и муниципального контроля и ряде других.

Учет ли новая служба опыт работы ранее действующих систем аккредитации, таких как ГОСТ Р, СААЛ и др.? Залогом успешного функционирования единой национальной системы аккредитации является всесторонний анализ и учет опыта работы всех действующих ранее систем аккредитации. На данный момент имеется уникальная возможность проведения работы над такими системными ошибками, как многократное дублирование аккредитации, совмещение полномочий, ведущее к серьезным конфликтам интересов, отсутствие реальной ответственности, отсутствие международного признания и другое.

Важно использовать открывающиеся возможности для реализации планов, которые позволят сформировать в России современную систему аккредитации.

На переходный период разработан «Временный порядок взаимодействия при прохождении документов по аккредитации», утверждена структура федеральной службы аккредитации, назначен руководитель службы и два заместителя, разработано Соглашение о взаимодействии с экспертными организациями для прохождения документов при первичной аккредитации, аккредитации на новый срок, расширении области аккредитации, при инспекционном контроле.

Начало положено. Остается пожелать вновь созданной службе успехов в таком не простом и ответственном деле.

Н.И. Барышникова

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ЗНАЧЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Нарушение пищевого статуса современного человека, глубокий дефицит незаменимых элементов в повседневном рационе и экологически неблагоприятная ситуация, во многом связанная с техногенными катастрофами, урбанизацией и индустриализацией общества, обуславливают снижение иммунитета, нарушение обмена веществ, распространение функциональных расстройств желудочно-кишечного тракта, нервной системы и т.д. При этом человек быстро утомляется, становится вялым, раздражительным.

Одним из способов ликвидации дефицитных состояний (витаминовой, минеральной недостаточности, анемии, йоддефицита) и повышения резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды является систематическое употребление продуктов питания, обогащенных комплексом биологически активных добавок с широким спектром терапевтического действия, к которым относятся лекарственные растения.

С незапамятных времен человек использовал лекарственные растения для различных целей: лечебных, фармацевтических, религиозных, эстетических и т.д. При этом можно отметить, что первоначально эти растения использовали в качестве пищи. Наши предки питались цветками, семенами, листьями, корнями различных растений. Несколько позже они разнообразили свою пищу, применяя лекарственные растения в качестве пряностей и приправ. Переход к современному, весьма широкому ассортименту пищи осуществлялся очень медленно.

В настоящее время лекарственное сырье стали широко применять при производстве продуктов питания и при приготовлении различных кулинарных блюд. Кроме этого, очень активно ведется работа по разработке методов внесения лекарственных трав в продукты питания.

Это осуществляется для достижения следующих задач:

- удовлетворение потребности в питательных веществах. Недостаток витаминов компенсируется растениями, которые содержат много требуемого вещества. Иногда достаточным может быть введение в рацион человека не самого витамина, а его предшественника, например, вместо провитамина А - β-каротин;
- усиление вкуса и улучшения пищеварения. Многие лекарственные травы благотворно влияют на пищеварение, поскольку, усиливая функ-

ции желчеобразования и желчевыделения, обеспечивают полное переваривание жиров и оптимальное усвоение жирорастворимых веществ;

- угнетение болезнетворной микрофлоры. Это достигается с помощью веществ, которые обладают антибиотическим (фитонцидным) действием относительно возбудителей заболевания и в то же время являются безвредными или малотоксичными для организма человека. Сильные фитонциды в чесноке, луке, хрене, многих пряных растений, при употреблении которых в пищу регулируется численность и состав кишечной микрофлоры;

- мобилизация защитных сил человеческого организма. Наш организм имеет мощные иммунные системы против многих заболеваний, может, даже против всех, но не всегда эти системы оказываются нужным образом мобилизованными на борьбу с опасным фактором. Некоторые растения способны мобилизовать защитные естественные силы человеческого организма;

- усиление секреторных (выделительных) функций. Это достигается потогонными, мочегонными, желчегонными, слабительными и другими средствами. Благодаря этому из организма выводятся шлаки, отходы жизнедеятельности, которые могут быть токсичными, а также и те токсические вещества, которые образуются инфекцией;

- влияние на нервную систему. Это влияние может быть возбуждающим, тонизирующим или же успокоительным, релаксирующим, спазмолитическим. С помощью веществ этого типа можно достигать эффекта анестезии (обезболивание), когда весьма сильная реакция нервов мешает нормализации процессов.

Таким образом, использование лекарственных растений при производстве продуктов питания можно считать перспективным направлением. В связи с этим существует задача разработки новых продуктов питания и кулинарных блюд с применением лекарственного сырья.

Есть такое выражение, которого необходимо всегда придерживаться: каждое лекарство должно быть пищей для организма, а каждая пища – лекарством.

УДК 346.544.4

Е.С. Вайскрובה

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЫРОКОПЧЕННЫХ КОЛБАС

Одним из ключевых элементов при внедрении системы управления качеством и безопасностью на основе процессного подхода является идентификация процессов предприятия.

При построении системы управления качеством и безопасностью важно выделить процессы именно того уровня, управление которыми будет наиболее эффективно. Для этого необходимо идентифицировать процессы жизненного цикла продукции, которые наиболее удобны для контроля и управления.

При выделении и описании процессов жизненного цикла сырокопченых колбас была использована нотация IDEF0, которая дает основу для осмысления и оценки тех или иных событий, а также описывает взаимодействие процессов и потоков информации, организационных ресурсов и управляющих воздействий.

На основе данных, автором разработана контекстная диаграмма уровня А-0 «Процессы жизненного цикла сырокопченых колбас» (рис. 1).



Рис. 1. Контекстная диаграмма А-0 «Процессы жизненного цикла с/к»

Определено, что входами данного процесса являются запросы и ожидания потребителей, денежные средства и оборудование. Основными выходами процесса являются удовлетворенность потребителей, техническая документация на продукцию, отчетность и готовая продукция. Управляющими воздействиями следует считать законодательные требования, политику и цели, должностные инструкции, нормативную и техническую документацию. Ресурсами рассматриваемого процесса является персонал.

Деятельность предприятия по выпуску сырокопченых колбас основана на стадиях жизненного цикла продукции, перечисленных в ИСО 9001.

При детализации контекстной диаграммы А-0 набор и количество стадий определяются как организационной структурой предприятия, так и спецификой выпускаемой продукции.

В результате анализа жизненного цикла сырокопченых колбас автором предложено рассматривать в качестве определяющих следующие 8 стадий:

- 1) маркетинг и заключение договоров;
- 2) планирование и управление производством;
- 3) проектирование и разработка;
- 4) закупки сырья и материалов;
- 5) производство;
- 6) управление оборудованием;
- 7) мониторинг процессов и продукции;
- 8) реализация.

Установлено, что наряду с процессами жизненного цикла продукции целесообразно рассматривать процесс «Управление оборудованием», поскольку эта стадия является важной при построении системы управления качеством и безопасностью на мясоперерабатывающем предприятии, т.к. является средством поддержания основного и вспомогательного технологического оборудования в работоспособном состоянии. Таким образом, деятельность инженерных служб напрямую отражается на качестве и безопасности готовой продукции.

Стадии послереализационного этапа: установка и ввод в эксплуатацию, техническая помощь и обслуживание, послепродажная деятельность были исключены из рассмотрения, т.к. они нехарактерны для пищевой продукции в целом и для сырокопченых колбас в частности. Стадия утилизации или уничтожения продукции не была включена в число определяющих процессов, т.к. если продукцию необходимо утилизировать, то она не допускается к реализации, а действия с ней регламентируются отдельными нормативными и техническими документами.

Выявленные определяющие стадии жизненного цикла сырокопченых колбас составили основу разработанной автором диаграммы А0, которая является декомпозицией контекстной диаграммы (рис. 2).

После расстановки основных функциональных блоков на диаграмме уровня А0 распределяли внешние входы, выходы, ресурсы и управляющие воздействия, указанные в контекстной диаграмме А-0, учитывая возможность разветвления потоков.

Последовательность блоков на диаграмме уровня А0 соответствует последовательности стадий жизненного цикла сырокопченых колбас.

Таким образом, процессы управления качеством и безопасностью продукции должны соответствовать стадиям жизненного цикла сырокопченых колбас и организационной структуре мясоперерабатывающего предприятия.

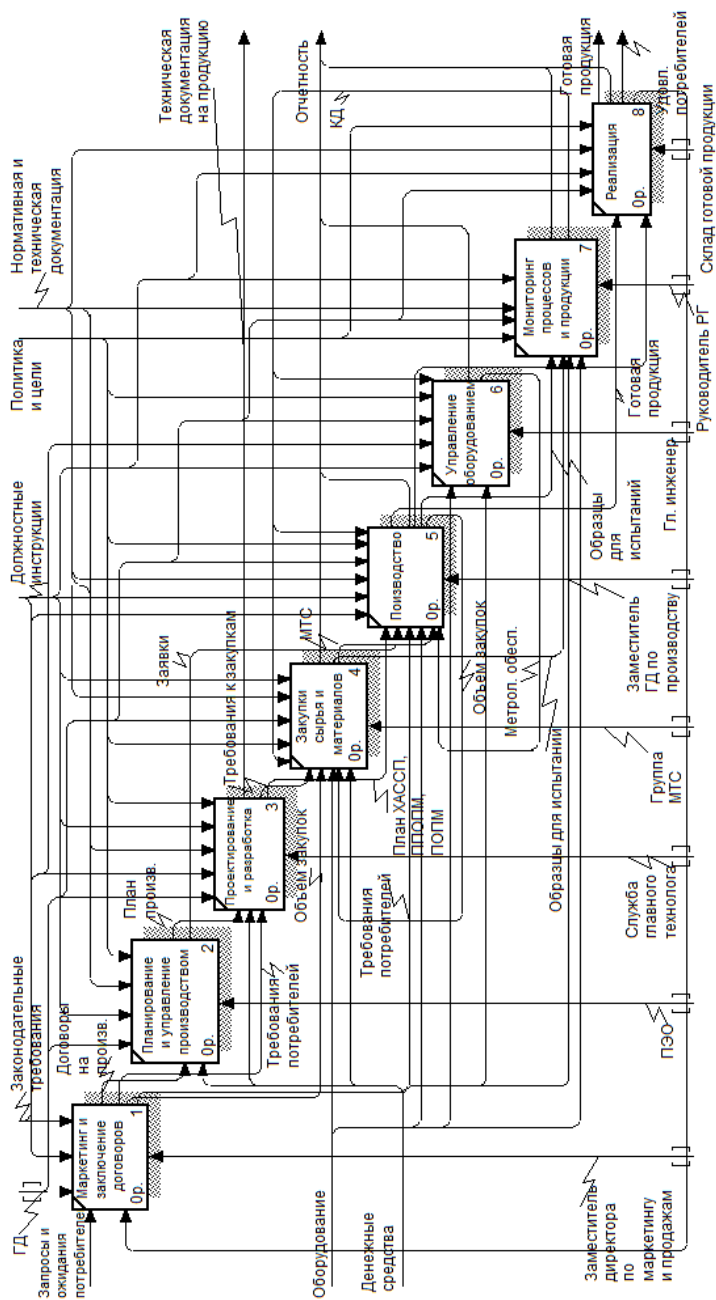


Рис. 2. Процессы жизненного цикла сырокопченых колбас

А.В. Саутин
ОАО «ЕВРАЗ НТМК»

ПРОИЗВОДСТВО ДВУТАВРОВЫХ КОЛОННЫХ ПРОФИЛЕЙ КАК РАСШИРЕНИЕ СОРТАМЕНТА ЦПШБ ОАО «ЕВРАЗ НТМК»

В данном докладе описывается технологический процесс производства балки 40К в ЦПШБ ОАО «ЕВРАЗ НТМК» из непрерывно-литой заготовки ВВ-5 производства МНЛЗ №3 сечением 165/495х620 мм.

Тема данного доклада выбрана исходя из того, что в последнее время идет строительство промышленных и гражданских объектов, в котором широко используются широкополочные и колонные двутавры. Прокатка широкополочного профиля является более дешевым вариантом ее изготовления по сравнению с другими способами (сварка, клепка). С закрытием мартеновского цеха и блюминга в 2008 году производство балки 40К стало невозможным из-за отсутствия заготовки. Вследствие этого с 2010 года горячекатаную заготовку в ОАО «ЕВРАЗ НТМК» начали поставлять с ОАО «ЗСМК». Из-за ряда причин управляющей компанией было принято решение о модернизации МНЛЗ №3 и производстве непрерывно-литой фасонной заготовки, необходимой для прокатки широкополочных и колонных профилей в ЦПШБ ОАО «ЕВРАЗ НТМК». В октябре-ноябре 2011 года была освоена разливка заготовок в КЦ №1 нужного профилеразмера, а также разработана калибровка и прокатка колонной балки 40К.

