

Министерство образования и науки Российской Федерации
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова

ЛИТЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Межрегиональный сборник научных трудов

Под редакцией В.М. Колокольцева

Выпуск 13

Магнитогорск
2014

Редакционная коллегия:

- В.М. Колокольцев** – *гл. научный редактор*, проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
Л.Б. Долгополова – *научный редактор*, доц., канд. техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
К.Н. Вдовин – проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
А.Н. Емелюшин – проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
Б.А. Кулаков – проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ»);
Р.К. Мысик – проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «УГТУ-УПИ»);
Е.В. Петроченко – д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
А.Б. Сычков – д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
С.В. Цыбров – д-р техн. наук (ЗАО «МЗПВ»);
В.П. Чернов – проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «МГТУ»);
Хосен Ри – проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»)

Литейные процессы: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М.Колокольцева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – Вып. 13. – 299 с.
ISBN 978-5-9967-0608-2

В сборнике представлены результаты теоретических, экспериментальных и промышленных научно-исследовательских работ специалистов в области литейного производства.

ISBN 978-5-9967-0608-2

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2014

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ГЛАВНОГО НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

Вниманию научной общественности представлен тринадцатый выпуск межрегионального сборника научных трудов «Литейные процессы».

В сборнике отражены результаты научных работ ведущих ученых Урала, Сибири, Казахстана и Белоруссии.

Авторами рассмотрены вопросы плавки и обработки литейных сплавов, технологии литейной формы, экологии и экономики литейного производства.

*Ректор МГТУ им. Г.И. Носова
Колокольцев В.М.*

Раздел 1

ПРОЦЕССЫ ПЛАВКИ И ОБРАБОТКИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

УДК 621.74

К.Н. Вдовин, Е.В. Сеницкий, С.Ю. Волков

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫСОКОХРОМИСТЫМ ЧУГУНАМ ДЛЯ ОТЛИВОК ДЕТАЛЕЙ ПУЛЬПОВЫХ НАСОСОВ

Современные белые износостойкие чугуны представляют собой многокомпонентные системы с целым набором структурных составляющих. При этом, если износостойкость отливок из сталей перлитного или мартенситно-аустенитного класса определяется структурой и уровнем твердости металлической матрицы, то износостойкость отливок из белого чугуна, в первую очередь, связана с наличием, количеством, типом и распределением избыточных карбидных фаз и строением эвтектик.

Высокое сопротивление абразивному изнашиванию белых чугунов может быть достигнуто за счет формирования структуры со специальными дисперсными карбидами, изолированно и равномерно распределенными в металлической матрице, которая их прочно удерживает.

Поэтому для существенного и одновременного повышения износостойкости и других металлических свойств белого чугуна структура его должна быть подвергнута инверсии, то есть перестроена на обратное обычному белому чугуну взаимное расположение матричной и карбидной фаз. Эта задача вполне решается с помощью легирования, модифицирования, ускоренного охлаждения отливок в форме, термической обработки.

В лабораторных условиях провели исследования структуры и свойств 99 составов белых сложнелегированных чугунов с целью разработки новых составов со структурой и свойствами, соответствующими вышеприведенным требованиям.

Содержание элементов изменяли в следующих пределах, мас. %: 2,17–3,93 С; 0,23–1,68 Si; 0,11–2,93 Mn; 10,8–32,1 Cr; 0,0–

1,82 Ni; 0,0– 2,64 Mo; 0,0–9 V; 0,0–0,89 Ti; 0,0–1,2 Cu; 0,0–0,25 B; 0,0–0,01 Ca; 0,0–0,025 Sb.

Методом множественного регрессионного анализа получили адекватные зависимости износостойкости, твердости и прочности чугунов от их химического состава.

$$K_{И} = 6,11 + 0,23[C] - 2,32[Si] - 0,87[Mn] + 0,1[Cr] - 0,2[Ni] + 0,45[Mo] + 0,58[V] + 1,84[Ti] + 0,44[Cu] + 2,79[B] - 19,3[Sb] - 2,17[Ca], \text{ед.}$$

$$(F_{\text{расч}} = 25,25, F_{\text{табл}} = 1,3); \quad (1)$$

$$\text{HRC} = 42,2 + 3,27[C] - 9,22[Si] - 0,33[Mn] + 0,33[Cr] + 2,8[Ni] + 1,29[Mo] + 1,3[V] + 1,0[Ti] - 1,8[Cu] + 22,1[B] + 23,5[Sb] + 14,6[Ca], \text{ед.}$$

$$(F_{\text{расч}} = 18,1, F_{\text{табл}} = 1,3); \quad (2)$$

$$\sigma_B = 655 - 30[C] - 220[Si] - 82[Mn] + 6,9[Cr] - 58,8[Ni] + 26[Mo] + 18,9[V] + 119[Ti] + 41,7[Cu] - 231,5[B] + 823[Sb] + 693[Ca], \text{МПа}$$

$$(F_{\text{расч}} = 20,47, F_{\text{табл}} = 1,3). \quad (3)$$

Используя эти математические зависимости и нейросетевую программу «Модель», определили численные значения коэффициентов и ряды влияния легирующих элементов на свойства чугунов (см. таблицу).

Коэффициенты влияния легирующих элементов на износостойкость и механические свойства хромистых чугунов

Свойства	Легирующие элементы											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cu	B	Sb	Ca
Твердость	0,103	0,11	0,044	0,087	0,107	0,14	0,095	0,11	0,06	0,02	0,076	0,048
Прочность	0,172	0,203	0,047	0,072	0,068	0,104	0,102	0,128	0,033	0,014	0,042	0,015
Износостойкость	0,099	0,126	0,06	0,093	0,046	0,130	0,065	0,116	0,052	0,02	0,136	0,054

По силе влияния на твердость, предел прочности и износостойкость легирующие элементы можно расположить в следующие ряды в порядке уменьшения:

Твердость: Mo→Si→Ti→Ni→C→V→Cr→Sb→Cu→Ca→Mn→B.

Предел прочности: Si→C→Ti→Mo→V→Cr→Ni→Mn→Sb→Cu→Ca→B.

Износостойкость: Sb→Mo→Si→Ti→C→Cr→V→Mn→Ca→Cu→Ni→B.

Как видно из значений коэффициентов уравнений (1)–(3) и рядов влияния элементов на свойства, наиболее сильно и положительно на механические свойства и износостойкость влияют карбидообразующие элементы (C, Cr, Ti, Mo и V). То есть карбидообразующие элементы и карбидная фаза определяют специфические свойства исследованных белых износостойких чугунов.

Построив кривые зависимости свойств чугунов от содержания элементов, выявили, что влияние углерода носит экстремальный характер с максимумом для обеих характеристик в пределах 2,8–3,4% C (рис.1, а, в) при непрерывном возрастании твердости (рис.1, б). Снижение прочности и износостойкости при более высоких концентрациях углерода связано с образованием заэвтектических первичных карбидов, а также карбидов $(Fe,Cr)_{23}C_6$. Твердость возрастает из-за увеличения объема карбидной фазы.

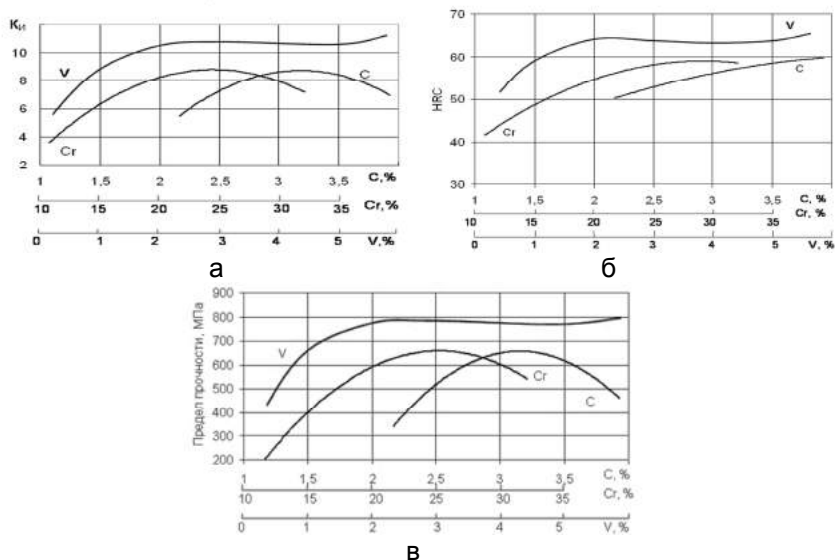


Рис. 1. Влияние углерода, хрома, ванадия на износостойкость (а), твердость (б) и прочность (в) чугунов

Хром, в изученных концентрациях, увеличивает износостойкость, прочность, твердость до определенного уровня (см. рис. 1). Максимальные значения этих свойств у чугунов с содержанием хрома 20,0–30,0% и наличием в структуре карбидов типа M_7C_3 с микротвердостью $H_{50} = 12000–24000$ МПа. Присутствие в структуре

карбидов цементитного типа при $Cr < 12\%$ и заэвтектических при $Cr > 30\%$ снижает $K_{и}$ и $\sigma_{в}$, и мало влияет на твердость.

При легировании хромистого чугуна ванадием более 2% свойства чугуна существенно возрастают (см. рис. 1) за счет образования эвтектических колоний, имеющих вид сферолитов. Они состоят из карбидного скелета в виде «ежа», иголки которого равномерно расходятся во все стороны из центра колонии, и сплошной аустенитной (или продуктов его превращения) матрицы, окружающей карбидные иглы. При недостаточно высоком содержании V в чугуне по границам таких сферолитов выпадает эвтектический цементит, и принцип Шарпи нарушается.

Кремний в белом чугуне можно рассматривать как легирующий элемент, распределяющийся при кристаллизации между аустенитом и эвтектическим расплавом. Кремний повышает температуру эвтектической кристаллизации, расширяет интервал эвтектического превращения, препятствует переохлаждению, уменьшает влияние скорости охлаждения. Это приводит к снижению всех свойств (рис. 2).