Непрерывно-литая заготовка имеет ряд преимуществ перед горячекатанной, используемой ранее, такие как высокое качество поверхности, следовательно отсутствие доработки (утяжка, раслой на катанной заготовке), структурная и химическая однородность по длине и поперечному сечению заготовки. На рис.1 представлен эскиз НЛЗ ВВ-5 МНЛЗ №3.

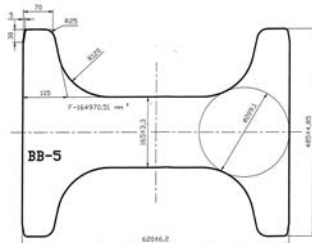


Рис.1. Заготовка ВВ-5 сечением 165/495х620 мм

Для прокатки балки 40К было рассчитано формоизменение металла в обжимной клети «1300» и универсальных группах клетей. На практике числовые значения могут несколько отличаться от расчетных. Формоизменение металла представлены в таблице и на рис. 2.

Формоизменение металла в обжимной клетке «1300»

| № калибра | Форма калибра | № пропуск | H _ф , мм | B, мм | B _н , мм | l _{пр} | d, мм | Открытые фланцы | | | | | | Закрытые фланцы | | | | | | ω, мм ² | λ | |
|---------------|---------------|-----------|---------------------|-------|---------------------|-----------------|-------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|---|
| | | | | | | | | l _{ф1} | φ _ф , мм | l _{ф2} | h _ф , мм | l _{ф3} | h _ф , мм | l _{ф4} | φ _ф , мм | l _{ф5} | h _ф , мм | l _{ф6} | h _ф , мм | | | |
| III | | 8 | 373,6 | 522,8 | 341,4 | 1,1816 | 48,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 71,2 | - | 90,7 | - | 162,6 | 77945,5 | - |
| II | | 9 | 381,3 | 517,8 | 332,4 | 1,2388 | 57,2 | 1,054 | 67,2 | 1,037 | 91,3 | 0,917 | 175,0 | 0,943 | 75,0 | 1,007 | 94,0 | 1,077 | 149,0 | 82841,9 | 1,063 | |
| | | 10 | 390,0 | 512,8 | 323,3 | 1,2969 | 70,9 | 1,047 | 71,7 | 1,035 | 95,0 | 0,907 | 160,4 | 0,955 | 70,3 | 1,010 | 94,5 | 1,076 | 158,7 | 89241,9 | 1,077 | |
| I | | 11 | 406,6 | 507,8 | 314,2 | 1,3382 | 92,0 | 1,037 | 67,6 | 1,030 | 95,7 | 0,897 | 170,8 | 0,961 | 74,3 | 1,013 | 97,8 | 1,076 | 143,9 | 99581,4 | 1,116 | |
| | | 12 | 429,3 | 497,8 | 300,4 | 1,3924 | 123,1 | 1,029 | 71,7 | 1,023 | 99,6 | 0,887 | 154,7 | 0,963 | 69,6 | 1,018 | 97,9 | 1,075 | 151,5 | 113107,5 | 1,136 | |
| 0 | | 13 | 490 | 485 | - | - | 175 | - | 70 | - | 105 | - | 160 | - | 70 | - | 105 | - | 160 | 124600,0 | 1,102 | |
| | | 14 | 560 | 485 | - | - | 170 | - | 70 | - | 105 | - | 160 | - | 70 | - | 105 | - | 160 | 145600,0 | 1,169 | |
| Заготовка ВВ5 | | - | 485 | 620 | - | - | 165 | - | 70 | - | 105 | - | 160 | - | 70 | - | 105 | - | 160 | 164970,5 | 1,133 | |

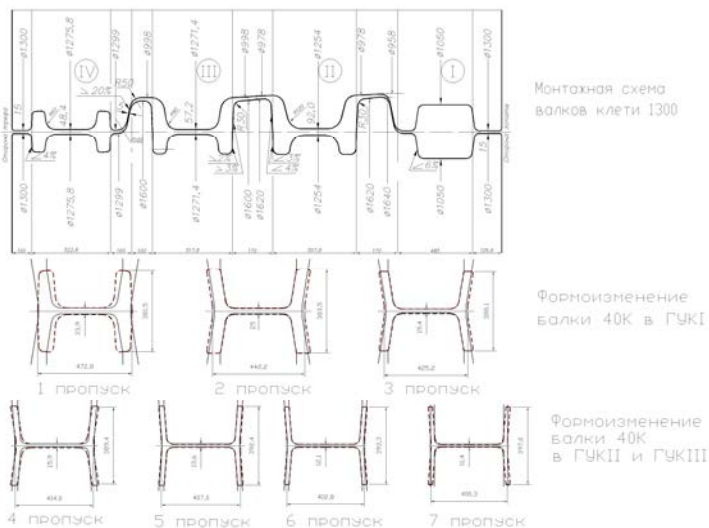


Рис. 2. Формоизменение балки 40К в универсальных клетях

Также следует отметить, что комплекты валков обжимной клетки остались прежними, используемыми ранее при прокатке балки 40К из горячекатаной заготовки.

В результате освоения технологического процесса разливки в КЦ№1 и прокатки колонной балки из непрерывно-литой заготовки ВВ-5 сечением 165/495х620 мм был выявлен ряд преимуществ, таких как:

- увеличение длины заготовки привело к увеличению количества штанг с раската и снижению расхода металла;

- отсутствие запороченности заготовки (на УУВГМ нет доработки, следовательно, и на УООМ);
- устойчивость профиля из-за улучшения заполнения калибров обжимной клетки 1300.

Список литературы

1. ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок.
2. Смирнов В.К. Калибровка прокатных валков. М.: Металлургия, 1987. 310 с.

УДК 674.812.2

Х.Я. Гиревая, Т.М. Куликова, Н.И. Шубина

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Научно-технический прогресс требует материалы с новыми свойствам, что является основной причиной бурного развития полимерных композиционных материалов (ПКМ). Традиционные «чистые» полимеры в значительной степени исчерпали свои возможности, а главное преимущество ПКМ – это уникальное сочетание свойств. Как правило, композиционные материалы не являются «чемпионами» по отдельно взятому свойству. Но по сочетанию определенных свойств им нет равных [1].

Промышленное производство полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе древесных наполнителей в развитых странах мира стремительно растет. В Германии в 2005 году оно составило около 10 000 т (2004 г. – 5000 т); в Японии в 2003 г. произведено 30 000 т (1999 г. – 14 000 т). Но абсолютным лидером являются США – 400 000 т в 2003 г. и 700 000 т (вместе с Канадой) в 2005 г. В 2007 – 2008 гг. производство профильных экструзионных ПКМ на основе древесного наполнителя начато в России, Украине и Латвии.

В настоящее время по объемам производства древесно-полимерные композиты (ДПК) занимают в мировой экономике одно из первых мест. Они включают в себя большую номенклатуру разнообразных по свойствам и методам производства материалов. Эта группа быстро развивается в количественном и качественном отношении. По данным ФАО ООН, к концу 20 века мировое производство древесных композиционных материалов в объемных единицах уже превосходило производство сталей, пластмасс и алюминия [2].

В настоящее время мировое производство древесно-полимерных композитов (ДПК) составляет около 1 млн т. Они представляют собой большую группу конструкционных материалов, различающихся по составу, свойствам и технологии производства. Сам композит – это однородная смесь частиц древесины и полимера. В качестве сырья для производства ДПК используют различные целлюлозосодержащие отходы (древесную муку хвойных и лиственных пород древесины с размерами частиц менее 0,5 мм, рисовую шелуху, льняную костру, ореховые скорлупки, подсолнечную лузгу, стебли хлопчатника и других сельскохозяйственных культур, картонно-бумажные отходы и т.д.) (50–80%), полимерная часть представлена безопасными и распространенными полимерами (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол и др.) (20–50%).

Древесно-полимерный композитный профиль с высоким содержанием древесины более всего напоминает МДФ (древесно-волоконистая плита средней плотности) или твердую ДВП (древесно-волоконистая плита), а с малым ее количеством – пластмассу. ДПК могут различаться в зависимости от агрегатного состояния древесного компонента (мука тонкого, среднего, крупного помола или волокно: хвойное, лиственное, растительное) [3].

Классификация видов ДПК проводится в зависимости от разных характеристик:

по происхождению целлюлозного сырья: из древесины и древесных отходов, из других растений и растительных отходов;

по агрегатному состоянию древесного компонента: мука; опилки, волокно;

по типу связующего термопластичного полимера: на синтетических смолах, биополимерах, смеси синтетических смол и биополимеров;

по виду технологии переработки: литье, прессование, экструзия;

по плотности (кг/м^3): легкие (от 700 до 900), плотные (свыше 900 до 1200), тяжелые (свыше 1200);

по прочности: легкие неконструкционные, конструкционные, повышенной прочности;

по конструкции: однослойные, двухслойные, многослойные;

по горючести: горючие, с затрудненной горючестью;

по устойчивости к воде, свету, биологическим и другим воздействиям: нестойкие, в том числе с повышенной биоразлагаемостью, например для упаковки, интерьерные, в том числе: невлагостойкие, влагостойкие, водобистойкие, особо стойкие – контакт с почвой, минеральными растворами и т.д.), со специальными свойствами, например электроизоляционные, бактерицидные и т.д.;

по виду поверхности: необлицованные, в том числе необработанные, обработанные, с нанесенным в ходе изготовления полимерным слоем, (например, методом соэкструзии), отделанные лакокрасочными материалами, облицованные натуральным шпоном, синтетическими пленками или металлизированные [4].

Преимущества древесно-полимерного композита:

- принципиальное отсутствие формальдегида, фенола и других вредных веществ;
- возможность широких манипуляций с составом композиции для достижения разнообразных свойств;
- целесообразность использования вторичных пластмасс и различных целлюлозосодержащих отходов;
- удовлетворительная прочность, высокая влагостойкость, устойчивость к биологическим воздействиям. в некоторых композициях и неплохая огнестойкость (сниженная воспламеняемость);
- хороший внешний вид, приятное тактильное ощущение, легкий запах древесины;
- отличные эксплуатационные свойства;
- возможность осуществления высокой автоматизации производства;
- компактность оборудования, сравнительно небольшой объем капиталовложений и используемых оборотных средств, высокая выработка на одного работающего;
- низкая себестоимость материала и готовых изделий из него;
- разнообразие методов формования (экструзия, литье под давлением, прессование, ротационное литье) с получением разнообразных геометрических (архитектурных) форм и размеров. Способность к вторичному термическому формованию (гнутье, вакуум-формовка, дробление и повторное использование);
- безотходность производства ДПК. Отслужившие свой срок продукты легко могут быть раздроблены в мелкие гранулы и переработаны повторно с получением полноценных новых изделий [1].

В лабораторных условиях были получены образцы древесно-полимерного композиционного материала. Измельченные древесные частицы смачивались в 70% уксусной кислоте в течение 12 ч. Кислота выступает в роли катализатора для ускорения выделения из древесины смолистого вещества – лигнина, являющегося связующим для древесных частиц. Древесные частицы орошались водой, высушивались при комнатной температуре в течение 1 суток. Подготовленные древесные опилки смешивались с полимерным связующим в равных пропорциях. В качестве полимерного связующего были использованы отходы полипропилена (ПП), полиэтилена (ПЭ), полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Смесь закладывалась в установку, представляющую собой пресс, действующий на материал с помощью температуры. Смесь нагревалась до 220–240°С и прессовалась под действием груза массой 30 кг. Затем уже спекшуюся смесь распрессовывали и остужали. В результате образовался образец древесно-полимерного композиционного материала в виде таблетки высотой 30 мм и диаметром 26 мм. Образцы с ПП и ПЭ по визуальной оценке получились удовлетворительными, а образец с ПЭТФ – нет, наблюдалось неполное склеивание и небольшая рассыпчатость.

Полученные таблетки ДПК, содержащие в качестве полимерного связующего ПП и ПЭ, подвергались испытаниям на влагостойкость, горючесть и устойчивость к действию кислот. Исследуемые образцы в течение суток

выдерживались в воде, затем высушивали при комнатной температуре. Повышение массы таблетки составило около 1,5%. Образцы не воспламеняются под действием открытого огня. Влияние кислот на образцы определялось погружением в раствор 70% серной кислоты на сутки. Исследуемые образцы не изменились, структура и форма остались без изменения. Для выявления наилучшего соотношения составляющих компонентов и свойств материала целесообразно проведение многофакторного эксперимента.