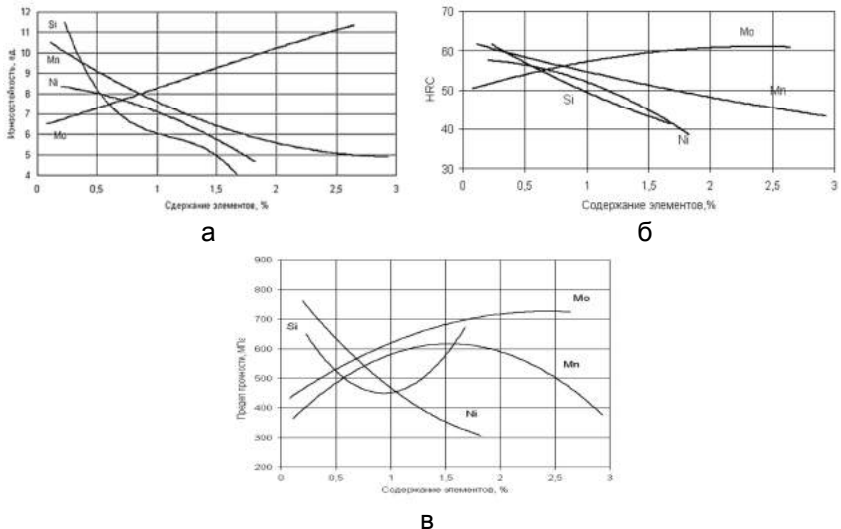


Рис. 2. Влияние кремния, марганца, никеля, молибдена на износостойкость (а), твердость (б) и прочность (в) чугунов

Марганец стабилизирует аустенит во всех температурных зонах превращения. При этом заметно снижается количество кар-

бидов и возрастает доля остаточного аустенита. Износостойкость, прочность и твердость при этом снижаются.

С увеличением содержания никеля до 2,0% $K_{и}$, σ_B и HRC снижаются, что связано с повышением в структуре чугуна количества остаточного аустенита (рис. 2). При этом повышаются пластичность и вязкость сплавов, что полезно для износостойких деталей, претерпевающих ударные нагрузки.

С увеличением концентрации молибдена износостойкость и твердость повышаются, особенно при содержании $Mo > 0,8\%$, а прочность достигает максимума в интервале 1,3–1,8% и почти не изменяется (см. рис. 2). Молибден распределяется между тремя фазами: карбидами Mo_2C , M_7C_3 и твердым раствором. В чугунах с Mo до 1,5% половина его количества связана в карбид Mo_2C , около одной четверти находится в аустените, остальная часть – в карбиде M_7C_3 . Лишь незначительная часть молибдена ($\sim 0,2\%$) находится в растворе. Этого недостаточно для существенного влияния на перлитное превращение. Поэтому при легировании хромистых чугунов необходимы добавки молибдена до 3,0% и выше. Но молибден дорог и дефицитен, поэтому целесообразнее использовать его в комплексе с Ti , V , Cu , W . При этом количество молибдена можно понизить до 0,3–1,0% в зависимости от концентраций других элементов.

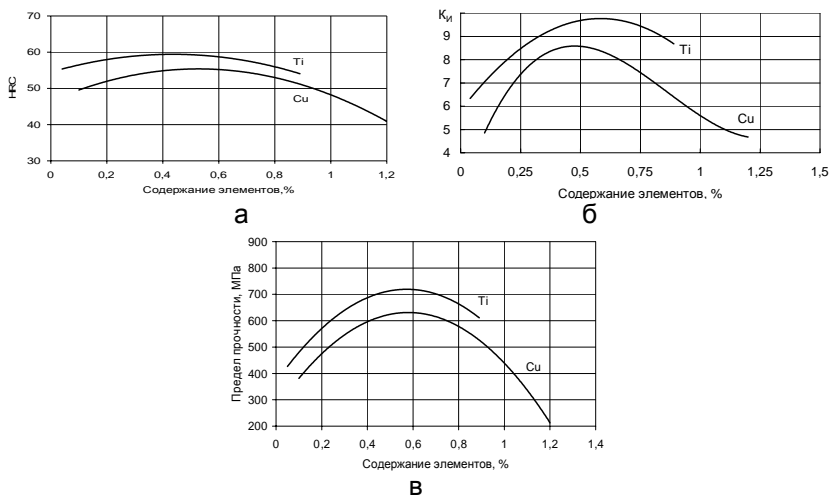


Рис. 3. Влияние титана и меди на износостойкость (а), твердость (б) и прочность (в) чугунов

Легирование белых хромистых чугунов титаном (рис. 3) позволяет существенно повысить их $K_{и}$, σ_B , HRC главным образом за счет образования самостоятельных карбидов TiC с очень высокой микротвердостью ($H_{50} > 30000$ МПа). Это самые твердые карбиды из всех известных в белых чугунах. Широкого распространения в практике легирования износостойких чугунов он пока не нашел. Титан влияет экстремально с максимумом в пределах 0,3–0,5%. Снижение свойств при содержании Ti > 0,6% связано с газонасыщением сплавов, снижением плотности, повышением пористости.

Зависимость свойств от количества меди носит экстремальный характер с максимумом 0,3–0,6% (см. рис. 3). Падение износостойкости при Cu > 0,6% связано с появлением в структуре площадей, обогащенных медью, которые слабо сопротивляются действию абразивных частиц.

Бор, сурьму, кальций вводят в состав белых износостойких хромистых чугунов как микролегирующие и модифицирующие добавки (рис. 4, а).

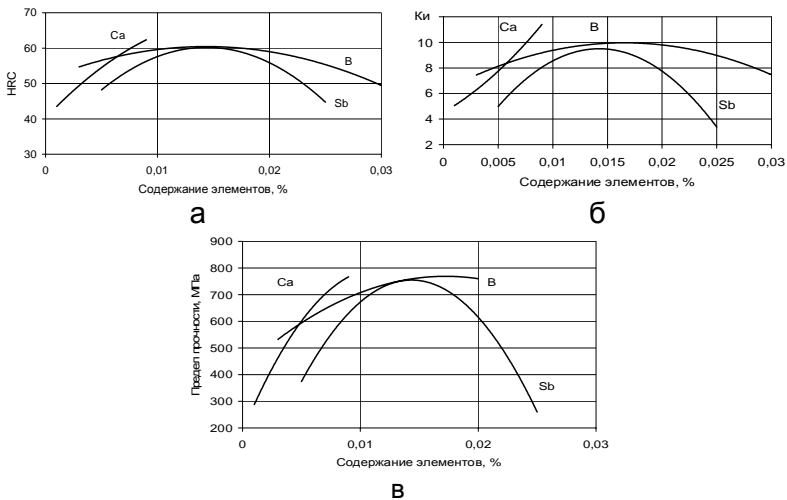


Рис. 4. Влияние бора, сурьмы, кальция на износостойкость (а), твердость (б) и прочность (в) чугунов

Бор сильно увеличивает прокаливаемость, способствует получению мартенсита, увеличивает микротвердость и общую твердость, способствует образованию в структуре дисперсных упроч-

няющих тугоплавких частиц гексаборидов, повышающих износостойкость, снижает технологическую температуру разливки сплавов, не уменьшая жидкотекучести. Влияние бора на абразивную износостойкость носит ярко выраженный экстремальный характер с максимумом при $B = 0,01-0,02\%$

Прочность и твердость чугунов несущественно повышаются при увеличении содержания этого элемента до $0,02\%$, а затем снижаются (рис. 4, б и в). Такое падение $K_{И}$, σ_B , HRC связано с увеличением хрупкости сплава за счет выделения большого количества боридов и карбоборидов сложного состава. Это облегчает диспергирование микрообъемов в условиях изнашивания абразивными частицами. Идентичное влияние на свойства оказывает и сурьма. Высокие значения наблюдаются при содержании сурьмы в пределах $0,01-0,015\%$.

Особенность сурьмы как модификатора белого чугуна – ее влияние на кристаллизацию аустенита и эвтектическое превращение. Сурьма, сдвигая эвтектическую точку в сторону меньшего содержания углерода, увеличивает количество эвтектики и измельчает ее. Под влиянием оптимальных добавок сурьмы выравнивается скорость кристаллизации цементита в низколегированных чугунах и аустенита, карбидной фазы – в высоколегированных.

Модифицирующее влияние кальция заключается в устранении дендритной кристаллизации аустенита, увеличении количества эвтектики, уменьшении полей структурно свободного цементита. Кальций оказывает и рафинирующее действие на расплав чугуна, очищая его от газов, серы и фосфора. Оптимальные добавки кальция способствуют повышению износостойкости белых чугунов, а сверхкритические – снижают ее. В исследованных чугунах существенный рост всех свойств наблюдается при $Ca \geq 0,001\%$.

Таким образом, исследовав влияние основных легирующих элементов на свойства белых чугунов, можно предложить новый легирующий комплекс для повышения механических свойств чугуна, используемого для производства пульповых насосов.

УДК 669.715.018

С.П. Задруцкий, Б.М. Немененок, Г.А. Румянцева, А.П. Бежок
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЭВТЕКТИКИ СТРОНЦИЕМ НА ПОРИСТОСТЬ СИЛУМИНОВ

Получение качественных конкурентоспособных отливок из силуминов невозможно без модифицирования их эвтектики. Применяемые для этих целей натрийсодержащие флюсы не всегда обеспечивают требуемый уровень механических свойств, ухудшают жидкотекучесть и обладают кратковременным модифицирующим эффектом. Поэтому на практике натрийсодержащие флюсы стараются заменить модификаторами длительного действия, в частности стронцием. Последний обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с натрием и обеспечивает стабильный модифицирующий эффект, сохраняющийся в течение нескольких часов и при повторных переплавах [1, 2]. Вместе с тем многие исследователи указывают, что стронций усиливает пористость из-за повышенного газосодержания лигатуры алюминий-стронций, которая после ввода в расплав силумина является источником водорода и повышает его газосодержание, а в дальнейшем способствует развитию газоусадочной пористости [2-4]. Действительно, применение алюминий-стронциевой лигатуры, предварительно рафинированной вакуумированием [3] или прошедшей быструю кристаллизацию после обработки аргоном или серой [2, 4], обеспечивает пониженный уровень газосодержания модифицированного силумина. При этом плотность немодифицированного сплава всегда остается выше, чем у модифицированного, независимо от скорости охлаждения отливки и количества модификатора (рис. 1). Следует отметить, что с увеличением скорости охлаждения отливки негативное влияние модифицирования стронцием на плотность отливок уменьшается.

Для выяснения причин образования пористости в модифицированных силуминах проводили исследования на сплавах системы Al-Si с содержанием кремния от 0 до 14% по методике, описанной в работе [5]. Для модифицирования использовали лигатуры «А» и «Б» на основе алюминия с расчетным содержанием стронция 10%.