Данный материал является довольно перспективным направлением в области развития утилизации вторичных полимерных материалов, что является серьезной задачей на сегодняшний день. Таким образом, продолжение данной работы актуально, но для этого необходимо дополнительное оборудование, в частности установка типа экструдера с четким регулированием температуры и возможностью одновременного смешения. В дальнейшем планируется продолжение и развитие работы по данной теме.

Список литературы

1. Полимерные композиционные материалы [Электронный ресурс]: Основные цели введения дисперсных наполнителей в полимеры. URL: <http://p-km.ru>.
2. Сетевая академия мебели [Электронный ресурс]: развитие производства ДПК. URL: <http://c-a-m.narod.ru>.
3. Клесов А.А. Древесно-полимерные композиты. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 736 с.
4. Интервесп [Электронный ресурс]: Рынок ДПК. URL: <http://www.intervesp-stanki.ru>.

УДК 621:771

М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, А.О. Попов
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

А.В. Горбунов, А.Г. Ветренко,

В.И. Шурыгин, А.В. Кузнецов, А.В. Полунин
ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СТАЛИ НА СТАНАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Для расширения сортамента и создания результативных технологий производства широкополосной стали на стадии предварительной разработки следует применять методы компьютерного моделирования, наиболее эффективным из которых является автоматизированное проектирование.

В ходе работы были проведены сбор и систематизация экспериментальных данных по типу и характеру технологических факторов, в частности, по температурному и скоростному режимам прокатки, по энергосиловым параметрам процесса, а также по режиму обжатий. Создан единый алгоритм разработки режима прокатки на ШСГП, который реализован в среде электронных таблиц MS Excel средствами Visual Basic For Application в виде программы автоматизированного проектирования. Данный программный продукт предназначен для разработки технологических режимов безаварийной горячей прокатки различных видов широкополосной стали, в том числе высокопрочного проката для автомобилестроения, на станах различных типов с учетом ограничений по энергосиловым параметрам, разнотолщинности и неплоскостности проката, механическим свойствам металла и производительности процесса [1].

Процесс разработки режима прокатки на ШСГП можно охарактеризовать как последовательность следующих действий: ввод исходных данных; разработка режима черновой прокатки; расчет параметров передачи раската промежуточным рольгангом; разработка режима чистовой прокатки; проверка выполнения ограничений, накладываемых на процесс; синтез охлаждения полосы на отводящем рольганге и прогнозирование механических свойств проката.

В качестве исходных данных должна быть введена информация о стане, т.е. техническая характеристика оборудования: расположение устройств технологической линии, размеры рабочих и опорных валков клетей, параметры двигателей главных приводов, параметры главных линий и допустимые нагрузки оборудования. Наряду с этим необходима информация о параметрах прокатываемого металла: химический состав стали, размеры сляба, раската и конечной полосы, а также режим нагрева сляба в печи. Кроме того, необходимо указать технологические ограничения. При работе программа генерирует рекомендации относительно режимов прокатки и позволяет пользователю при необходимости самостоятельно корректировать их значения.

Разработку режимов черновой и чистовой прокатки можно разделить на несколько основных шагов: синтез обжатий горизонтальными и вертикальными (если имеются) валками, выбор скоростного режима, расчет температурного режима и прогнозирование энергосиловых параметров [2].

Разработка режима обжатий включает в себя настройку схемы прокатки, заключающейся в выборе активных клетей, определении числа проходов и распределении самих обжатий с последующей их коррекцией по различным критериям. Скорости вращения валков назначаются с учетом режима переменного ускорения, а в процессе корректируются, с целью попадания в требуемые интервалы температур.

При разработке адекватных моделей для расчета температурного режима процесса прокатки применяли их конструирование с использованием уже известных соотношений, выбираемых в зависимости от некоторого критерия. Такой подход позволил получить достаточно высокую точ-

ность прогнозирования температуры на участках технологического контроля за черновой и чистой группами.

Для повышения точности прогноза энергосиловых параметров, путем регрессионного анализа были получены степенные зависимости для расчета погонных усилия P_1 , МН/м, и момента M_1 , Н·м/м, прокатки следующего вида:

$$P_1 = \rho_0 \left(\frac{D_p}{h_0} \right)^{\rho_1} m^{\rho_2} \sigma_u^{\rho_3}; \quad (1)$$

$$M_1 = \mu_0 \left(\frac{D_p}{h_0} \right)^{\mu_1} m^{\mu_2} P_1^{\mu_3}. \quad (2)$$

В качестве совокупности обрабатываемых данных выступали около 35000 актуальных значений усилия и скорости прокатки полос различного размерного и марочного сортамента, а также тока и напряжения двигателей главных приводов как в черновых, так и в чистовых клетях, полученные средствами АСУ ТП ШСГП 2000 ОАО «ММК».

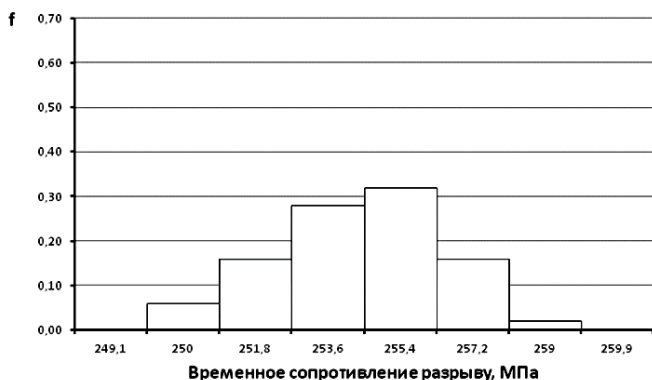
Для разработки режима передачи раската разработаны специальные модули, позволяющие учесть различные варианты компоновки оборудования с использованием устройств ENKOPANEL и COILBOX, с гибкой настройкой их расположения и длины промежуточного рольганга.

Для моделирования ускоренного охлаждения на отводящем рольганге предусмотрен специальный модуль, позволяющий выбрать схему душирования и оценить температуру смотки. Модуль позволяет настраивать количество и расположение секций на отводящем рольганге, задавать расход воды по каждой секции, а также выбирать тип верхних коллекторов – струйный или щелевой.

Наличие стохастического аспекта в программе, имитирующего возмущения некоторых неочевидных параметров, позволило разработать модуль оценивания продольной разнотолщинности и неплоскостности полосы. В результате программа выдает график колебания толщины готовой полосы и гистограмму сравнения фактических вариаций толщины полосы с ее предельными допусками.

Кроме того, возможна имитация и других технологических параметров, таких как усилие прокатки и температура полосы, на различных участках стана.

Для анализа возможности получения требуемых свойств проката в программе имеется модуль, в котором предусмотрена возможность использования регрессионных моделей для анализа механических свойств, вносимых пользователем, и расчет по данным моделям. Также возможен анализ полученного распределения свойств по длине полосы (см. рисунок).



Вариация временного сопротивления разрыву готовой полосы

С применением разработанной программы предложены режимы прокатки в условиях ШСГП 2000 ОАО «ММК» различных профилазмеров из современных высокопрочных марок стали. В частности, полос размерами (мм) 2,35x1100 из стали 350 по ГОСТ Р 52246-2004 (аналог НСТ600Х EN 10346:2009); 2,3x1130 из стали НХ420LAD, 2,8x1460 и 2,8x1370 из стали НХ220BD, 2,3x1290 мм из стали НХ340LAD и 3,5x1370 из стали НХ260LAD по EN 10346:2009; 2,3x1310 из стали НС340LA, 3,5x1370 из стали НС260LA и 3,3x1425 из стали НС300LA EN 10268:2006 [3]. Выполняется анализ возможностей прокатки высокопрочного проката для автомобилестроения на ШСГП 2500 ОАО «ММК» после его реконструкции.

Список литературы

1. Румянцев М.И., Попов А.О., Шубин И.Г. Разработка и опыт применения программы автоматизированного проектирования технологий горячей прокатки высокопрочной широкополосной стали для автомобилестроения на станах различных типов // Современная металлургия начала нового тысячелетия: сб. науч. тр. Ч. II. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2011. С. 56 - 62.
2. Салганик В.М., Румянцев М.И. Технология производства листовой стали: учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 320 с.
3. Разработка технологии и режимов прокатки высокопрочных сталей для автомобилестроения на широкополосном стане горячей прокатки / М.И. Румянцев, В.В. Галкин, А.В. Горбунов, А.Г. Ветренко, М.А. Молостов, А.О. Попов // Труды восьмого конгресса прокатчиков. Т. 1. Магнитогорск: Магнитогорский дом печати, 2010. С. 35-45.

Ю.Д. Исупов, Ю.Н. Карфидов

ОАО «ЕВРАЗ НТМК»,

ООО «ЕвразТехника»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ И ПРОКАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ. ОБЗОР ПАТЕНТОВ

Лазерные доплеровские измерители скорости и длины проката появились на прокатных станах предприятий Западной Европы и США во второй половине 1980-х гг., а на предприятиях России несколькими годами позднее [1] и предназначены для осуществления замеров с точностью до 0,05% от показателя скорости и длины раската. Наиболее востребованными являются участки, где необходимо измерение длины горячего раската перед порезкой, длины отрезанных штанг, скорости проката.

Все промышленные лазерные доплеровские измерители строятся по дифференциальной схеме, по которой лазерный поток делится на два луча, сходящиеся под малым углом. В зоне пересечения лучей на поверхности объекта создается световая решетка. При прохождении через эту зону объекта отраженное лазерное излучение рассеивается, длина волны при этом изменяется пропорционально скорости движения.

В качестве источника излучения чаще всего используют газовые гелий-неоновые лазеры и полупроводниковые лазерные диоды. Первому типу присущи формирование стабильной световой решетки на пересечении лучей, видимый участок спектра, облегчающий настройку и диагностику лазерного измерителя на месте. Недостаток – большие габариты и требование высокого напряжения при поджиге. Оптические блоки на полупроводниковых лазерах имеют малые размеры, не требуют высокого напряжения. Однако для обеспечения необходимой точности измерения для них требуется стабилизация тока с погрешностью 0,1%.

На работу лазерных измерителей также влияют мощные тепловые потоки («тепловая линза»), пыль, другие факторы.

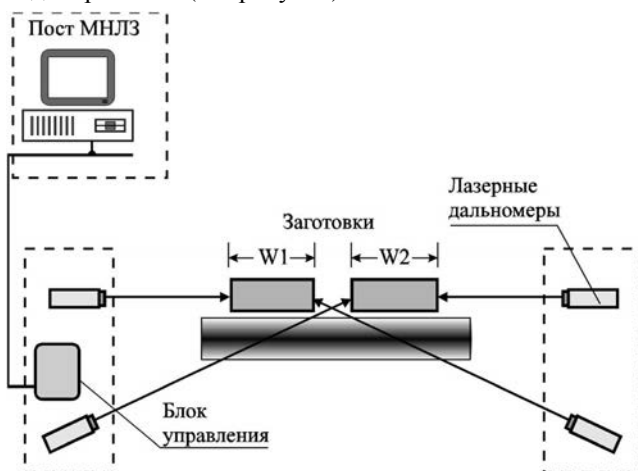
В цехе прокатки широкополочных балок ЕВРАЗ НТМК на участке пил горячей резки установлены два измерителя с гелий-неоновыми лазерами. Готовые штанги по отводящему рольгангу подают на холодильник через зону действия лазерных измерителей. Получение длин отрезаемых штанг в реальном времени позволяет оператору производить непрерывный контроль за положением пил горячей резки, выбирать схему порезки для получения проката заказанной длины.

Инженеры предложили заменить аналоговый метод обработки сигнала цифровым, поскольку аналоговый метод приводил к ошибкам, связанными с захватом шумов, потерей сигнала и др. Был изготовлен цифровой блок, состоящий из платы аналого-цифрового преобразователя с буфер-

ной памятью, встраиваемого высокопроизводительного промышленного компьютера, программное обеспечение в операционной среде реального времени. Эти инженерные решения легли в основу полезной модели [2].

Испытания показали, что, во-первых, скорость обработки объекта характеризуют не более двух спектральных составляющих, их мощность на порядок выше шумовых составляющих сигнала. Во-вторых, при кратковременном пропадании сигнала производится замещение значения скорости ее последним достоверным значением. Длительность обработки одного цикла сигнала выбрана 10 мс. Для получения значения длины штанги производится пересчет через коэффициент «частота – скорость».

Другим оригинальным решением явилось осуществление замера геометрии заготовок, получаемых при разливке стали на МНЛЗ (машина непрерывной разливки стали) с помощью лазерных дальномеров. До предложения инженеров по замеру размеров горячей заготовки определение производилось вручную с помощью специальной оснастки. Внедренная система контроля ширины и длины заготовок [3] позволяет производить замер автоматически и с высокой степенью точности. Обладаящее новизной размещение датчиков в зоне измерения [4] позволило производить замер как на одноручьева МНЛЗ, так и при разливке двух заготовок одновременно (см. рисунок).



Автоматизированный измерительный комплекс находится в промышленной эксплуатации, надежность подтверждается периодическими метрологическими аттестациями и калибровками.

В 2013 году в Технопарке Саров (Нижегородская область) будет завершено создание Национального Центра лазерных технологий, одной из задач которого будет создание широкого спектра лазеров и диодов для различных отраслей, в т.ч. и для металлургии.

Список литературы

1. Аникин А.В., Федосейский А. Лазерные доплеровские измерители в системе учета горячего проката // Современные технологии автоматизации. 2007. №1. С.24-28.
2. Пат. на полезную модель 61408. Лазерный доплеровский измеритель длины и скорости проката.
3. Пат. на полезную модель 55965. Система контроля размеров движущегося объекта.
4. Аникин А.В., Иерусалимов И.П., Карфидов Ю.Н. Автоматизированный контроль размеров горячих непрерывнолитых заготовок // Сталь. 2009. № 6. С.20-21.

УДК 621.771.09

К.Е. Соколов

ОАО «ЕВРАЗ НТМК»

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМООТДЕЛЕНИЯ РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО ЦЕХА ОАО «ЕВРАЗ НТМК»

В настоящее время завершается техническое перевооружение рельсобалочного цеха ОАО «ЕВРАЗ НТМК», в ходе которого уже были установлены гидравлические прессы (ГП), сверлильно-отрезные станки (СОС) и роликотправильный комплекс.

Рельсы после роликотправильного комплекса поступают на гидравлические прессы, где происходит доправка концов, а затем передаются на сверлильно-отрезные станки, где обрезают концы для получения мерной длины и, при необходимости, просверливают отверстия.

Время на обработку одного рельса как на гидравлическом прессе, так и на сверлильно-отрезном станке составляет 170 с. Расчетная производительность каждого агрегата в отдельности равна 21,18 рельсов в час.

Рассмотрим совместную работу прессов и станков, построив для этого график производственного цикла (рис. 1). Рольганг между прессом и станком является одновременно выходным для прессы и входным для станка, а управлять им может как правильщик прессы, так и оператор станка.

Для исключения конфликта в управлении данным транспортным устройством на расстоянии 30,2 м от бойка прессы установлен фотодатчик, который фиксирует наличие металла в данной точке. Если датчик не перекрыт – рольганг свободен, на него можно выдавать рельс из прессы после правки переднего конца, но как только рельс доходит до датчика и перекрывает его схема замыкается, рольганг занят, теперь управлять им может оператор СОС, т.е. задавать рельс на обработку в станок.

Именно такое разделение управления и является «узким местом» этой связки.

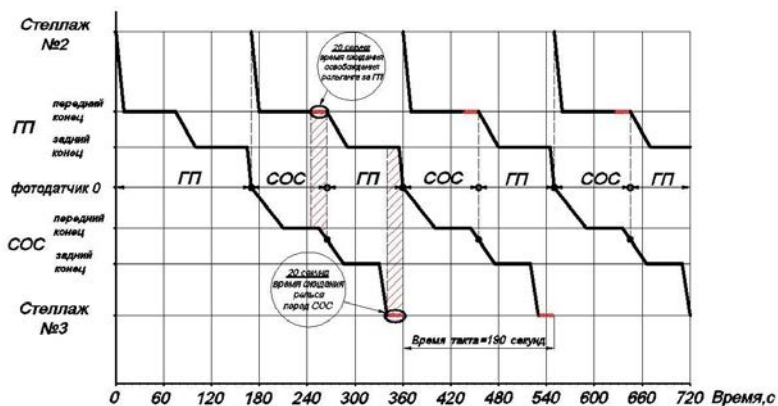


Рис. 1. График производственного цикла до операционного улучшения

Как видно из рис. 1, после обработки переднего конца на прессе возникает двадцатисекундное время ожидания освобождения ролльганга.

Датчик перекрыт рельсом, обрабатываемым на станке, но по графику видно, что рельс на станке уже обрезан, просверлен и начинает движение вперед, но перекрытый датчик блокирует работу правильщика прессы по продвижению своего рельса. В силу особенности работы сверлильно-отрезного станка датчик будет перекрыт 20 с, так как после порезки станок скидывает переднюю обреш и рельс лишь немного продвигается дальше, не освобождая фотодатчик. Свободное место для выдачи следующего рельса с прессы уже имеется, а нерациональное расположение фотодатчика блокирует работу правильщика, что, в свою очередь, вызывает простой в работе сверлильно-отрезного станка. После обработки заднего конца и выдачи рельса на стеллаж за станком возникает двадцатисекундный простой станка. Правильщик ГП не успевает выправлять и передавать свой рельс далее на станок к этому моменту.

Итого в процессе обработки одного рельса было выявлено 40 с непроизводительного простоя оборудования. Время на обработку одного рельса при совместной работе будет равно 190 с, а расчетная производительность составит 18,95 рельсов в час.

Операционное улучшение заключается в исключении двадцатисекундного времени ожидания освобождения ролльганга для выезда рельса с прессы. Это будет возможно, если правильщик сразу же после правки переднего конца начнет «прогонять» рельс вперед через пресс для правки заднего конца.

Для реализации данного улучшения необходимо учесть 2 важнейших момента.

Первый важнейший момент – БЕЗОПАСНОСТЬ.

Если правильщик обработает передний конец быстрее, чем «среднее время правки», равное 70 с, и начнет «прогон» рельса вперед через пресс, то возможно столкновение с рельсом, находящимся на обработке в станке.

Для исключения данной ситуации необходимо:

- перенести имеющийся фотодатчик 0 на 3,5 м ближе к прессу. Он, как и прежде, будет анализировать наличие рельса в «опасной» зоне;
- в линейках ролика №9 установить новый фотодатчик 1. Он будет блокировать рольганг, т.е. размыкать схему приводов роликов при «положительном ответе» нулевого датчика.

Таким образом, можно полностью исключить возможность соударения двух рельсов на рольганге.

Второй важнейший момент – ПЕРЕМЕЩЕНИЕ рельсов по рольгангу.

Для осуществления данного улучшения необходимо «разделить» рольганг на два рольганга. Ролики с 1-го по 7-й будут относиться к рольгангу В. Ролики с 8-го по 15-й – к рольгангу А. Для корректной работы двух рольгангов А и В необходимо установить еще один фотодатчик (датчик 2) в линейках ролика №1. Он будет «отвечать» за нахождение рельса на рольганге В. Схема рольганга представлена на рис. 2.

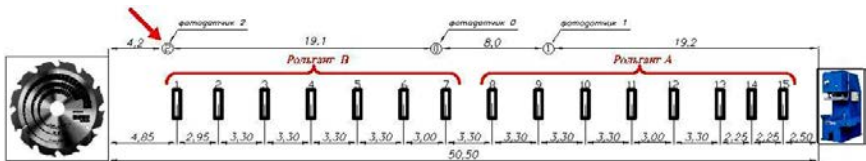


Рис. 2. Схема рольганга после операционного улучшения

Далее была разработана схема автоматизации процесса управления, которая позволила рационально разделить управление рольгангами А и В между правильщиком ГП и оператором СОС.

Для расчета повышения производительности был вновь построен график производственного цикла обработки рельсов (рис. 3).

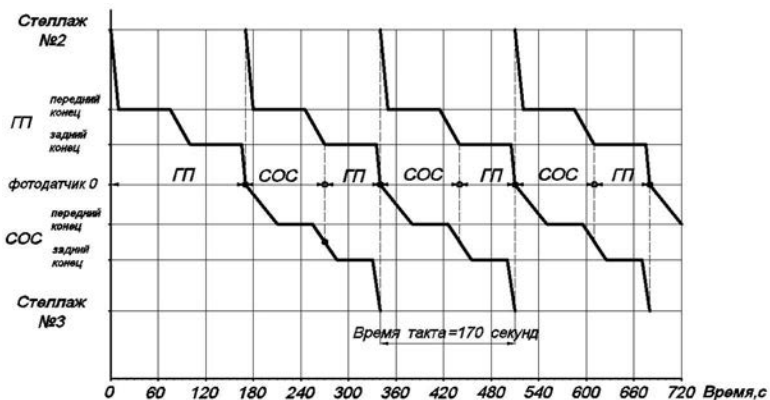


Рис.3. График производственного цикла после операционного улучшения

Как видно из рис. 3, исключение двадцатисекундного времени ожидания освобождения рольганга снизило время такта до 170 с. Расчетная часовая производительность одной связки «ГП-СОС» после операционного улучшения составила 21,18 рельсов в час против 18,95 до улучшения.

$$\Delta \frac{21,18 - 18,95}{18,95} = 11,8\% \quad (1)$$

Операционное улучшение позволит повысить производительность на 11,8%.

Средняя фактическая производительность в настоящее время составляет 62,4 т/ч. Операционное улучшение позволит повысить производительность до 68,8 т/ч.

Для оценки годового экономического эффекта возьмем время работы оборудования в термоотделении за 2011 год. Оно составляет 4560 ч.

$$\Delta \text{Годовой производительности} (68,8 - 62,4) \cdot 4560 = 29184 \text{ т.} \quad (2)$$

Повышение выпуска продукции будет равно 29184 т/год.

Маржинальный доход 1 т рельсов на сегодняшний день составляет 10462 руб.

$$\Delta \text{маржинального дохода} 29184 \cdot 10462 = 305323008 \text{ руб.} \quad (3)$$

Увеличение маржинального дохода составит 305,3 млн руб.

Затраты на установку и настройку нового оборудования – 3 млн руб.

$$\text{Экономический эффект} = 305,3 - 3,0 = 302,3 \text{ млн руб.} \quad (4)$$

Экономический эффект от операционного улучшения равен 302,3 млн руб.

УДК 621.771

С.Е. Носков, Е.А. Пудов, В.А. Селиванов

ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ»

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПРОКАТА НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ХОЛОДНОКАТАНОЙ ПОЛОСЫ

На сегодняшний день одним из основных потребительских показателей холоднокатаной ленты является качество ее поверхности. Немаловажную роль в процессе производства холоднокатаной ленты играет качество поступающего травленого горячекатаного проката. Наряду с такими металлургическими дефектами, как раковины от окалины, плены, заплески, завороты и т.д. все чаще стали встречаться на поверхности горячекатаного травленого проката пятна ржавчины, окисные плены, останочные пятна, пятна от перетрава и недотрава.

С целью определения влияния последних дефектов на качество поверхности холоднокатаной ленты была проведена исследовательская работа в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ».

При проведении данной работы использовался горячекатаный травленный прокат ОАО «ММК» с явными дефектами металлургического производства (раковины, вкатанная окалина, отпечатки, пятна ржавчины), а также были подготовлены образцы с искусственно нанесенными дефектами (вмятины, сетка).

Далее исследуемый металл полностью прошел «жизненный» цикл производства холоднокатаной ленты. На основных переделах (прокатка и дрессировка) дефектные участки были сфотографированы с целью визуального представления видоизменения данных дефектов. На фотографиях (рис. 1–6) представлены дефектные участки и их последующие «превращения»: а – дефект в стадии поставки (подкат); б – дефект после прокатки; в – дефект после дрессировки.

При анализе полученных данных установлено следующее:

1. При прокатке на 4-клетевом стане «400» видны существенные изменения формы и размеров дефектов (см. рис. 1-6 с обозначением «б»).

2. Отжиг образцов с поверхностными дефектами не повлиял на их дальнейшее развитие.

3. Дрессировка образцов с обжатием 1-1,2% не позволила добиться окончательного заката дефектов (см. рис. 1-6 с обозначением «в»).

4. Поверхностные дефекты металлургического производства (раковины, отпечатки от инородных частиц и т.д.) закатываются при прокатке с большим процентом обжатия свыше 75%. (см. рис. 1–3,5,6 с обозначением «б»).

5. Искусственно нанесенный дефект «сетка», имитирующий поверхностные дефекты (царапины, задиры), наносимые в процессе резки на АПР, полностью закатался при прокатке на 4-клетевом стане «400», что обусловлено незначительной глубиной залегания дефекта (см. рис. 5, обозначение «б»). В связи с этим фотография после дрессировки отсутствует.

6. Искусственно нанесенный дефект «вдав», имитирующий дефекты «волчки», появляющиеся на поверхности ленты в процессе прокатки, не закатался и не исчез при дальнейшей переработке металла (см. рис. 6).

Проведенные исследования показали, что для улучшения качества поверхности холоднокатаной ленты необходима модернизация технологического оборудования, соблюдение технологического процесса производства горячекатаного травленного проката, а также улучшение способов транспортировки, складирования и погрузочно-разгрузочных работ.