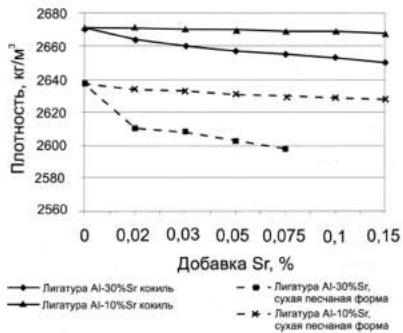
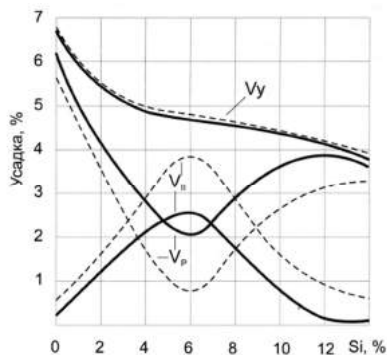


Рис. 1. Влияние добавок Sr на плотность сплава АК 12 при литье в кокиль и сухую песчаную форму

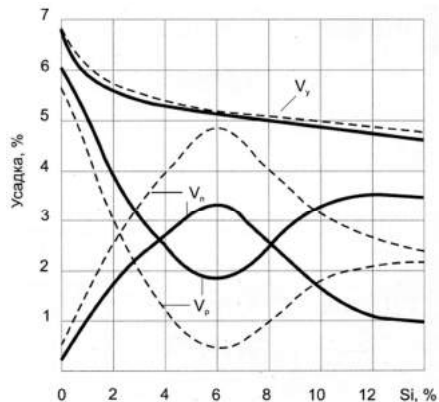
Газосодержание лигатуры «А» составляло $0,12 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла, лигатуры «Б» – $0,45 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. Полученные результаты по распределению параметров усадки в зависимости от содержания кремния в немодифицированном силумине хорошо согласуются с данными работы [6] и теоретическими представлениями о кристаллизации двойных сплавов. При этом четко прослеживается положительное влияние скорости охлаждения на величину усадочной раковины (V_p) для всех исследованных составов сплавов (рис. 2).



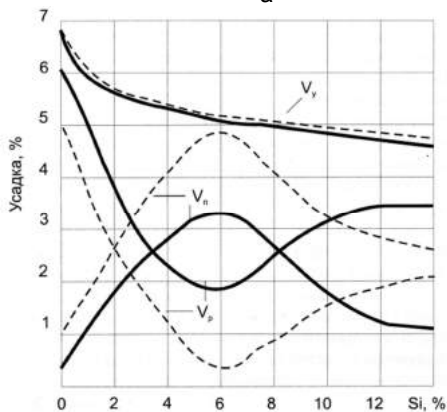
металлическая форма – сплошная линия;
сухая песчаная форма – пунктир

Рис. 2. Зависимость объемной усадки сплавов системы Al-Si от содержания кремния

Модифицирование силуминов лигатурами «А» и «Б» существенно изменяет зависимость параметров усадки от содержания кремния в силуминах по сравнению с исходными составами сплава (рис. 3, а, б).



а



б

Рис. 3. Зависимость объемной усадки сплавов системы Al-Si, модифицированных 0,05% Sr лигатурами «А» (а) и «Б» (б), от содержания кремния

Характер изменений практически не определяется типом лигатуры (рафинированная «А» или газонасыщенная «Б»). Для всех составов и типов лигатур возрастает величина усадочной пористости V_n , хотя и в разной степени. В случае обработки силуминов с содержанием 6% Si лигатурой «А» величина усадочной пористости

при литье в сухую песчаную форму составила 4,8% (см. рис. 3, а), что выше, чем у исходного сплава (см. рис. 2), но ниже, чем после ввода в сплав лигатуры «Б», для которого данный показатель составил 4,90% (см. рис. 3, б). Увеличение скорости охлаждения отливок уменьшает различие в величине усадочной пористости в зависимости от способа ввода стронция, однако общая закономерность сохраняется (см. рис. 3, а, б). Подобное различие в величине усадочной пористости наблюдается для всех исследованных составов в случае ввода лигатуры «А» и «Б». При этом четко прослеживается более эффективное увеличение усадочной пористости от процесса модифицирования. Использование газонасыщенной лигатуры «Б» по сравнению с лигатурой «А» незначительно усиливает пористость в отливках.

Увеличение доли усадочной пористости в силуминах при вводе в них Sr, Li, Ca и Na отмечается также авторами работ [1, 2, 4, 7, 8] и может быть объяснено следующими причинами.

Во-первых, Li, Na, K, Ca, Sr и Ba уменьшают плотность алюминиевого расплава, увеличивают температурный коэффициент объемного расширения и, как следствие, величину его объемной усадки при кристаллизации, приводящей к увеличению пористости отливок. По данным авторов работы [7], добавка 0,05 % Na в сплав АК12 увеличивает удельный объем сплава при кристаллизации с 4,50 до 6,58%, а модифицирование сплава 0,05% Li повышает ΔV до 7,17%.

Другая причина повышения пористости – это более высокое газосодержание сплавов, т.к. щелочные и щелочноземельные металлы, поглощенные расплавом при модифицировании, увеличивают насыщение расплава водородом, который при затвердевании отливок может диффундировать в образующиеся усадочные поры и препятствовать их «залечиванию» расплавом. Для объяснения данного факта можно использовать доводы авторов работы [9], которые полагают, что уровень растворимости водорода в жидком силумине определяется относительным объемом металлизированной зоны и концентрацией в ней кремния. Любая обработка расплава, увеличивающая относительный объем металлизированной зоны при условии сохранения состава, будет приводить к увеличению газонасыщенности сплава. Развивая это положение, можно объяснить причину повышения газосодержания модифицированных сплавов, так как Na и Sr способствуют металлизации связи Si-Si, что подтверждается снижением удельного электросопротивления модифицированного сплава [2, 10].

В-третьих, расширение зоны усадочной пористости в модифицированных силуминах тесно связано с увеличением интервала кристаллизации. Анализ термограмм затвердевания, полученных с помощью установки «Термозонд», показал, что независимо от способа ввода стронция температура ликвидус модифицированного сплава не отличается от немодифицированного, а температура солидус снижается на 9-12 °С по сравнению с температурой эвтектического превращения в системе Al-Si для равновесных условий (см. таблицу).

Температуры ликвидус и солидус в сплавах системы Al-Si и Al- Si-0,05 % Sr в зависимости от содержания кремния

Содержание кремния в сплаве, %	Система Al-Si				Система Al-Si-0,05% Sr			
	T _{лик} , °С	T _{сол} , °С	Интервал кристаллизации, °С	Переохлаждение при кристал. эвтек., °С	T _{лик} , °С	T _{сол} , °С	Интервал кристаллизации, °С	Переохлаждение при кристал. эвтек., °С
0	–	659,7	–	–	–	659,7	–	–
4,0	633,0	574,0	59,0	3,0	632,7	567,4	65,3	9,6
6,0	622,1	573,9	48,2	3,1	621,9	566,6	55,3	10,4
8,0	605,9	573,8	32,1	3,2	605,9	566,0	39,9	11,0
10,0	587,9	573,9	14,0	3,1	588,0	565,7	22,3	11,3
12,0	579,0	573,9	5,1	3,1	578,0	565,0	13,0	12,0
14,0	578,0	574,0	4,0	3,0	–	565,0	–	12,0

Поэтому модифицированный сплав для всех концентраций кремния всегда имеет более широкий интервал кристаллизации по сравнению с немодифицированным, а следовательно, и иное соотношение слагаемых объемной усадки [2, 5]. По мнению авторов работы [7], объем усадочной пористости может увеличиваться за счет уменьшения на 50 % объема концентрированной усадочной раковины.

В-четвертых, повышенная склонность модифицированных силуминов к образованию усадочной пористости во многом определяется изменением механизма кристаллизации. Немодифицированные силумины кристаллизуются, как правило, последовательно – от стенки формы к центру отливки или ее тепловому узлу с небольшим переохлаждением эвтектики относительно температуры равновесного солидуса (577°С). Величина переохлаждения в этом случае составляет ~ 3,0°С, а для сухой песчаной формы и того меньше.

При кристаллизации модифицированных силуминов преобладает объемно-последовательный механизм, когда часть расплава кристаллизуется последовательно от стенки формы, а основная масса сплава в результате подавления центров кристаллизации эвтектических колоний начинает кристаллизоваться с переохлаждением 9–12°C (см. таблицу). Вследствие нейтрализации натрием или стронцием центров кристаллизации эвтектические колонии растут в форме сферолитов и могут достигать до 10 мм в диаметре, образуя при смыкании изолированные поры, которые не пропитываются остатками жидкого расплава. Кроме того, у модифицированного сплава процесс «массового питания» прекращается раньше, чем у немодифицированного, а «интеркристаллитное» питание не в состоянии их залечить. Поэтому в отливках, полученных в песчаных формах, модифицирование укрупняет размер пор и рассредотачивает их по всему объему. При этом расширяется диапазон размеров пор. Если в немодифицированном сплаве Al-8%Si преобладали поры размером 25–30 мкм и максимальный размер пор составлял 250–270 мкм, то после ввода лигатуры «А» максимальные поры достигали 330–350 мкм, а наибольшее количество пор приходилось на размер 35–40 мкм. В случае обработки этого же сплава лигатурой «Б» максимальный размер пор в образцах, отлитых в песчаную форму, составил 350–360 мкм при основном количестве пор с размером 40–50 мкм. На образцах, отлитых в металлическую форму после модифицирования лигатурами «А» и «Б», преобладают более мелкие поры размером 5–10 мкм. При использовании лигатуры «Б» количество пор на 1 мм² площади шлифа примерно на 10–15 % больше, чем после обработки лигатурой «А». Это можно объяснить тем, что при увеличении скорости охлаждения остается меньше времени на диффузию водорода в расплав и за счет возрастающей вязкости поры получаются более мелкими [5].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что решающая роль в развитии газоусадочной пористости принадлежит не газосодержанию лигатуры, а изменению процесса кристаллизации. В подтверждение сделанных выводов можно привести результаты работы [7], полученные на сплаве АМг6. Под влиянием добавок лития в сплаве сильно уменьшилась усадочная раковина и увеличилась пористость до 6%, что невозможно объяснить только образованием газовых пор. Допуская, что содержание водорода в сплаве АМг6 с 0,01–0,10% лития при 750 °С составляет 0,5 см³/100 г, а его растворимость в твердом сплаве при температуре

солидуса не менее 0,2 см³/100 г, то максимальное количество водорода, которое выделится при кристаллизации сплава, не превысит, согласно работе [9], 0,3 см³/100 г. Объем этого количества газа при 900 К по закону Гей-Люссака равен 0,9 см³/100 г, что в пересчете на пористость при плотности расплава $\rho_{ж} = 2360 \text{ кг/м}^3$ составит объем пор только 2,12%. Увеличение пористости сплавов с примесями лития авторы работы [5] связывают с изменением условий кристаллизации, приводящих к перераспределению объема раковины и пористости при сравнительно небольшом увеличении общей объемной усадки.