а



б



в

Рис. 1. Раковина от окалины



а



б



в

Рис. 2. Раковина от окалины



а



б



в

Рис. 3. Пятна ржавчины



а



б



в

Рис. 4. Раковина от окалины



а

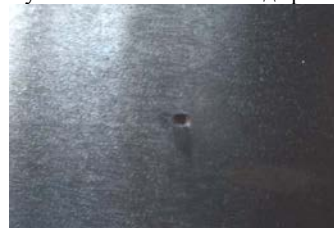


б

Рис.5. Искусственно нанесенный дефект «сетка»



а



б

Рис.6. Искусственно нанесенный дефект «вдав»



в

**С.Е. Носков, Н.В. Литвинова,
А.А. Дьячкова, Ю.С. Соколова**

ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ»

ГИБКОСТЬ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ ДИАМЕТРОМ 9,6 ММ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАРКИ СТАЛИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА

В современном производстве идет непрерывный процесс ужесточения требований к качеству выпускаемой продукции, скорости выполнения размещаемых заказов, экономичности и экологичности технологических процессов. Успешность предприятия в рамках острой конкурентной борьбы будет зависеть от того, насколько гармонично сочетаются все вышеперечисленные требования.

Арматурную сталь периодического профиля в настоящее время можно отнести к числу наиболее востребованных видов продукции на отечественном рынке метизов. В связи с этим, усовершенствование технологии изготовления в ОАО «ММК-МЕТИЗ» высокопрочной стабилизированной арматуры является одной из приоритетных задач для увеличения производства продукции, пользующейся спросом на рынке.

При производстве арматуры диаметром 9,6 мм снизить себестоимость позволяет использование в качестве исходной заготовки патентированного проката диаметром 15,5 мм стали марки 80P, микролегированной бором, вместо горячекатаного проката стали марки 80ХФЮ, более дорогостоящей из-за легирования хромом, ванадием и алюминием.

Присутствие наследственности структурных составляющих проката после проведения термообработки говорит о несомненной значимости исходных требований к горячекатаному прокату. Выполнение этих требований ОАО «ММК» не обеспечивает в полном объеме, и технические характеристики различаются от плавки к плавке, поэтому возможность управлять технологическими параметрами на каждом переделе, в зависимости от исходных составляющих горячекатаного проката, очень актуально на сегодняшний день.

Получить необходимую структуру (рис.1) и требуемые свойства патентированного проката возможно, корректируя температурный режим печи аустенизации и ванны расплава свинца, а также скоростью движения нитки проката на агрегате патентирования фирмы «FIB» & «MFL».

Немаловажную роль при формировании мелкодисперсной структуры играет микролегирование бором с микродобавками алюминия.

Получив необходимые свойства патентированного проката, данный металл подвергается волочению на проволоку-заготовку. Процесс волочения осуществляется на прямоточном волочильном стане RI 120/8 фирмы «MFL» (рис. 2).

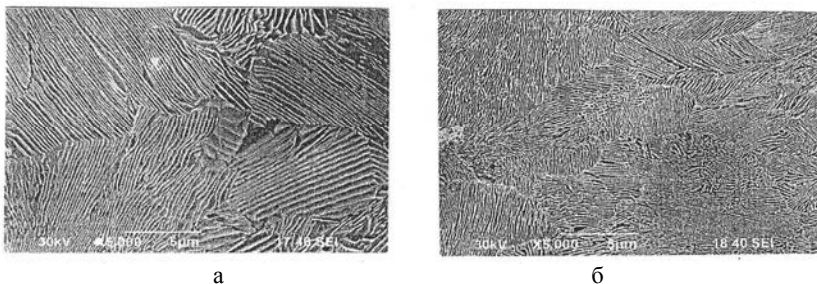


Рис. 1. Микроструктура проката диаметром 15,5 мм стали марки 80 P:
а – горячекатаного проката в состоянии поставки; б – патентированного проката



Рис. 2. Прямоточный волочильный стан RI 120/8

Улучшить технологичность переработки патентированного проката позволяют вновь разработанные маршруты волочения, использование смазочных материалов ф. «TRAXIT» и ф. «TECNOVO», волокна импортного производства ф. «KONER». Применение всех перечисленных параметров в комплексе приводит к созданию наиболее благоприятных условий для обеспечения стабильности процесса волочения, о чем свидетельствуют результаты проведенных исследований, подтвержденные практическими испытаниями.

На заключительной стадии производства арматурной стали диаметром 9,6 мм применяется линия стабилизации ISF-5, позволяющая осуществлять процесс нанесения профиля на проволоку-заготовку, отпуск в индукционной печи и формование пачек готовой стержневой арматуры.

Проведены исследования в области формирования геометрии профиля арматуры, выявлена зависимость механических свойств арматуры от глубины профиля и конструкции клетки. В процессе проведенных исследований определены наиболее эффективные режимы отпуска и значения установленной тяги, которыми можно управлять, обеспечивая требуемые свойства готовой арматуры, в зависимости от свойств исходного материала (марки стали, механических свойств заготовки).

Таким образом, в зависимости от значений исходных параметров имеется возможность подбора наиболее эффективных технологических режимов в процессе каждой технологической операции, позволяющих обеспечить гибкость в управлении качеством арматурной стали диаметром 9,6 мм.

УДК 621.771.23

С.Е. Носков, Е.А. Пудов, И.В. Шиморенко
ОАО «ММК-МЕТИЗ»

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КЛЕММ ПРУЖИННЫХ ПРУТКОВЫХ ОП-105 ПО ОСТ 32.156-2000 НА КОНВЕЙЕРНОМ ЗАКАЛОЧНО-ОТПУСКНОМ АГРЕГАТЕ СКЗА № 1 С ЭЛЕКТРОПЕЧАМИ К-170 И К-135

ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ» является в Российской Федерации традиционным производителем железнодорожного крепежа, используемого в рельсовых скреплениях верхнего строения железнодорожного пути – костылей, противоугонов, пружинных путевых шайб, клеммных и закладных болтов, болтов и гаек для рельсовых стыков железнодорожного пути, путевых шурупов, прутковых пружинных клемм.

Одним из важнейших элементов в узлах рельсовых скреплений типов КБ, КД и стрелочных переводах, воспринимающим на себя большую часть нагрузок, является клемма прутковая пружинная ОП-105 по ОСТ 32.156-2000, которая служит для крепления рельсов к металлическим подкладкам и относится к изделиям особо ответственного значения.

Пружинная прутковая клемма – это изделие сложной пространственной формы, которое в условиях эксплуатации работает в тяжелом режиме знакопеременных нагрузок, должно обладать жестко регламентированными геометрическими размерами и механическими свойствами (твердость поверхности термически обработанных клемм должна быть от 42 до 48 HRC и глубина обезуглероженного слоя на клеммах не должна быть более 2% на сторону от диаметра прутка).

Технологический процесс изготовления клеммы ОП-105 состоит из следующих операций: холодной гибки плоской заготовки, горячей штамповки клемм, термической обработки клемм, обжатии клемм и сортировки клемм по основным геометрическим размерам.

Одной из важнейших технологических операций производства клемм ОП-105 является термическая обработка, которая заключается в проведении закалки в воду с последующим отпуском по режиму:

- температура нагрева под закалку – 880 (+20/-10)⁰С;
- время выдержки в закалочной печи – 25–30 мин;
- закалка в воду при температуре не более 35⁰С;
- температура отпуска – 420 ± 10⁰С;
- время выдержки в отпускной печи – 30–35 мин.

В соответствии с требованиями ОСТ 32.156-2000 микроструктура клемм ОП-105 не нормируется.

В 2011 году от основного потребителя клемм ОП-105 – ОАО «Муромского стрелочного завода» – поступали замечания по излому клемм в процессе сборки стрелочного перевода вследствие ее повышенной твердости и по несоответствию твердости клемм при входном контроле. В этот же период времени при проведении сертификационных испытаний во ВНИИЖТ произошел излом клемм при испытаниях на циклическую долговечность. При исследовании клемм по претензии ОАО «МСЗ» и партии клеммы, отправленной во ВНИИЖТ, твердость образцов клемм превышала требования ОСТ 32.156-2000 и составляла 48,5-51 HRC. При металлографическом испытании данных клемм в микроструктуре присутствовал троостомартенсит, иглы мартенсита, что свидетельствует о недогреве при отпуске. Также на отдельных образцах клемм обнаружены прожилки феррита.

Наличие в микроструктуре феррита говорит о недогреве при закалке.

В связи с ухудшением качества клемм пружинных прутковых ОП-105 по ОСТ 32.156-2000 проведена исследовательская работа по отработке технологии термической обработки клемм на линии СКЗА № 1 с электропечами К-170 и К-135. С этой целью в условиях КППЦ на конвейерном закалочном-отпускном агрегате СКЗА № 7 проведена опытная термическая обработка клеммы ОП-105 по ОСТ 32.156-2000 после штамповки (сырая) в количестве 5 шт. и термообработанных клемм, взятых со склада готовой продукции, в количестве 10 шт. Закалка и отпуск клемм осуществлялись в соответствии с действующей ТД термической обработки путевых шайб из стали марки 40С2А по режиму:

- температура нагрева под закалку – 880-890-880⁰С;
- время выдержки в закалочной печи – 40 мин;
- закалка в воду при температуре не более 35⁰С;
- температура отпуска – 420-430-440⁰С;
- время выдержки в отпускной печи – 40 мин.

Результаты испытания твердости и исследования микроструктуры термообработанных на СКЗА № 7 клемм представлены в табл.1.

Таблица 1

| Партия | Кол-во образцов | Твердость, HRC (норма – 42-48 HRC) | Микроструктура (не нормируется) |
|--|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Клеммы со склада готовой продукции (термообработанные) | 6 | 43 - 45 | Троостит отпуска |
| Клеммы после штамповки (сырые) | 3 | 43 - 46,5 | Троостит отпуска |

Таким образом, при выдержке клемм в закалочной и отпускной печи в течение 40 мин была получена необходимая твердость и микроструктура термообработанных клемм.

Для проведения опытной термообработки клемм по вышеуказанному режиму на СКЗА № 1 в условиях кузнечно-прессового отделения КЦ на

двигатели конвейерной ленты закалочной печи К-170 и отпускной печи К-135 установлены частотные преобразователи в целях регулирования времени выдержки клемм в печи. В тестовом режиме отработано обеспечение требуемых параметров времени нагрева под закалку и отпуск – 40 мин.

Отработка режима термической обработки на партии клемм, взятой со склада готовой продукции, осуществлялась по результатам испытаний твердости клемм после закалки и отпуска. Результаты испытаний твердости клемм в зависимости от проведенного режима термообработки приведены в табл.2.

Таблица 2

| Режим термообработки | Твердость клемм после термообработки |
|---|--------------------------------------|
| 1-й режим: 880-890-880 ⁰ С x 40 мин 450-450-450 ⁰ С x 47 мин | От 36 до 42,5 HRC |
| 2-й режим: 880-890-880 ⁰ С x 40 мин 470-420-450 ⁰ С x 47 мин | От 39 до 43 HRC |
| 3-й режим: 880-890-880 ⁰ С x 40 мин 450-420-420 ⁰ С x 40 мин | От 40 до 43 HRC |
| 4-й режим: 880-890-880 ⁰ С x 40 мин 420-400-400 ⁰ С x 40 мин | От 42 до 49 HRC |
| 5-й режим: 880-890-880 ⁰ С x 40 мин 420-410-410 ⁰ С x 47 мин | От 42 до 48,5 HRC |
| 6-й режим: 880-890-880 ⁰ С x 40 мин 420-420-420 ⁰ С x 47 мин | От 42,5 до 48 HRC |

Таким образом, при увеличении времени нагрева клемм в закалочной и отпускной печи линии СКЗА № 1 до 40 и 47 мин соответственно твердость клемм после термообработки находилась в пределах от 42,5 до 48 единиц Роквелла, что полностью удовлетворяет требованиям ОСТ 32.156-2000.

По результатам испытаний опытной термообработки клемм проведенная повторная термическая обработка партий клемм, находящихся на складе готовой продукции, по откорректированному режиму: закалка в воду при 880 (+20/-10)⁰С x 40 мин; отпуск - 420 ± 10⁰С x 45–50 мин.

Испытание твердости термообработанных партий клемм производилось на удвоенном количестве образцов. Также дополнительно осуществлялось исследование микроструктуры и испытание клемм на заневоливание (сборке рельсошпальной решетки) в течение 10 сут.

Твердость 12-ти термообработанных партий клемм соответствовала требованиям НД и находилась в пределах 42–47 единиц Роквелла. По результатам металлографических испытаний глубина обезуглероженного слоя на исследуемых образцах клемм не превышает 0,26 мм, что также удовлетворяет требованиям ОСТ 32.156-2000. Анализируя результаты исследования микроструктуры клемм в зависимости от твердости, можно сделать вывод, что твердости 42–47 HRC соответствует микроструктура троостосорбита и троостита.

Испытанию на заневоливание в течение 10 сут подвергались клеммы от первых трех термообработанных партий. После проведения данного

испытания геометрические параметры клемм партий 316, 319 и 320 соответствовали требованиям ОСТ 32.156-2000.

Технические требования к узлам рельсовых креплений в части допускаемых вертикальных и горизонтальных нагрузок на узел крепления, принятые на железных дорогах ОАО «РЖД», делают необходимым повышение качества производства всех элементов упругого крепления. Таким образом, по результатам проведения данной исследовательской работы откорректирован режим проведения термической обработки клемм, влияющей на её механические свойства, что позволило повысить качество клемм пружинных прутковых ОП-105 по ОСТ 32.156-2000, произведенных в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

УДК 621.771

С.Е. Носков, Е.А. Пудов, Л.П. Ряхова

ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод»

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КАЛИБРОВАННОГО ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ МАРКИ 18ЮА ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

В условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» по заказу ОАО «Тулский патронный завод – Инструмент» (ОАО «ТПЗ – Инструмент») в 2010-2011 гг. разработана технология производства калиброванного проката под холодную высадку из стали марки 18ЮА ϕ 10,8 мм в мотках по ТУ 1141-055-00187240-2008 с дополнительными требованиями потребителя по временному сопротивлению разрыву, относительному удлинению и группе осадки.

Технологический процесс производства указанного калиброванного проката состоял из операций:

- подготовки горячекатаного проката ϕ 12 мм к волочению;
- волочения на ϕ 10,8_{0,06} мм;
- сфероидизирующего отжига калиброванного проката в печи «Эбнер»;
- упаковки (увязки), консервации и дополнительной упаковки мотков в полипропиленовую ткань.

В качестве заготовки был использован горячекатаный прокат в мотках ϕ 12 мм из стали марки 18ЮА по ТС 14-101-712-2008 плавки 892356, изготовленный ОАО «ММК» специально для выполнения заказа ОАО «ТПЗ – Инструмент». Соответствующий требованиям ТС 14-101-712-2008 по результатам входного контроля горячекатаный прокат из стали марки 18ЮА плавки 892356 ϕ 12 мм был запущен в производство.

Подготовка поверхности проката к волочению (травление, промывка, известкование) проводилась в соответствии с действующей ТД по режиму для проката стали марки 20.

Волочение проката на диаметр 10,8_{-0,06} мм производилось на стане барабанного типа ВС 1/750. В процессе изготовления делались замеры диаметра калиброванного проката (после выхода его из волоки). Значения диаметра находились в пределах 10,77–10,79 мм, что соответствует требованию потребителя. В процессе волочения от каждого мотка калиброванного проката отбирались образцы для испытания на механические свойства, твердость, холодную осадку и определения глубины обезуглероженного слоя и величины зерна. Результаты испытаний представлены в табл. 1

Таблица 1
Результаты испытаний калиброванного проката до отжига

| Номер мотка горячекатаного проката | Номер мотка калиброванного проката | Механические свойства | | | Твердость НВ | Холодная осадка гр.50 гр.66 | Глубина обезуглероженного слоя, мм | Величина зерна, номер |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--|----------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | Временное сопротивление разрыву σ_B , кгс/мм ² | Относительное удлинение δ_5 , % | Относительное сужение Ψ , % | | | | |
| 5511 | 5511-1 | 60; 60 | 14; 16 | 58; 58 | 179 (1); 187 (2) | удовл. | 0,20 | 9-8 |
| | 5511-2 | 59; 58 | 14; 14 | 58; 58 | 197 (1); 187 (2) | удовл. | 0,20 | 9-8 |
| | 5511-3 | 59; 58 | 16; 16 | 56; 58 | 187 (3) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5511-4 | 60; 60 | 14; 16 | 58; 58 | 187 (1); 179 (2) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5511-5 | 59; 58 | 16; 16 | 56; 58 | 187 (3) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5511-6 | 59; 58 | 14; 14 | 58; 58 | 197 (1); 187 (2) | удовл. | 0,25 | 9-8 |
| 5512 | 5512-1 | 59; 59 | 15; 14 | 56; 56 | 197 (1); 187 (2) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5512-2 | 59; 59 | 14; 15 | 55; 58 | 207 (3) | удовл. | 0,20 | 9-8 |
| | 5512-3 | 60; 59 | 14; 13 | 56; 55 | 197 (1); 187 (2) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5512-4 | 58; 58 | 16; 16 | 56; 56 | 187 (3) | удовл. | 0,18 | 9 |
| | 5512-5 | 59; 60 | 14; 14 | 55; 55 | 197 (1); 187 (2) | удовл. | 0,20 | 9 |
| | 5512-6 | 61; 62 | 14; 14 | 55; 56 | 187 (3) | удовл. | 0,20 | 9-8 |
| | 5512-7 | □ □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| 5513 | 5513-1 | 57; 58 | 16; 16 | 58; 56 | 197 (1); 187 (2) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5513-2 | 58; 58 | 14; 17 | 55; 56 | 187 (3) | удовл. | 0,15 | 9-8 |
| | 5513-3 | 59; 59 | 16; 16 | 58; 58 | 207 (1); 197 (2) | удовл. | 0,18 | 9-8 |
| | 5513-4 | 57; 58 | 16; 16 | 59; 59 | 187 (3) | удовл. | 0,25 | 9-8 |
| | 5513-5 | 57; 57 | 16; 16 | 58; 58 | 187 (3) | удовл. | 0,18 | 9-8 |

Сфероидизирующий отжиг калиброванного проката ϕ 10,8 мм осуществлялся в печи «Эбнер» по режиму для проката стали марки 20 по ГОСТ 10702. Отожженный прокат был испытан на соответствие ТУ 1141-055-00187240-2008 и требованиям потребителя. Результаты испытаний представлены в табл. 2 и 3.

Отожженный калиброванный прокат из стали марки 18ЮА плавки 892356 ϕ 10,8 был подвергнут смазке и упаковке в полипропиленовую ткань.

Таблица 2

Результаты металлографических исследований отожженного калиброванного проката

| Номер мотка | Величина зерна феррита, номер | | Величина зерна перлита, балл | | Глубина обезуглероженного слоя, мм |
|-------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| | Требования ТУ 1141-055-00187240-2008 | Фактическое значение | Требования ТУ 1141-055-00187240-2008 | Фактическое значение | |
| 5511-6 | 7-9 номер по ГОСТ 5639 | 9-8 | Ряд «а» - до балла | 2а | 0,10 |
| 5511-5 | | 9-8 | 3а включительно; | 1а | 0,08 |
| 5511-4 | | 9-8 | Ряд «б» - до балла | 1а | 0,07 |
| 5513-4 | | 9-8 | 3б включительно | 2а | 0,20 |
| 5513-5 | | 9-8 | | 1а | 0,17 |
| 5511-2 | | 9-8 | | 2а | 0,05 |
| 5511-3 | | 9-8 | | 1а | 0,12 |
| 5511-1 | | 9-8 | | 2а | 0,10 |
| 5512-1 | | 9-8 | | 2а | 0,19 |
| 5512-2 | | 9-8 | | 2а | 0,07 |
| 5513-3 | | 9-8 | | 2а | 0,12 |
| 5512-3 | | 9-8 | | 1а | 0,10 |
| 5513-1 | | 9-8 | | 2а | 0,10 |
| 5513-2 | | 9-8 | | 1а | 0,08 |
| 5512-5 | | 9-8 | | 1а | 0,11 |
| 5512-4 | | 9-8 | | 1а | 0,11 |
| 5512-6 | | 9-8 | | 1а | 0,19 |
| 5512-7 | | 7 | | 1а | 0,20 |

Приемка изготовленного калиброванного проката из стали марки 18ЮА плавки 892356 \varnothing 10,8 мм производилась на соответствие требованиям ТУ 1141-055-00187240-2008 и требованиям потребителя ОАО «Тульский патронный завод» по данным контроля геометрических размеров, качества поверхности, по данным результатов испытаний на механические свойства, твердость, холодную осадку, величину зерна феррита и зерна перлита в микроструктуре стали, по данным контроля упаковки мотков в мягкую упаковочную ткань. Упакованный, принятый ОТК отожженный калиброванный прокат из стали марки 18ЮА плавки 892356 \varnothing 10,8 мм был отправлен на переработку потребителю. По результатам переработки получен положительный отзыв.

Таблица 3

Результаты испытаний отожденного калиброванного проката
на механические свойства, твердость, холодную осадку

| Номер мотка | Механические свойства | | | | Твердость, НВ | | Холодная осадка | |
|----------------|--|----------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--|----------------------|
| | Временное сопротивление разрыву σ_B , Н/мм ² | | Относительное сужение Ψ , % | | Требования ТУ 1141-055-00187240-2008 | Фактические значения | Требования потребителя | Результаты испытаний |
| | Требования потребителя | Фактические значения | Требования потребителя | Фактические значения | | | | |
| 5511-6 | ≤370 | 373 | ≥50 | 76,0 | ≤163 (факульт.) | 111 | Группа осадки 66 ГОСТ 10702 (факульт.) | удовл. |
| 5511-5 | (факульт.) | 376 | (факульт.) | 76,0 | | 111 | | «» |
| 5511-4 | | 376 | | 75,5 | | 111 | | «» |
| 5513-4 | | 372 | | 74,5 | | 111 | | «» |
| 5513-5 | | 375 | | 74,5 | | 119 | | «» |
| 5511-2 | | 366 | | 78,0 | | 116 | | «» |
| 5511-3 | | 370 | | 75,5 | | 111 | | «» |
| 5511-1 | | 366 | | 78,0 | | 116 | | «» |
| 5512-1 | | 375 | | 79,0 | | 116 | | «» |
| 5512-2 | | 377 | | 77,5 | | 137 | | «» |
| 5512-3 | | 376 | | 77,0 | | 111 | | «» |
| 5513-3 | | 370 | | 78,0 | | 111 | | «» |
| 5512-3 | | 366 | | 76,5 | | 107 | | «» |
| 5513-1 | | 370 | | 76,5 | | 111 | | «» |
| 5513-2 | | 373 | | 75,5 | | 116 | | «» |
| 5512-5 | | 371 | | 76,0 | | 121 | | «» |
| 5512-4 | | 366 | | 77,0 | | 111 | | «» |
| 5512-6 | | 377 | | 77,0 | 116 | «» | | |
| 5512-7 | | | | | | | «» | |

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

| | | | |
|------------------|----------|------------------|----------|
| Авдиенко А.В. | 148 | Давлеткужин А.Р. | 267, 303 |
| Айбашев Д.М. | 78, 80 | Данилова Ю.В. | 293 |
| Акманова З.С. | 140 | Денисов С.В. | 209 |
| Аксенова М.В. | 312 | Долбилов К. А. | 148 |
| Анисимов А.Л. | 3 | Долгий Д.К. | 261 |
| Артамонова М.О. | 209 | Долговых Ю.В. | 18 |
| Байназарова Г.Р. | 51 | Доможиров Д.В. | 57, 67 |
| Барышников М.П. | 306 | Дружков В.Г. | 119 |
| Барышникова Н.И. | 317 | Дубровский В.В. | 9 |
| Батурина А.А. | 106 | Дьячкова А.А. | 340 |
| Белан А.Р. | 18 | Дюльдина Э.В. | 182 |
| Бербер С.С. | 202 | Емалеева Д.Г. | 264 |
| Берёзова С.В. | 117 | Емельяненко Е.А. | 42 |
| Бигеев В.А. | 130 | Емелюшин А.Н. | 242 |
| Бодьян Л.А. | 206 | Ершова О.В. | 195 |
| Борисова Ю.А. | 106 | Ефимкина А.В. | 239 |
| Бородин Е.Н. | 280 | Ефимова Ю.Ю. | 199 |
| Босякова Н.А. | 103 | Жижкина О.И. | 277 |
| Буданов Б.А. | 143 | Захаркина Е.И. | 140 |
| Быков А.А. | 172 | Зубков А.А. | 100 |
| Вагин В.С. | 55 | Ибрагимова Л.А. | 31 |
| Вайскрובה Е.С. | 318 | Иванова И.В. | 117 |
| Валуев А.Г. | 103 | Иванцов А.Б. | 267, 303 |
| Васильев К.П. | 21 | Извеков Ю.А. | 6 |
| Вахрушева И.А. | 136 | Исебаев Е.Х. | 148 |
| Вдовин К.Н. | 189, 192 | Исупов Ю.Д. | 331 |
| Ветренко А.Г. | 327 | Ишимова И.В. | 235 |
| Гаврилкович В.И. | 252 | Казаков А.С. | 122 |
| Гавришев С.Е. | 28 | Калмыков В.Н. | 100 |
| Галямов В.Ш. | 45 | Калугина О.Б. | 231 |
| Генкель А.В. | 67 | Караулов Н.Г. | 18 |
| Гиревая Х.Я. | 324 | Картунова С.О. | 28 |
| Гоготин А.А. | 100 | Карфидов Ю.Н. | 331 |
| Головизнин С.М. | 306 | Касаткина Е.Г. | 246 |
| Голубчик Э.М. | 287 | Кинзин Д.И. | 231 |
| Горбунов А.В. | 327 | Клочковский С.П. | 169 |
| Горячих В.Д. | 78, 80 | Кобелькова В.Н. | 38 |
| Гришин И.А. | 45 | Колесатова О.С. | 28 |
| Губин М.В. | 64 | | |
| Гулин А.Е. | 264 | | |
| Гусев А.М. | 176 | | |