Принимая во внимание полученные результаты исследований, можно предположить, что наиболее эффективным способом устранения газоусадочной пористости в отливках из модифицированных силуминов будет использование технологии литья, применяемой при получении отливок из широкоинтервальных сплавов [2, 11]. Такая технология заключается в использовании холодильников и небольших прибылей. В этом случае со стороны холодильника создается направленное затвердевание и обеспечивается получение плотной литейной корочки, а более удаленные слои пропитываются за счет прибыли.

Для проверки высказанного предположения из сплава АК9 (Si – 8,2%; Cu – 0,95%; Mn – 0,21%; Mg – 0,34%; Fe – 0,85%; Zn – 0,35%; Ti – 0,07%) в исходном состоянии и после модифицирования 0,05% Sr были получены опытные отливки в виде пластины размером 300×100×20 мм литьем в сухую песчаную форму по методике работы [12]. Отливки после очистки распиливали на 45 образцов с самостоятельной маркировкой. После определения их плотности рассчитывали значения пористости и строили зависимость этой характеристики от длины и ширины пластины. Как видно из рис. 4, а, немодифицированный сплав имеет максимальную пористость в центральной части отливки, и она колеблется от 0,28 до 0,68%. По периферийным частям отливки пористость значительно ниже и находится в пределах 0,18–0,47%, что удовлетворяет стандартам качества по пористости (< 0,50%). Для модифицированного сплава (рис. 4, б) наблюдается аналогичная закономерность в распределении пористости, только ее показатели существенно выше. Так, в центральной зоне пористость составляет 0,59–1,12%, а на периферийных участках 0,48–0,87%. Полученные зависимости хорошо согласуются с данными работы [12] примени-

тельно к сплавам AlSi12Cu , AlSi9Cu3Zn2 , Al-Si12 , модифицированным натрием.

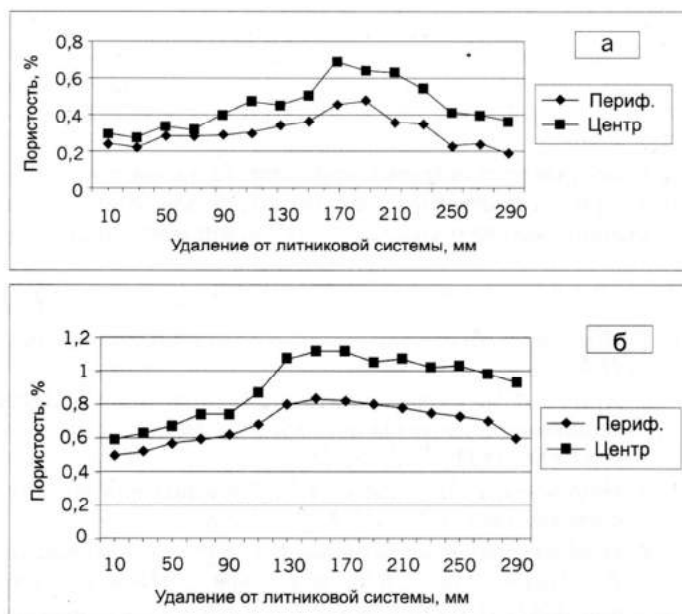


Рис. 4. Распределение пористости по длине отливки из сплава АК9 в исходном состоянии (а) и после обработки 0,05% Sr (б)

Использование обычных прибылей не позволило получить пористость менее 0,5% в центральной зоне отливки для модифицированного сплава. В случае одновременного использования двух открытых прибылей и торцевого холодильника $10 \times 20 \times 100$ мм пористость центральной зоны отливки не превышала 0,42–0,48%, что удовлетворяет требованиям стандартов западных стран по пористости.

Таким образом, при использовании модифицирования для улучшения физико-механических свойств отливок одновременно следует корректировать и технологию их получения во избежание повышенного брака по пористости.

Список литературы

1. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / А.В.Курдюмов [и др.]. – М.: Металлургия, 1980. – 196 с.
2. Немененок Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов. – Минск: Технопринт, 1999. – 272 с.
3. Куцова В.З., Скрипченко О.А., Гергард В.А. Повышение качества отливок из силуминов путем дегазации алюминивно-стронциевой лигатуры // Неметаллические включения и газы в литейных сплавах: тез.докл.конф. – Запорожье, 1988. – С. 322-323.
4. Немененок Б.М., Бежок А.П. Рациональная технология получения стронцийсодержащих лигатур // Литейное производство. – 1996. – № 8. – С. 18-20.
5. Немененок Б.М., Задруцкий С.П., Галушко А.М. Усадочная пористость в модифицированных силуминах // Литейное производство. – 1998. – № 5. – С. 15-17.
6. Корольков А.М. Литейные свойства металлов и сплавов. – М.: Наука, 1967. – 200 с.
7. Металлические примеси в алюминиевых сплавах / А.В.Курдюмов [и др.]. – М.: Металлургия, 1988. – 143 с.
8. Emadi D. Combating Al-Si porosity: The Strontium / hydrogen muth / D.Emadi, J.E.Gruzleski // Mod. Cast. – 1995. – № 3. – P. 46-47.
9. Мазур В.И., Пригунова А.Г., Таран Ю.Н. Структурные изменения расплавов и эвтектики силуминов при сорбционной дегазации их в процессе выплавки // Изв. АН СССР. Металлы. – 1985. – № 4. – С. 49-54.
10. The theoretical and experimental study of modification of crystalline silicon in Al-Si alloys / A.M.Galushko, B.M.Nemenenok // 63RD World Foundry Congress. – Budapest, 1998, publ. № 2. – P. 1-6.
11. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В.Курдюмов [и др.]. – М.: Металлургия, 1996. – 504 с.
12. Porosity and Feeding Ranges in Secondary Aluminium Alloys / C.Cindi, S.Seppa, J.Vuorinen // 55 th Internationale Foundry Congress. – Moscow, 1988. – Pr. 9. – 24 p.

УДК 621.745

И.О. Леушин, А.Ю. Субботин, М.А. Гейко
Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е.Алексеева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКЕ

Для российских литейных предприятий снижение расходов на энергоресурсы, сырьё, материалы имеет критическое значение. Снижения расходов на сырьё можно добиться путём использования отходов собственного производства при выплавке стали и чугуна. В настоящее время в литейном производстве недостаток первичных материалов для выплавки чугуна приводит к повышению стоимости как чушкового передельного и литейного чугуна так и чугуна лома. Вместе с тем у многих предприятий машиностроительной отрасли есть возможность использования стальных отходов в качестве шихтовых материалов для выплавки чугуна. Например, в автомобиле- и машиностроении в больших количествах накапливаются отходы листовой оцинкованной стали. Однако их использование для выплавки чугуна затруднено ввиду того, что плавильные участки отечественных машиностроительных предприятий чаще всего оснащены индукционными плавильными агрегатами, в которых переплаву оцинкованных стальных отходов препятствуют следующие факторы:

- негативное влияние на обслуживающий персонал выделяющегося при плавке едкого дыма, содержащего вредные вещества;

- ограничение видимости на плавильном участке и, как следствие, ослабление контроля за течением процесса, что увеличивает вероятность аварий на производстве;

- ухудшение экологической обстановки, связанное со значительным выбросом в атмосферу оксида цинка;

- разупрочнение футеровки плавильной печи и повышение опасности ухода расплава, связанные с последствиями активного физико-химического взаимодействия цинка с огнеупорами;

- снижение качества получаемого сплава и, как следствие, ухудшение механических свойств материала отливок [1].

Это подтверждается имеющимся опытом таких ведущих российских предприятий, как ГАЗ, КАМАЗ, АвтоВАЗ и др. Поэтому

предприятия вынуждены направлять оцинкованные стальные отходы на переплав на специализированные металлургические предприятия по заниженной закупочной цене.

В связи с этим становится необходимой подготовка стальных оцинкованных отходов, а именно удаление цинка со стальной основы, предваряющая их использование в индукционной плавке в условиях собственного производства.

В мировой практике используются следующие способы переработки оцинкованных стальных отходов:

- переплав оцинкованных отходов в электродуговой печи;
- хлорирование оцинкованного лома;
- технология обесцинкивания (MRI);
- вакуумное испарение цинка со стальной подложки;
- электрохимическое отделение цинка от стальной основы.

Рассмотрим особенности каждого способа.

Переплав оцинкованных отходов в электродуговой печи [1]

В этом случае большое количество цинка, содержащееся в отходах, может создать несколько проблем при плавке. Первая из них – испарение пылей оксида цинка в сопровождении небольшого количества свинца и кадмия. Оксид цинка является вредным для здоровья, поэтому необходимо устанавливать необходимую аппаратуру для его улавливания. В пыль уходит около 98% цинка, оставшаяся часть металла в емкости создает вторую проблему. Она заключается в том, что цинковый пар образует пузыри в стали. Так как содержание цинка в ванне постепенно увеличивается, то степень пористости может возрасти вплоть до зияющих дыр, которые можно наблюдать в поперечном сечении стального изделия. Поэтому требуются дорогостоящие мероприятия по улавливанию цинка и очистке печей. К тому же в литейных цехах машиностроительных предприятий преимущественно используются не электродуговые, а индукционные печи.

Хлорирование оцинкованного лома

Фирма Interpro Zinc LLC предлагает хлорирование оцинкованного лома [1]. Это осуществляется смесью воздуха и хлора при температуре 800°C. В то время как цинк подвергается воздействию хлорирования с образованием летучего хлорида цинка, окисление железа обеспечивает образование защитного оксидного слоя, который противостоит воздействию хлора и, следовательно, образованию хлоридов железа. Хлор является дешевым и доступным,

летучие хлориды легко отделяются; обеспечивается оптимальная поверхность соприкосновения между газом и ломом и, следовательно, эффективное извлечение цинка за короткое время; требуется проведение меньшего объема подготовительных работ. Основным недостатком применения хлора является его токсичность и коррозионное воздействие, а также конденсация паров хлоридов цинка, свинца и кадмия и их дополнительная переработка.