| | | | |
|-------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
| Колесатова О.С. | 31 | Малинин С.П. | 186 |
| Колесник А.С. | 239 | Мальцева Е.В. | 34 |
| Колесников Ю.А. | 143 | Махмутов Р.Ф. | 125 |
| Колокольцев В.М. | 117 | Мезин И.Ю. | 312 |
| Кольга А.Д. | 71, 78, 80 | Мельников И.И. | 21 |
| Коляда Л.Г. | 195, 199, 202 | Мельников И.Т. | 21 |
| Коновалова А.А. | 178 | Метелкин А.А. | 186 |
| Константинов Д.В. | 290 | Миляев А.Ф. | 148 |
| Копылова О.А. | 87 | Митасов В.С. | 227 |
| Корнеев С.А. | 64 | Мошкунов В.В. | 122 |
| Корнеева В.С. | 64 | Мултанова Т.В. | 255 |
| Корнилов С.Н. | 12, 21, 96 | Муравьев Д.С. | 15 |
| Коротин А.В. | 182 | Мурикова Т.М. | 152 |
| Корчагина Э.А. | 106 | Мухин В.П. | 71 |
| Корчунов А.Г. | 258, 261, 296 | | |
| Косарев А.В. | 18 | Насонов В.В. | 227 |
| Костина З.И. | 147 | Насонов М.Н. | 189, 192 |
| Кошечев В.А. | 223 | Насыров Т.М. | 119 |
| Кошечев П.В. | 117 | Некорова Т.В. | 156 |
| Крапивко Ю.С. | 195 | Некрасов И.В. | 186 |
| Кремлева Н.И. | 199 | Несват К.К. | 91 |
| Кремнева А.В. | 206 | Нефедов А.В. | 113 |
| Крылова С.А. | 147 | Нефедова Е.В. | 113 |
| Кузнецов А.В. | 327 | Николаев А.О. | 130 |
| Куликова Т.М. | 324 | Носков С.Е.277, 336, 340, 342, 345 | |
| Курочкин А.И. | 55 | | |
| Кутлубаев И.М. | 21 | Окулова А.А. | 242 |
| | | Омельченко Б.Я. | 223 |
| Ладыгина Э.Р. | 306 | Осинцев Н.А. | 91, 93 |
| Лаптева Т.А. | 308 | Осипов Д.С. | 255 |
| Латыпов Р.Т. | 246 | | |
| Левандовский С.А. | 235, 239 | Перехожих А.А. | 213 |
| Левчук В.В. | 186 | Песин А.М. | 213, 216 |
| Ленькина М.С. | 110 | Петров С.В. | 159 |
| Лешер О.В. | 159, 178 | Петрова О.В. | 25, 51 |
| Лимарев А.С. | 249 | Покрамович Л.Е. | 315 |
| Лисичкин Д.В. | 148 | Полунин А.В. | 327 |
| Литвиненко Н.В. | 28 | Полякова М.А. | 264, 293, 296 |
| Литвинова Н.В. | 340 | Полянская А.С. | 34 |
| Лысенин А.В. | 258 | Поморцев С.А. | 103, 106 |
| | | Понурко И.В. | 147 |
| Мажитов А.М. | 64 | Попов А.О. | 327 |
| Майорова Т.В. | 128 | Пудов Е.А. | 336, 342, 345 |
| Макарова И.В. | 119 | Пузык М.В. | 110 |

| | | | |
|------------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Пупейко А.А. | 242 | Угольников Н.В. | 67 |
| Пустовойтов Д.О. | 213, 216 | Усанов М.Ю. | 271, 283 |
| Пыталев И.А. | 21 | | |
| Рахмангулов А.Н. | 15, 87 | Фадеев М.В. | 38 |
| Романько Е.А. | 42 | Фадеева Н.В. | 83 |
| Ростовщиков В.Ю. | 249 | Филатов А.М. | 55 |
| Рубин Г.Ш. | 252 | Филиппов А.В. | 165 |
| Румянцев М.И. | 227, 280, 327 | Харитонов В.А. | 267, 274, 283, 299 |
| Рыбакова Т.С. | 162 | Харченко А.С. | 125 |
| Рязанова А.А. | 296 | Хахалкина В.Е. | 83 |
| Ряплова А.А. | 103 | Хомченко А.Н. | 93 |
| Ряхова Л.П. | 345 | Хохлов А.В. | 287 |
| Савченко Е.В. | 42 | Черевичная М.В. | 277 |
| Самохвалова В.М. | 277 | Чернов В.П. | 172 |
| Салганик В.М. | 209, 216 | Чернов Д.В. | 48 |
| Саутин А.В. | 322 | Чернякова Д.А. | 152 |
| Сафиуллина Э.И. | 83 | Черчинцев В.Д. | 167, 176 |
| Сафонова Е.С. | 299 | Чикишев Д.Н. | 216, 219 |
| Селиванов В.А. | 336 | | |
| Сергеев Д.С. | 143 | Шабалин Е.И. | 169 |
| Серова А.А. | 167 | Шабалина Ю.В. | 169 |
| Сибгатуллин С.К. | 125, 128 | Шавакулева О.П. | 48 |
| Симаков Д.Б. | 57 | Шаповалов А.Н. | 110 |
| Симонов П.С. | 60 | Шарипов Р.Х. | 74 |
| Смирнов А.Н. | 169 | Шевцов Н.С. | 21 |
| Соколов К.Е. | 333 | Шекшеев М.А. | 242 |
| Соколова Ю.С. | 340 | Шешуков О.Ю. | 186 |
| Степанова Э.В. | 103 | Шиморенко И.В. | 342 |
| Столяров А.М. | 122 | Шошина Г.С. | 246 |
| Столяров А.Ю. | 274 | Шубин И.Г. | 227, 280, 327 |
| Сысоев А.М. | 148 | Шубина Н.И. | 324 |
| | | Шурыгин В.И. | 327 |
| Тарасов О.В. | 12 | Шутов К.В. | 189, 192 |
| Тарасюк Е.В. | 199 | | |
| Тариков Д.Ш. | 96 | Яковлева Т.В. | 38 |
| Теплых Е.О. | 125 | Ямтеева Э.Р. | 271, 301 |
| Тулубаева М.Ф. | 31 | Янбердина А.Б. | 42 |
| Туркин И.С. | 74 | Янтурина Ю.Д. | 25, 51 |

СОДЕРЖАНИЕ

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ТРАНСПОРТА

| | |
|--|----|
| А.Л. Анисимов Автоматность полугруппы кос | 3 |
| Ю.А. Извеков Моделирование прогнозирования риска несущих конструкций кранов металлургического производства | 6 |
| В.В. Дубровский Обратная спектральная задача для возмущенного оператора Лапласа, порожденного краевой задачей Неймана | 9 |
| О.В. Тарасов, С.Н. Корнилов Нейросетевое моделирование режимов работы светофорных объектов с целью организации движения транспортных потоков по принципу «зеленой волны» .. | 12 |
| Д.С. Муравьёв, А.Н. Рахмангулов Выбор и расчет основных параметров «сухого» порта | 15 |
| Н.Г. Караулов, Ю.В. Долговых, А.В. Косарев, А.Р. Белан Исследование способов удаления скальной вскрыши при разработке месторождений мрамора | 18 |
| И.Т. Мельников, И.А. Пыгалев, С.Н. Корнилов, И.М. Кутлубаев, К.П. Васильев, И.И. Мельников, Н.С. Шевцов Снижение энергоёмкости гидротранспорта хвостов обогатительного производства горно-обогатительных комбинатов | 21 |
| О.В. Петрова, Ю.Д. Янгурина Обоснование проектных решений по снижению накопленного экологического ущерба при разработке Учалинского месторождения | 25 |
| С.Е. Гавришев, О.С. Колесатова, Н.В. Литвиненко, С.О. Картунова Обоснование параметров устойчивого профиля восточного отвала месторождения «Малый Куйбас» | 28 |
| О.С. Колесатова, Л.А. Ибрагимова, М.Ф. Тулубаева Обоснование положения поверхности скольжения по результатам маркшейдерского мониторинга на месторождении Камаган | 31 |
| Е.В. Мальцева, А.С. Полянскова Формирование пятеричного сектора | 34 |

| | |
|---|----|
| Т.В. Яковлева, В.Н. Кобелькова, М.В. Фадеев Создание программного приложения для камеральной обработки маркшейдерских съёмок в табличном процессоре «Microsoft Excel» | 38 |
| Е.А. Емельяненко, Е.А. Романько, Е.В. Савченко, А.Б. Янбердина Маркшейдерский мониторинг деформаций бортов карьера Сибайского месторождения | 42 |
| И.А. Гришин, В.Ш. Галямов Поиск решений для переработки отсевов обогащения хромитовых руд | 45 |
| О.П. Шавакулева, Д.В. Чернов Изучение физико-механических свойств титаномагнетитовых руд..... | 48 |
| О.В. Петрова, Г.Р. Байназарова, Ю.Д. Янтурина Обоснование проектных решений по разработке месторождений Озерное и Западно-Озерное с учетом предотвращенного экологического ущерба..... | 51 |
| В.С. Вагин, А.М. Филатов, А.И. Курочкин Гидромеханическое устройство управления безредукторным гидроприводом проходческого подъема..... | 55 |
| Д.В. Доможиров, Д.Б. Симаков Оценка эффективности проектов аутсорсинга процесса подготовки горных пород к выемке при использовании эмульсионных ВВ на карьерах..... | 57 |
| П.С. Симонов Выбор взрывчатого вещества для получения наноалмазов детонационного синтеза | 60 |
| С.А. Корнеев, А.М. Мажитов, В.С. Корнеева, М.В. Губин Проектные решения по доработке рудного тела №12 Камаганского месторождения подземным способом | 64 |
| Н.В. Угольников, Д.В. Доможиров, А.В. Генкель Анализ техники и технологии производства буровзрывных работ при применении эмульсионных ВВ на карьерах Южно-Уральского региона..... | 67 |
| А.Д. Кольга, В.П. Мухин Возможности использования центробежных турбомашин со встречным вращением и с коаксиальным расположением рабочих колес | 71 |
| Р.Х. Шарипов, И.С. Туркин Моделирование напряженно-деформированного состояния буровой коронки MITSUBISHI..... | 74 |
| А.Д. Кольга, В.Д. Горячих, Д.М. Айбашев Анализ неисправностей деталей и узлов, приводящих к отказам горного оборудования, на примере щековой дробилки..... | 78 |

А.Д. Кольга, Д.М. Айбашев, В.Д. Горячих
Влияние размеров и формы рифлений дробящих плит
на процесс дробления щековых дробилок 80

Н.В. Фадеева, Э.И. Сафиуллина, В.Е. Хахалкина
Исследование действия собирателей при флотации медно-цинковых руд 83

О.А. Копылова, А.Н. Рахмангулов
Энергоэффективность транспортно-логистической инфраструктуры 87

К.К. Несват, Н.А. Осинцев
Совершенствование транспортно-технологической схемы
литейного цеха ЗАО «Механоремонтный комплекс»..... 91

А.Н. Хомченко, Н.А. Осинцев
Обоснование выделения отдельных полос для движения
городского пассажирского транспорта 93

Д.Ш. Тариков, С.Н. Корнилов
Анализ производственной деятельности горнодобывающего предприятия
и разработка методики оптимизации транспортно- грузового комплекса..... 96

В.Н. Калмыков, А.А. Зубков, А.А. Гоготин
Обоснование возможности применения сгущённых отходов
обогажительного передела для закладки Учалинского карьера 100

ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**А.А. Ряплова, А.Г. Валув, Н.А. Босякова,
Э.В. Степанова, С.А. Поморцев**
Разработка оптимальных составов бетонных смесей
собственного производства..... 103

**А.А. Батурина, Ю.А. Борисова,
Э.А. Корчагина, С.А. Поморцев**
Производство периклазоуглеродистых изделий с добавкой
алюминия для футеровки сталеразливочных ковшей ЭСПЦ..... 106

М.В. Пузик, М.С. Ленькина, А.Н. Шаповалов
Эффективность применения магнийсодержащих материалов
для производства агломерата в условиях ОАО «Уральская Сталь»..... 110

А.В. Нефедов, Е.В. Нефедова
Экологические аспекты водопользования металлургического
производства на примере ОАО «Уральская сталь» 113

| | |
|--|-----|
| В.М. Колокольцев, И.В. Иванова, С.В. Берёзова, П.В. Кощев Влияние высокотемпературной обработки расплава (ВТОР) на структуру и свойства стали 4Х5В2ФСЛ | 117 |
| И.В. Макарова, В.Г. Дружков, Т.М. Насыров Особенности использования в доменной печи гибридного агломерата и брикетов | 119 |
| В.В. Мошкун, А.М. Столяров, А.С. Казаков Совершенствование технологии мягкого обжата слябовой непрерывнолитой заготовки | 122 |
| С.К. Сибгатуллин, Е.О. Теплых, А.С. Харченко, Р.Ф. Махмутов Влияние последовательности расположения агломерата по крупности в бункере БЗУ на однородность его поступления в колошниковое пространство печи | 125 |
| С.К. Сибгатуллин, Т.В. Майорова Использование энергии в форме работы при проведении доменного процесса | 128 |
| В.А. Бигеев, А.О. Николаев Особенности производства особонизкоуглеродистых автокузовных сталей на установке циркуляционного вакуумирования в ККЦ ОАО «ММК»..... | 130 |
| И.А. Вахрушева Подходы к построению модели процесса развития математической направленности студентов технического вуза | 136 |
| З.С. Акманова, Е.И. Захаркина Актуальность исследования проблемы профессиональной мобильности с помощью дисциплин математического цикла | 140 |
| Ю.А. Колесников, Б.А. Буданов, Д.С. Сергеев Описание и расчет параметров реакционных зон в конвертере с верхней подачей дутья | 143 |
| З.И. Костина, С.А. Крылова, И.В. Понурко О состоянии внедрения проекта ООО «КомПас-МГТУ» | 147 |
| А.Ф. Миляев, Д.В. Лисичкин, К.А. Долбилов, А.В. Авдиенко, А.М. Сысоев, Е.Х. Исебаев Модифицирование низкоуглеродистых литейных сталей комплексными кальций-барий-редкоземельными модификаторами | 148 |
| Т.М. Мурикова, Д.А. Чернякова Защита от огня производственных коммуникаций | 152 |

| | |
|--|-----|
| Т.В. Некерова Использование отработанных карьеров для размещения промышленных отходов..... | 156 |
| О.В. Лешер, С.В. Петров Педагогический конфликт как фактор развития эмпатического потенциала у студентов вуза..... | 159 |
| Т.С. Рыбакова Интеграция общего и дополнительного образования в работе с одаренными детьми..... | 162 |
| А.В. Филиппов Снижение дефекта «продольная трещина» на непрерывнолитых слябах ... | 165 |
| А.А. Серова, В.Д., Черчинцев Влияние промышленных выбросов на габитус ели канадской..... | 167 |
| С.П. Ключковский, А.Н. Смирнов, Е.И. Шабалин, Ю.В. Шабалина Применение «мягкого обжига» при подготовке к обогащению бакальских сидеритов..... | 169 |
| В.П. Чернов, А.А. Быков Оптимизация расхода порошковой проволоки при производстве листопрокатных валков с сердцевинной из чугуна с шаровидным графитом .. | 172 |
| В.Д. Черчинцев, А.М. Гусев Совершенствование системы аспирации подбункерных помещений доменного цеха ОАО «ММК» | 176 |
| О.В. Лешер, А.А. Коновалова Культура личной безопасности как фактор формирования личности безопасного типа | 178 |
| А.В. Коротин, Э.В. Дюльдина Термодинамика восстановительных процессов в расплавах шлакообразующих смесей при непрерывной разливке стали..... | 182 |
| О.Ю. Шешуков, В.В. Левчук, С.П. Малинин, А.А. Метелкин, И.В. Некрасов Рациональное наведение шлака для повышения стойкости футеровки сталеразливочных ковшей в условиях конвертерного цеха ЕВРАЗ НТМК.... | 186 |
| М.Н. Насонов, К.В. Шутов, К.Н. Вдовин Литниковые системы для литья по газифицируемым моделям..... | 189 |
| К.В. Шутов, М.Н. Насонов, К.Н. Вдовин Изготовление модели доменной фурм | 192 |

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И КАЧЕСТВА

| | |
|---|-----|
| О.В. Ершова, Л.Г. Коляда, Ю.С. Крапивко Исследование свойств композиционного материала на основе техногенных полимерных и минеральных отходов..... | 195 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| Л.Г. Коляда, Е.В. Тарасюк, Ю.Ю. Ефимова, Н.И. Кремлева Получение наночастиц серебра из растворов | 199 |
| Л.Г. Коляда, С.С. Бербер Изучение влияния влажности на прочностные свойства картонных втулок | 202 |
| Л.А. Бодьян, А.В. Кремнева Цветовые измерения как один из этапов обеспечения качественной печати на упаковочных материалах и упаковке | 206 |
| В.М. Салганик, С.В. Денисов, М.О. Аргамонова Дефекты толстолистового проката и их предупреждение и устранение | 209 |
| А.М. Песин, А.А. Перехожих, Д.О. Пустовойтов Моделирование подгиба переднего конца раската при толстолистовой прокатке | 213 |
| В.М. Салганик, А.М. Песин, Д.О. Пустовойтов, Д.Н. Чикишев Модернизация процесса толстолистовой прокатки и разработка эффективных режимов получения экономнолегированных трубных сталей | 216 |
| Д.Н. Чикишев Развитие теории процессов толстолистовой прокатки для создания комплексной методологии разработки и совершенствования технологических систем производства высококачественного листового проката | 219 |
| В.А. Кощев, Б.Я. Омельченко Система автоматизированного проектирования поперечного профиля полосы при холодной прокатке | 223 |
| М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, В.С. Митасов, В.В. Насонов К вопросу о критериальной оценке стабильности процесса высокоскоростной холодной прокатки | 227 |
| Д.И. Кинзин, О.Б. Калугина Анализ численного решения задачи оптимизации формы вытяжных калибров | 231 |
| И.В. Ишимова, С.А. Левандовский Совершенствование технологии и оценки производства арматурного проката на основе комплексного показателя | 235 |
| А.В. Ефимкина, А.С. Колесник, С.А. Левандовский Улучшение работы сортопрокатного стана на основе совершенствования жизненного цикла прокатных валков | 239 |
| А.Н. Емелюшин, М.А. Шекшеев, А.А. Пупейко, А.А. Окулова Исследование формирования структуры многослойных сварных соединений трубной стали | 242 |
| Р.Т. Латыпов, Г.С. Шошина, Е.Г. Касаткина Анализ системы менеджмента качества | 246 |
| В.Ю. Ростовщиков, А.С. Лимарев Информационные технологии в автомобильной промышленности | 249 |

| | |
|--|-----|
| В.И. Гаврилкович, Г.Ш. Рубин Программная визуализация клеточно-автоматных моделей | 252 |
| Д.С. Осипов, Т.В. Мултанова Анализ марок сталей при производстве холоднокатаного листа с целью снижения массы автомобиля | 255 |
| А.Г. Корчунов, А.В. Лысенин Оценка вариативности технологии метизного производства на основе энтропии | 258 |
| А.Г. Корчунов, Д.К. Долгий Виртуальное моделирование процесса отпуска под натяжением арматуры ответственного назначения | 261 |
| Д.Г. Емалеева, А.Е. Гулин, М.А. Полякова Определение технологических параметров процесса деформационного наноструктурирования с использованием планирования эксперимента | 264 |
| В.А. Харитонов, А.Б. Иванцов, А.Р. Давлеткужин Применение механотермической обработки в производстве проволоки: история развития, современное состояние и направления совершенствования | 267 |
| Э.Р. Ямтеева, М.Ю. Усанов Возможности применения программного комплекса DEFORM 3D для расчета параметров преформации проволоки и пряди | 271 |
| А.Ю. Столяров, В.А. Харитонов Закономерности формирования структуры поверхностного слоя проволоки при волочении в монолитной волоке | 274 |
| С.Е. Носков, В.М. Самохвалова, М.В. Черевичная, О.И. Жижкина Внедрение в производство состава подсмазочного ИПС-2 с целью улучшения качества подготовки поверхности катанки и проволоки-заготовки перед волочением | 277 |
| Е.Н. Бородина, И.Г. Шубин, М.И. Румянцев К оценке влияния показателей качества и количества брака на комплексную оценку результативности производства канатов | 280 |
| В.А. Харитонов, М.Ю. Усанов Моделирование структурообразования при холодной радиально-сдвиговой деформации | 283 |
| А.В. Хохлов, Э.М. Голубчик Моделирование процесса валковой формовки холодногнутого швеллера из марок стали повышенной прочности | 287 |

| | |
|---|-----|
| Д.В. Константинов Проектирование и разработка технологии производства болтов типа «Торшер» с целью расширения сортамента ОАО «ММК-Метиз» | 290 |
| М.А. Полякова, Ю.В. Данилова Систематизация нормативной базы металлоизделий (на примере стандартов на обсадные трубы)..... | 293 |
| А.Г. Корчунов, М.А. Полякова, А.А. Рязанова Особенности применения теории массового обслуживания для описания технологических процессов производства металлоизделий | 296 |
| В.А. Харитонов, Е.С. Сафонова Теоретический и экспериментальный анализ напряженного состояния стального каната | 299 |
| Э.Р. Ямтеева Методы определения параметров преформации при свивке канатов и прядей..... | 301 |
| А.Б. Иванцов, А.Р. Давлеткужин Применение механотермической обработки для повышения качества высокопрочной арматурной проволоки | 303 |
| Э.Р. Ладыгина, М.П. Барышников, С.М. Головизнин Стимулирование персонала как повышение эффективности труда | 306 |
| Т.А. Лаптева Математическое моделирование процесса обжатия пряди в роликовой волоке | 308 |
| М.В. Аксенова, И.Ю. Мезин Влияние химического состава и способа разливки на качество сортовой заготовки МНЛЗ ЭСПЦ ОАО «ММК» | 312 |
| Л.Е. Покрамович Аккредитация в Российской Федерации на современном этапе..... | 315 |
| Н.И. Барышникова Значение лекарственных растений в производстве продуктов питания | 317 |
| Е.С. Вайскрובה Идентификация процессов жизненного цикла сырокопченых колбас..... | 318 |
| А.В. Саутин Производство двутавровых колонных профилей как расширение сортамента ЦПШБ ОАО «Евраз НТМК»..... | 322 |

| | |
|---|-----|
| Х.Я. Гиревая, Т.М. Куликова, Н.И. Шубина Исследование возможности получения древесно-полимерного композита из полимерных отходов | 324 |
| М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, А.О. Попов, А.В. Горбунов, А.Г. Ветренко, В.И. Шурыгин, А.В. Кузнецов, А.В. Полуниин Опыт создания и применения программы автоматизированного проектирования режимов горячей прокатки широкополосной стали на станах различных типов | 327 |
| Ю.Д. Исупов, Ю.Н. Карфидов Технологические процессы производства стали и проката с использованием лазерной техники. Обзор патентов..... | 331 |
| К.Е. Соколов Увеличение производительности термоотделения рельсобалочного цеха ОАО «ЕВРАЗ НТМК» | 333 |
| С.Е. Носков, Е.А. Пудов, В.А. Селиванов К вопросу о влиянии дефектов поверхности горячекатаного проката на качество поверхности холоднокатаной полосы | 336 |
| С.Е. Носков, Н.В. Литвинова, А.А. Дьячкова, Ю.С. Соколова Гибкость в управлении качеством стержневой арматуры диаметром 9,6 мм в зависимости от марки стали и технологических параметров ее производства..... | 340 |
| С.Е. Носков, Е.А. Пудов, И.В. Шиморенко Отработка технологии термической обработки клемм пружинных прутковых ОП-105 по ОСТ 32.156-2000 на конвейерном закалочном-отпусковом агрегате СКЗА № 1 с электропечами К-170 И К-135 | 342 |
| С.Е. Носков, Е.А. Пудов, Л.П. Ряхова Освоение производства калиброванного проката из стали марки 18ЮА для холодной штамповки | 345 |
| Именной указатель..... | 349 |