Технология обесцинкивания (MRI)

В США Аргонская национальная лаборатория совместно с фирмой Metal Recovery Industries U.S. Inc. разработали технологию обесцинкивания (MRI) [2]. Она представляет собой процесс выщелачивания в горячей каустической соде, который ускоряется благодаря электролитической коррозии, и процесс электролиза, в течение которого улавливают цинк и регенерируют гидроокись натрия. В качестве шихты применяются отходы металлообработки. Эти отходы режут и затем дробят на молотковой дробилке, что увеличивает площадь поверхности, на которой протекают процессы электрохимической коррозии. Дробленый лом поступает во вращающийся реактор для обесцинкивания и частично погружается в теплый (70–90⁰С) водный 20–40% раствор гидроксида натрия. Здесь требуется регенерация гидроксида натрия, а также дальнейшая переработка насыщенного цинком раствора. Применение метода MRI сопряжено со значительными финансовыми вложениями и экономически целесообразно только при больших объемах обрабатываемого материала.

Вакуумное испарение цинка со стальной подложки

Японские фирмы Ogihara и Toyokin внедрили метод вакуумного испарения цинка со стальной подложки [3]. Так, Ogihara эксплуатирует установку по переработке дробленого лома производительностью 1000 т в месяц. Этот процесс обеспечивает важные преимущества для защиты окружающей среды. При удалении цинка со стального лома повышается возможность утилизации газов, образующихся в процессе производства стали, и устраняется цинк в потоках сточной воды. Однако использование этого метода также сопряжено с большими финансовыми вложениями и экономически целесообразно только при больших объемах обрабатываемого материала.

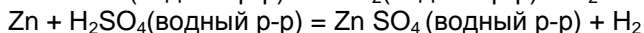
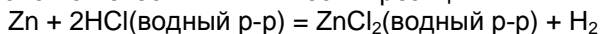
Электрохимическое отделение цинка

При электрохимическом отделении цинка (отходы являются анодом) процесс протекает быстрее, чем при химическом, но неравномерно, что может привести к дестабилизации снятия покрытия. Поэтому этот процесс требует постоянного контроля за протеканием реакции и специальных мер по недопущению неравномерности снятия цинкового покрытия.

Таким образом, существующие технологии отделения цинка от стальной основы характеризуются необходимостью существенных финансовых вложений для реализации в условиях действующего производства машиностроительных предприятий, связанных с созданием специальных участков, оснащением их дорогостоящим оборудованием или, как альтернатива, отправкой оцинкованного лома для переработки на сторонние предприятия и экономическими издержками (заниженная цена закупки, логистика). Все это увеличивает стоимость переработанного стального лома до значений, сопоставимых со стоимостью первичных материалов.

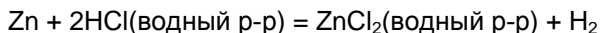
В связи с этим для машиностроительных предприятий возникает острая необходимость самостоятельной переработки стальных оцинкованных отходов на своей площадке в условиях собственного производства. При этом важной представляется возможность обеспечения подготовки шихтового материала индукционной плавки без существенных изменений базовой технологии.

Авторами предлагается технология химического рафинирования оцинкованных стальных пакетов в подкисленной воде. Она основана на известных химических реакциях:



Возможны два варианта реализации этой технологии.

Одностадийный вариант такой технологии связан с необходимостью предварительного подогрева водного раствора кислоты для обеспечения условий протекания реакции, например с применением соляной кислоты.

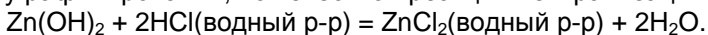


Это создает неудобства при реализации на практике, обусловленные прежде всего опасностью контакта персонала с «парящей кислотой». По этой причине был выбран двухстадийный вариант.

На первой стадии процесса оцинкованные стальные отходы помещаются в резервуар с горячей водой (или заливаются горячей водой) для обеспечения их предварительного нагрева.

На второй стадии для обеспечения протекания химической реакции, приведенной выше, в резервуар с водой добавляется кислота в необходимом количестве (это количество определяется объемом садки оцинкованных стальных отходов, их состоянием и регламентируется технологическим временем обработки).

Кроме того, водный раствор кислоты взаимодействует с защитным слоем гидроксида цинка, изначально препятствующим началу рафинирования, по известной реакции нейтрализации



Экспериментально определено оптимальное соотношение «кислота – вода» (для соляной кислоты), позволяющее одновременно полностью исключить эффект «парящей кислоты», обеспечить снятие слоя цинка со стальной подложки со скоростью ~10–20 мкм/мин и минимизировать содержание кислоты в водном растворе, равное 1:3. Соотношение может быть изменено в сторону увеличения концентрации кислоты в зависимости от требуемой скорости протекания химической реакции и температуры воды.

Для защиты стальной подложки от возможного наводораживания взамен горячей воды можно использовать 10%-ный водный раствор нитрата алюминия, нагретый до такой же температуры.

Согласно альтернативному варианту, с целью недопущения протекания химической реакции между кислотой и железом стальной основы в раствор добавляется в качестве ингибитора небольшое количество гексаметилентетрамина (уротропина).

Образующийся в результате протекания реакции водный раствор соли цинка в дальнейшем может быть использован в качестве электролита в ваннах цинкования, т.е. возвращен в производственную цепочку предприятия, если в его структуре имеются гальванические цеха или участки, или отправлен на переработку по другим вариантам.

Таким образом, предложенная схема будет характеризоваться:

- более высокой энергоэффективностью относительно существующих технологий;
- относительно небольшими финансовыми затратами на реализацию метода;

- энергосбережением за счёт снижения расхода электроэнергии на подготовку шихтового материала из оцинкованных стальных отходов;
- возможностью реализации на собственных производственных площадях;
- подготовкой шихтового материала индукционной плавки без существенных изменений базовой технологии.

По мнению авторов, реализация подобной схемы представляется возможной и экономически целесообразной в литейных цехах машиностроительных предприятий Российской Федерации, где выход отходов оцинкованного лома собственного производства составляет от 2000 до 20000 т в год.

Список литературы

1. Вышегородский Д. Вторичный цинк // Уральский рынок металлов. – 2003. – №8.
2. Patent WO 1999055939 A1, Process for dezincing galvanized steel, Metal Recovery Ind Us Inc.
3. Patent US 5205857 A, Placing object in enclosed atmosphere, heating and evacuating to evaporate and recover adhered substance, Ogihara Technical Center Co., Ltd.

УДК 669.715

И.В. Рафальский, А.В. Арабей

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ СИНТЕЗА СИЛУМИНОВ ИЗ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КВАРЦСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

Тенденции развития металлургического производства цветных металлов и сплавов свидетельствуют о том, что разработка и совершенствование ресурсосберегающих процессов получения сплавов системы Al–Si имеет особое значение как наиболее широко используемых в промышленном производстве материалов на основе алюминия. Сложившаяся экономическая ситуация заставляет производителей изыскивать пути снижения стоимости выпус-

каемой металлопродукции, в том числе путем выплавки силуминов из вторичного металлосырья и отходов собственного производства с использованием необходимых легирующих добавок, прежде всего, кристаллического кремния. Необходимо также отметить, что значительная доля перерабатываемого вторичного металлосырья состоит из лома и отходов сплавов на основе алюминия с повышенным содержанием магния, использование которых для выплавки требуемых марок литейных сплавов ограничено требованиями действующих стандартов по химическому составу.

Разработка эффективных способов металлургической переработки лома и отходов сплавов на основе алюминия, в том числе с повышенным содержанием магния, и использования недорогих и доступных кремнийсодержащих материалов взамен кристаллического кремния позволяет расширить ресурсную базу шихтовых материалов и снизить себестоимость изготовления алюминиевых сплавов. При этом уменьшение затрат на получение этих сплавов достигается не только за счет использования в качестве шихтовых материалов лома и отходов алюминиевых сплавов, но также применения кварцевых песков взамен кристаллического кремния, при этом показатели ресурсосбережения существенно повышаются при получении высококремнистых заэвтектических силуминов.

Одними из наиболее доступных и недорогих кремнийсодержащих материалов являются кварцевые пески, содержание оксида кремния в которых достигает 98–99 %. Однако, как показывает общемировая практика, до настоящего времени эффективные ресурсосберегающие жидкофазные способы синтеза сплавов системы Al-Si с использованием материалов на основе оксида кремния с высокими показателями металлургического выхода находятся в стадии разработки. Это объясняется, прежде всего, высокой химической устойчивостью оксидов кремния в расплавах алюминия вследствие практически полного отсутствия их смачиваемости жидким алюминием.

Авторами была проведена работа по изучению влияния способов ввода различных материалов на основе оксида кремния, в том числе формовочных кварцевых песков, в расплав алюминия на процесс восстановления кремния. На основании проведенных исследований и полученных результатов была разработана технологическая схема получения алюмоматричных композиций (далее – АМК) и синтетического сплава на ее основе, которая представлена на рис. 1.



Рис. 1. Технологическая схема получения алюмоматричной композиции и синтетического сплава на ее основе

Анализ полученных результатов исследований позволил предложить механизм взаимодействия компонентов АМК, сопровождающийся восстановлением кремния из его оксида алюминием. Образование межатомных связей между компонентами композиции представляет собой многостадийную топохимическую реакцию, в которой возникновение физического контакта между компонентами реализуется в гетерофазном состоянии АМК. Развитие контактной поверхности обеспечивается требуемой выдержкой компонентов АМК в жидко-твердофазном и в твердом состоянии после затвердевания композиции, что обуславливает возникновение прочных адгезионных связей между компонентами АМК. При затвердевании алюмоматричной композиции жидкая фаза претерпевает фазовый переход, сопровождаемый объемными изменени-

ями, в результате которых частицы кварца оказываются стесненными металлической фазой матричного сплава, что способствует развитию контактной поверхности между компонентами композиции. Начало интенсивного химического взаимодействия между компонентами АМК обеспечивается достижением требуемой температуры композиции порядка 800–850°С в жидком состоянии композиции.

Как отмечалось, значительная часть вторичного металлосырья не может быть использована для производства марочных литейных сплавов из-за превышения установленных стандартами требований по содержанию магния. Поэтому при переработке магнийсодержащих отходов алюминиевых сплавов требуется проводить многократную металлургическую обработку расплава специальными флюсами и реагентами для удаления магния из расплава в шлак до необходимого уровня. При рафинировании алюминиевых сплавов от магния при производстве алюминиевых сплавов из вторичного металлосырья могут использоваться оксиды элементов, входящих в состав алюминиевого сплава (например, меди, цинка, кремния), в количестве, необходимом для окисления магния. При взаимодействии с оксидами магний окисляется и переходит в шлак, а элемент оксида растворяется в сплаве, легируя его. Наибольший практический интерес представляет использование для этих целей материалов с высоким содержанием оксидов кремния, в том числе доступных и недорогих кварцевых песков.

Результаты исследования влияния магния на процесс восстановления кремния из АМК (по данным рентгенофлуоресцентной спектроскопии и химического анализов образцов полученных сплавов и шлака, собранного с поверхности расплава), показали, что магний, содержащийся в алюминиевой шихте в количестве до 5 % (масс.), практически полностью взаимодействует с кварцевым песком с образованием оксида магния при получении сплавов из АМК (рис. 2). При этом было установлено, что с увеличением содержания магния в исходной шихте максимальное количество вводимого кварцевого песка при получении АМК может быть также увеличено (до 15–20%). В целом, повышение содержания магния в исходной шихте способствует процессу химического восстановления кварцсодержащих материалов, в том числе по границам силикатных фаз.

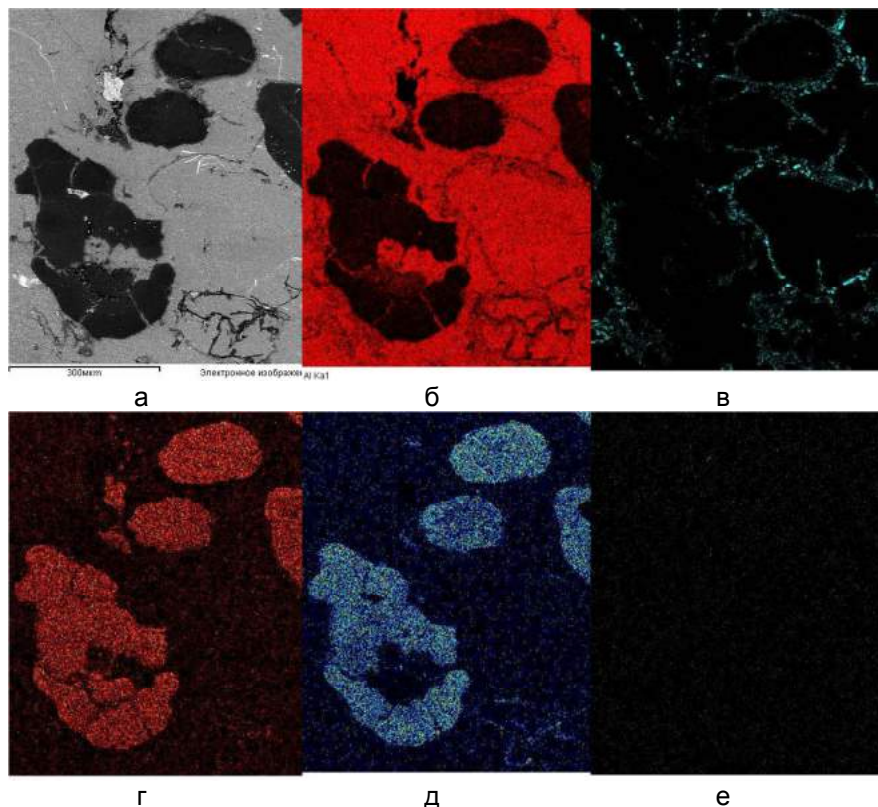


Рис. 2. Электронное изображение (а) и распределение элементов в характеристическом рентгеновском излучении АМК системы Al-1%Mg-10%SiO₂ после переплава:
б – Al; в – Si; г – O; д – Mg; е – K

Установленные особенности восстановления кремния в алюмоматричных кварцсодержащих композициях и разработанные способы синтеза из них алюминиевых сплавов обеспечивают возможность широкого использования низкосортных лома и отходов алюминиевых сплавов с повышенным содержанием магния для получения литейных марочных сплавов на основе системы Al-Si.

УДК 669.162.16

А.С. Харченко, М.И. Сибатуллина

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

Г.Н. Логачев

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

ПРИМЕНЕНИЕ КОКСА МЕЛКИХ ФРАКЦИЙ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Для снижения удельного расхода кокса многие предприятия России и Европы используют в составе шихты доменных печей коксовый орешек крупностью 10–25 мм и фракцию 25–40 мм [1–3]. Ввиду пониженной крупности по сравнению со скиповым коксом их загрузка в колошниковое пространство печи осуществляется совместно с железорудной частью шихты. Наличие других материалов, загружающихся совместно с коксом мелких фракций в бункер бесконусного загрузочного устройства (БЗУ) лоткового типа, уменьшает вероятность равномерного его распределения по окружности печи [4, 5]. Это может приводить к неравномерному протеканию процессов, протекающих в доменной печи, в том числе размягчения и восстановления железорудных составляющих по окружности и высоте печи. Согласно исследованиям, опубликованным в работе [6], использование орешка совместно с окатышами снижает температурный интервал размягчения на 19 %. Применение орешка с агломератом увеличивает температурный интервал размягчения на 38,5%. Избыточное количество кокса мелких фракций, сосредоточенное в отдельных секторах печи, ввиду неравномерного его распределения по окружности колошника, может вызывать осложнение работы горна в случае не полного его расходования до фурменной зоны [7, 8]. Равномерное протекание хода доменного процесса по окружности печи обеспечивает не только высокий коэффициент замены кокса орешком, но и улучшение свойств чугуна [9], дополнительное снижение расхода кондиционного топлива для доменной плавки за счет повышения доли косвенного восстановления, в результате чего приближение степени прямого восстановления к оптимальной величине [10].

Для выявления рационального режима загрузки коксового орешка в доменную печь, руководствуясь базовыми принципами

[11] и тенденциями [12, 13] развития, провели физическое моделирование и промышленные испытания.

На лабораторной установке компактного бесконусного загрузочного устройства лоткового типа [14] исследовали различные режимы загрузки коксового орешка в бункер БЗУ. Для этого коксовый орешек размещали в нижней части бункера БЗУ в слое агломерата и над ним. Коэффициенты равномерности, вычисленные по следующей формуле, составили соответственно (-1), 0,85 и 0,13:

$$K_{КО} = 1 - \frac{\sigma_i}{КО_{cp}}, \quad (1)$$

где σ_i – среднеквадратическое отклонение по массе i -х порций коксового орешка, поступающих из шихтового бункера;

$КО_{cp}$ – среднее значение поступающих из бункера порций орешка и по массе.

На доменной печи А в ОАО «ММК» изменяли последовательность набора шихтовых материалов в скип. В периоде I использовали режим загрузки «добавки на верх». В скип шихтовые материалы загружали в следующей последовательности: в нижнюю его часть агломерат с аглофабрики, затем окатыши, коксовый орешек, михайловскую железную руду, агломерат из ямы и кварцит. В периоде II применили режим загрузки «добавки на дно». Первым в скип загружали кварцит, после чего михайловскую железную руду, коксовый орешек, окатыши, агломерат из ямы и аглофабрики. В третьем периоде, оставив используемый режим загрузки, разместили материалы в скипе следующим образом: внизу агломерат из ямы, затем кварцит, михайловскую железную руду, коксовый орешек, окатыши и агломерат с аглофабрики. В печь материалы попадали в обратном порядке. Таким образом, в периоде III обеспечили расположение добавок в середине объема шихтовых материалов, при этом агломерат с аглофабрики, имеющий наибольший расход, располагался внизу. Это положительно повлияло на равномерность поступления материалов из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи.

В периоде I коэффициент замены скипового кокса орешком составил 0,64 кг/кг (табл. 1). Во втором он уменьшился до 0,59 кг/кг, что произошло в результате ухудшения фильтрующей способности кокса в горне печи. В периоде III он увеличился до 0,85 кг/кг. Повышение связано с улучшением перемешивания орешка с шихтовыми материалами, в результате которого созда-

ются условия для более полного его расходования до зоны вязко-пластичного состояния. Средний коэффициент замены кокса коксовым орешком составил 0,69 кг/кг.

Таблица 1
Основные технологические показатели работы доменной печи

Показатели	Периоды		
	I	II	III
Расход коксового орешка (сухого), кг/т чугуна	19,6	19,8	19,8
Размещение коксового орешка в бункере БЗУ	Низ	Верх	Середина
Удельный расход кокса (сухого, скипового), кг/т чугуна:			
фактический	440,5	452,8	451,8
приведенный	461,5	462,3	457,3
Производительность, т/сут:			
по фактическому количеству загруженных подач	3454	2971	3434
приведенная	3014	2821	3085
Коэффициент замены кокса коксовым орешком, приведенный к условиям базового периода, кг/кг	0,64	0,59	0,85

Увеличение равномерности поступления орешка из бункера в периоде III сопровождалось повышением интенсивности по газу и снижением коэффициента сопротивления шихты движению газового потока (табл. 2), рассчитанного по формуле [1]:

$$\lambda = h/h_d, \quad (2)$$

где h — потери напора газа; h_d — динамический напор газа.

При повышении коэффициента равномерности в периоде III степень прямого восстановления Fe из FeO снизилась с 39,6 до 38,7%, степени восстановления монооксидом углерода и водородом повысились с 29,7 до 30,0% и с 30,7 до 31,3% соответственно (табл. 3).

Таблица 2

Показатели интенсивности и сопротивления шихты

Показатели	Периоды		
	I	II	III
Размещение коксового орешка в бункере БЗУ	Низ	Верх	Середина
Расход коксового орешка (сухого), кг/т чугуна	19,6	19,8	19,8
Интенсивность по газу, м ³ /мин на 1 м ³ полезного объема печи:			
колошниковому	3,12	3,37	3,59
фурменному	2,79	3,02	3,24
в распаре	2,92	3,15	3,38
в шахте	3,01	3,25	3,48
Коэффициент сопротивления шихты движению газов:			
на колошнике	1,3	1,2	0,8
в распаре	10,3	8,9	6,6
в горне	6,1	5,2	3,8

Таблица 3

Показатели хода восстановления Fe из FeO

Показатели	Периоды		
	I	II	III
Расход коксового орешка, кг/т чугуна	19,6	19,8	19,8
Степень восстановления Fe из FeO различными восстановителями, %:			
углеродом	39,6	39,9	38,7
монооксидом углерода	29,7	33,4	30
водородом	30,7	26,7	31,3

Заключение

Загрузка в доменную печь коксового орешка в количестве 19,7 кг/т чугуна, обеспечив расположением его в середине объема шихтовых материалов в бункере БЗУ, сопровождалась повышением коэффициента замены кокса коксовым орешком на 25% отн.

Список литературы

1. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Использование коксового орешка на доменных печах: монография. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 162 с.
2. Производство и использование коксового орешка в доменной плавке / Ярошевский С.Л., Хлапонин Н.С., Кузнецов А.М., Кузин А.В. – Донецк: УНИТЕХ, 2006. – 68 с.
3. Харченко А.С., Сибатуллин С.К., Колосов А.В. Использование нейросетевого моделирования для изучения газодинамического режима в нижней части доменной печи в условиях ее работы с коксовым орешком // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2011. – № 11. – С. 23–26.
4. Харченко А.С., Теплых Е.О., Терентьев В.Л. Об условиях, необходимых для эффективного использования коксового орешка в шихте доменной печи // Теория и технология металлургического производства. – № 10. – Магнитогорск, 2010. – С. 26–30.
5. Рациональный режим загрузки коксового орешка в шихтовый бункер БЗУ / Чевычелов А.В., Павлов А.В., Теплых Е.О. и др. // Сталь. – 2013. – № 7. – С. 8–9.
6. Кузин А.В. Поведение железорудных материалов в зоне когезии при загрузке их в смеси с коксовым орешком // Металлургические процессы и оборудование. – 2010. – № 3 (21). – С. 4–7.
7. Влияние коксового орешка на фильтрацию жидких продуктов плавки в горне доменной печи / Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Чевычелов А.В. и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2010. – № 4. – С. 28–30.
8. Sibagatulin S.K., Kharchenko A.S., Teplykh E.O., Stepanov E.N., Mezin D.A., Fetisov V.B. Quality comparison of coke nats. Coke and Chemistry. – 2012. – Т. 55. – № 2. – С. 62–65.
9. Специальные чугуны. Литьё. Термическая обработка / В.М. Колокольцев [и др.]; под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск, 2009.
9. Сибатуллин С.К. Оптимальная степень прямого восстановления железа из оксидов // Сталь. – 1997. – № 4. – С. 1–5.
10. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вест-

- ник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 1 (45). – С. 5 – 6.
11. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2008. – № 1. – С. 5–11.
 13. Научная деятельность ГОУ ВПО «МГТУ» в условиях развития нанотехнологий / Чукин М.В., Колокольцев В.М., Гун Г.С., Салганик В.М., Платов С.И. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 2. – С. 55–50.
 12. Сибатуллин С.К., Теплых Е.О., Харченко А.С. Влияние последовательности загрузки компонентов шихты в бункер БЗУ на равномерность их поступления в колошниковое пространство доменной печи // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. трудов. – № 11. – Магнитогорск, 2011. – С. 12–16.

УДК 504.064.45+628.477.6.038:669.18

В.А. Бигеев, Д.С. Сергеев, Ю.А. Колесников
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ, ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ

Главной производственной задачей современного времени является комплексное использование сырья металлургических переделов. Представлен обзор вариантов применения железосодержащих отходов, образующихся на металлургическом производстве.

Ультракompлексное использование техногенных отходов металлургических предприятий приобретает особую значимость в свете роста проблем окружающей среды и снижения содержания главных компонентов исходного сырья. Приоритетным направлением полноценного использования сырья в металлургии является оптимальная полнота извлечения главных и сопутствующих элементов, утилизация отходов обогащения различных видов руд. Помимо всего прочего, металлургия – весьма ресурсо- и энергоемкая отрасль. К сожалению, даже при наличии технологии из-

влечения ценных компонентов железной руды большинство полезных материалов сбрасывается в отвалы. Помимо основных компонентов руд (Fe, Mn, Cr) также встречаются Ti, W, Ni, Zn, Co, Cu и т.д. [1].

Реализация большинства металлургических процессов идет со значительным пылеобразованием. Пыль нужно улавливать и подвергать утилизации, извлекать содержащиеся в ней металлы, поддерживать должный уровень защиты окружающей биосистемы. С этой целью используют комплексы мокрого и сухого пылеулавливания. Одной из проблем является присутствие цинка и свинца, ухудшающих ход технологических процессов и качественных показателей.

Пыль может применяться в металлургическом переделе в качестве одного из шихтовых компонентов. Увы, повышенное количество цинка и свинца ухудшает качество стали и чугуна, нарушает рабочий ход печей, происходит увеличение концентрации данных металлов внутри печей при повторном использовании.

США имеет несколько вариантов отделения и утилизации цветных металлов из металлургической пыли. Одно из решений основано на различии в хрупкости, твердости, прочих свойствах соединений железа, свинца и цинка. Пыль, вылетающая из металлургических агрегатов, последовательно накапливается в электрофильтрах, далее в скрубберах мокрой очистки (после частичного удаления влаги) поступает в дробилку (селективное дробление). Готовый мелкодисперсный продукт состоит главным образом из соединений цинка и свинца, а более укрупненный, в основном, из оксидов железа. С целью сортировки продукта по размерам используют специализированные вакуумные сепараторы, осаждающие более мелкие частицы. Крупные же поступают в фильтры-прессы, после проходят сушку и агломерацию, возвращаясь в металлургический передел. Из сепараторов осажденные крупницы цветных металлов направляются на вторичное использование.

Чтобы провести удаление оксида цинка из колошниковой пыли, реализуют ее смешивание с отработанным травильным раствором. Большая часть оксида цинка растворяется, переходя в сульфат и хлорид цинка. Осадок оксида железа и менее 0,5 мас.% оксида цинка затем используют в шихте для окускования.

Различные опыты с выщелачиванием кислот (азотной, углекислотной, серной и т.д.) водными растворами показали способность водных растворов серной кислоты растворять, практически полностью, весь цинк колошниковой пыли с учетом его определенного содержания (около 120 г/л). С меньшим содержанием понижается

растворение цинка и начинается нежелательное растворение железа. Водный раствор уксусной кислоты (250 г/л), легко восстанавливаясь, переводит в себя около 90% свинца, 75% цинка. Весьма перспективен двухстадийный процесс выщелачивания: на первом этапе свинец экстрагируется водным раствором уксусной кислоты; на втором этапе проходит выщелачивание цинка водой [2].

В США на обогатительных фабриках отходы используются либо раздельно, либо вместе с концентратами и рудой. К примеру, на заводе фирмы «Bethlehem Steel» все отходы предприятия утилизируют на аглофабрике; на заводе фирмы «Inland Steel» весь агломерат спекают из одних сталеплавильных отходов. Также разработан процесс комплексной подготовки железосодержащих пылей, шламов коксовой мелочи, а также замасленной окалины методом комплексного брикетирования со связующей добавкой каменноугольного пека. Используются брикеты в шихте доменных печей в количестве до 105 кг/т шихты.

Фирма «Pelletech» использует сталеплавильную и колошниковую пыль совместно с мелкодисперсной окалиной, негашеной известью (от 4 до 5% по массе), а также кварцевой мукой в количестве от 1 до 2 мас.%. Компоненты смешивают с водой, выдерживая несколько часов и обеспечивая этим условия для гидратации извести. После описанных этапов идет гранулирование и сушка полученных окатышей, применяемых в домне в количестве 10% от массы шихты.

На территории Германии был создан процесс преобразования и утилизации пылей электрофильтров металлургических предприятий. Из электрофильтров пыль равномерно поступает в бассейн, наполненный водой, в который вводят щелочь, дозируемую таким образом, чтобы $\text{pH} = 9,3\text{--}9,8$. Такие условия переводят соли свинца и цинка в нерастворимые соединения. Создаваемая однородная суспензия поступает в смеситель, где разбавляется водой в соотношении 1:2. Уровень pH понижают дополнительным вводом щелочи до $8,7\text{--}9,0$. В процессе последующего осветления (длительность 30–60 мин) и обезвоживания шлама в пресс-фильтре образуется кек с влажностью около 40%, содержащий 8–12% свинца и 25–35% цинка. Применяется на заводах цветной металлургии.

Заводы «August Thyssen-Hütte AG» (Германия), «British Steel» (Англия) и т.д. транспортируют сухую сталеплавильную пыль на усреднительные склады, где проводят ее утилизацию вместе с окалиной в количествах до 100 кг/т агломерата. Шламы подают в барабаны-окомкователи.

Существует разновидность процесса Midrex, совместно разработанная компаниями «Kobe Steel» и «Midrex corporation», – процесс получения губчатого железа Fastmet, впервые реализованный в 1995 году на заводе японского города Какогава. Исходных сырьевые материалы – железорудный концентрат и восстановители (коксовая мелочь, измельченный уголь). Этот процесс прямого восстановления железа позволяет утилизировать пыли электросталеплавильного, доменного и кислородно-конвертерного производства.

Аналогично может быть использован процесс Itmk3, разработанный «Kobe Steel» (Япония). Он является разновидностью процесса Fastmet, который, в свою очередь, также является разновидностью процесса Midrex. Главной отличительной чертой процессов является температурный режим ПВП (печи с выдвигным подом), а также вид готового полупродукта. Аналогично большинству процессов, осуществляемых в ПВП, Itmk3 позволяет улавливать цинк из перерабатываемых материалов на уровне 95%.

Перспективен процесс PRIMUS, созданный фирмой «PAUL WURT» и реализуемый в цилиндрической, вертикальной, мультикамерной печи с располагающимися друг над другом стационарными подами (тип этажерки). Исходными шихтовыми материалами выступают мелкодисперсная железная руда или металлургические отходы (конвертерные, доменные шламы, пыль ДСП, прокатная окалина) и углесодержащие материалы в качестве восстановителя. Энергия для процесса вырабатывается благодаря теплу, выделяющемуся при полном дожигании СО и летучих веществ угля. Цинк и свинец сырьевых материалов восстанавливаются, испаряются и окисляются в потоках газа, улавливаясь в системе газоочистки с рукавными фильтрами [3].

Анализ показывает, что основным вектором применения мелкодисперсных отходов металлургического производства является замыкаемый цикл использования внутри предприятия с возможным извлечением цветных металлов.

Внедрение новых технологических этапов, дающих максимальный энергосберегающий, природоохранный эффект и экономию ресурсов, может быть достигнуто за счет грамотно выстроенной, комплексной системы преобразования различных видов сырья, а также эволюции согласованности уровней технологической инфраструктуры.

Список литературы

1. Андоньев С.М., Филиппев О.В. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии. – Харьков: Металлургия, 1998. – 246 с.
2. Лебединец Ю.П. Опыт организации работ по утилизации и размещению промышленных отходов // Сталь. – 1999. – № 6. – С. 87–90.
3. Абильтград О., Педпрсен Ж., Оверграад Ж. Снижение пылевых выбросов в атмосферу при выплавке стали в электродуговых печах // Новости черной металлургии за рубежом. – 1996. – № 2. – С. 68–69.
4. Троянский А.А., Клягин Г.С., Ростовский В.И. Технология рециклинга пылевыноса сталеплавильных агрегатов с извлечением цветных металлов // Сталь. – 2002. – № 8. – С. 119–122.

УДК 669.162.262.4

**С.К. Сибатуллин, И.А. Рамазанов, М.И. Сибатуллина,
Э.А. Каримуллина, Ю.Г. Валева**

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПО СЕЧЕНИЮ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ТРАЕКТОРИЮ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С БОЛЬШОГО (НИЖНЕГО) КОНУСА

Распределение загружаемых материалов на колошнике издавна считали существенным элементом теории и технологии плавки и отмечали это, в частности, применительно к доменным печам в 1812 и 1841 гг. [1, 2]. Значимость его и для современных условий работы печей остаётся высокой [2–4]. Возможное снижение удельного расхода кокса путём дальнейшего совершенствования распределения железорудного сырья и кокса в колошниковом пространстве доменной печи составляет около 7% [2]. Обеспечивающим такое действие фактором является снижение затрат тепла на прямое восстановление железа из оксидов, приближение степеней прямого и косвенного восстановлений к оптимальным величинам [5, 6]. В связи с этим, руководствуясь базовыми прин-

ципами [7] и тенденциями [8] развития, рассмотрели факторы, действующие на распределение загружаемых материалов через траекторию движения материалов с большого (нижнего) конуса.

Загружаемые в доменную печь материалы представлены железорудными составляющими и коксом. Железорудные составляющие включают, кроме главных (основных) компонентов, которыми являются агломерат, окатыши и руды, ещё и дополнительные компоненты (добавки). В современных условиях добавками являются: флюсы; промывочные материалы; материалы, формирующие гарнисаж; материалы, переносящие тепло в горн печи в особых условиях её работы; углеродсодержащие материалы – заменители части кокса.

Для достижения наилучших результатов в работе доменной печи с получением качественного чугуна [9] необходимо обеспечивать максимально достижимое равномерное окружное (по секторам окружности колошника) распределение всех загружаемых материалов по видам, а каждого из них их ещё и по количеству, крупности и другим существенным показателям качества. К таковым могут относиться прочность, реакционная способность и др. Повышение равномерности по окружности ведёт к улучшению степени использования шихтой химической и тепловой энергии печных газов и к увеличению межремонтного периода работы печи.

Распределение по кольцевым зонам (радиусу колошника) должно быть оптимальным, но в соответствии с условиями работы печи. При этом также имеет значение распределение по видам материалов, количеству их в кольцевых зонах, показателям качества, в том числе крупности (содержанию мелочи), прочности, реакционной способности и др. [10].

На распределение, кроме траектории, влияют другие факторы:

- соотношение углов откоса разных материалов, в том числе кокса и железорудного сырья;
- деформация ранее загруженного слоя вновь загружаемым материалом, то есть падающим с большого (нижнего) конуса;
- соотношение скорости опускания поверхности шихты по кольцевым зонам от футеровки до оси, то есть по отдельным составляющим диаметра колошника; то же по секторам (по отдельным составляющим окружности колошника);
- самопроизвольное перераспределение материалов по крупности в процессе ссыпания материала с большого ко-

нуса и после загрузки очередной подачи: сегрегация, переивание;

- количественное соотношение между материалами в шихте (агломерат, окатыши, кокс, руда, добавки).

В действии этих факторов имеется и роль подъёмной силы газового потока.

Траектория определяет место встречи потока материалов, поступающих с большого (нижнего) конуса, с поверхностью шихты. Она зависит от размеров отдельных составляющих загрузочного устройства и режима их работы, от оснащения печи дополнительными устройствами для воздействия на траекторию, от физико-механических свойств загружаемых материалов, от подъёмной силы газового потока.

Размерными параметрами являются:

- диаметры колошника, большого (нижнего) конуса, колошниковый зазор – расстояние от кромки конуса до стенки колошника;
- высота колошника;
- угол наклона образующей большого (нижнего) конуса, высов его из чаши;
- ход конуса, скорость и характер его опускания, величина зазора между чашей и конусом при его открывании (опускании).

Дополнительными устройствами для воздействия на траекторию являются:

- подвижные плиты колошника;
- распределительное кольцо;
- технологическое отверстие (проём) в нижнем конусе.

Основными показателями физико-механических свойств загружаемых материалов, влияющими на траекторию, являются:

- крупность;
- плотность;
- порозность;
- механическая прочность;
- коэффициенты внешнего и внутреннего трения;
- газопроницаемость.

Подъёмная сила газового потока определяется количеством газа, поступающего из слоя шихты, его температурой, давлением и плотностью. Следовательно, все эти параметры также влияют на

траекторию движения материалов с большого (нижнего) конуса до поверхности шихты.

Размерные параметры

Наблюдения за ссыпанием материалов с большого конуса при загрузке печи перед задувкой через люки межконусного пространства и люки газоотводов показали, что на большом конусе материалы располагаются соответственно положению их в приемной воронке: на большом конусе их больше под вершиной материалов на малом конусе.

В практике наибольшее распространение получила конструкция конуса с углом наклона образующей большого конуса к горизонту 53° . Материалы с такого конуса начинают ссыпаться после образования щели шириной 100 – 150 мм. До начала ссыпания материалы опускаются вместе с конусом, задерживаясь около стенок воронки, из-за чего увеличивается наклон поверхности в сторону штанги. После начала ссыпания наблюдается повышенная скорость схода над кольцевым отверстием, вследствие чего наклон поверхности материалов в сторону штанги уменьшается и при опускании до нижней кромки воронки большого конуса поверхность становится горизонтальной для кокса и наклонной в сторону воронки для железорудного материала при раздельном опускании их (рис. 1).

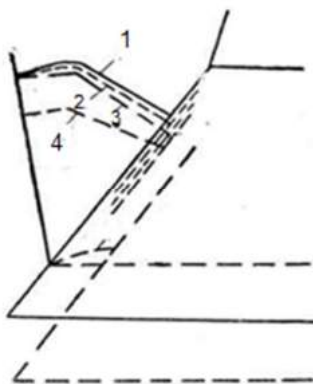


Рис.1. Изменение поверхности материалов при опускании большого конуса для загрузки их из межконусного в колошниковое пространство: 1-4 – последовательные положения поверхности материалов

Ссыпание подач вида РРКК и др. (прямых совместных) носит такой же характер, причем при использовании обратных совместных подач (ККРР) материалы сходят около стенок воронки быстрее, чем на подачах вида РРКК.

На опережение материалов около стен оказывает влияние высов конуса. На печи с воронкой диаметром 3900 мм наблюдалось большее смещение поверхности материалов в сторону воронки для конуса диаметром 4200 мм по сравнению с конусом 4500 мм.

В потоке движущейся по поверхности конуса шихты при опускании прямых совместных подач заметна резкая граница между рудой и коксом, что указывает на небольшое их перемешивание. При движении по поверхности конуса обратных подач часть кокса опережала рудную часть. При ссыпании обратных подач с агломератом такого опережения не было.

Ширина щели 100–150 мм, при которой начиналось ссыпание материалов с большого конуса, получалась через 5–6,5 с после начала опускания его. Ссыпание подач продолжалось 8–10 с, оканчиваясь до остановки большого конуса в нижнем положении.

Для воздействия на характер движения материалов при ссыпании с большого конуса иногда используют промежуточную его остановку при опускании. Подъем конуса для закрытия межконусного пространства снизу производят медленнее, чем опускание, для уменьшения маятникового качания.

По мере опускания большого конуса увеличиваются начальные скорости движения падающего потока материалов и траектории падения становятся более пологими. Одновременно с этим снижается начальная точка свободного падения материалов, что обуславливает пересечение траекторий, имевшихся в начале ссыпания, с траекториями, получающимися в середине и в конце осыпания.

Пересечение траекторий меняет условия распределения материалов по крупности: при высоком уровне засыпи поток шихты падает между гребнем, образованным ранее ссыпавшимися материалами, и центром печи, что, затрудняя перемещение материалов к стенкам печи, должно способствовать откату туда более крупных кусков. При пониженном уровне засыпи материалы падают между стенкой и гребнем, образованным ранее ссыпавшимися материалами, что должно способствовать концентрации мелких фракций около стен.

Падение железорудного материала между гребнем и стенками исследователи наблюдали на секторной модели колошника (диаметр колошника 5,8 м, большого конуса 4,115 м, угол наклона конуса 50°). На этой модели было установлено определенное увеличение скорости падения руды по мере ее ссыпания и попадание последних порций ее, покидающих конус после ссыпания основной массы руды, в выемку между гребнем и стенкой. Происходит значительное уменьшение крутизны траекторий падения материалов с большого конуса при увеличении высова конуса с 25 до 229 мм.

Во время перемещения по конусу поток шихты сегрегирует. Крупные, округленные и многогранной формы частицы катятся, тогда как мелкие просыпаются через слой крупных и перемещаются по поверхности конуса более медленно. В итоге верхний слой кусков, покидающий конус с повышенной скоростью, отбрасывается от кромки конуса дальше в сравнении с нижним слоем мелких частиц.

Горизонт удара компонентов шихты о стенку печи зависит от угла наклона образующей конуса к горизонту, угла внешнего трения материалов по стали и высова конуса за кромку чаши. Зона удара окатышей и кокса, имеющих угол внешнего трения $14-18^\circ$, в отсутствии газового потока располагается выше по сравнению с агломератом, угол внешнего трения которого находится в пределах $23-25^\circ$.

Газовый поток вызывает искривление траекторий движения, а также подъем зоны их удара о колошниковую защиту на 1,0-1,2 м по сравнению с зазорами перед задувкой (рис. 2).

В работающей печи через слой ссыпающейся шихты проходит поток газа в направлении газоотводов, вследствие чего траектория падения материалов более полого по сравнению с периодом загрузки шихты перед задувкой.

На положение зоны удара кроме упомянутых факторов влияет ширина кольцевого зазора между кромкой конуса и колошниковой защитой. По измерениям перед задувкой для зазора 900 мм траектории падения кокса и железной руды пересекались со стенкой колошника на расстоянии соответственно 2,2 и 2,5 м от нижнего положения конуса. Скорость движения руды и кокса в начале падения составила 2,9 и 3,3 м/с. При уменьшении кольцевого зазора зона удара материалов о стенку колошника поднимается

вверх и, наоборот, при увеличении зазора удар воспринимают плиты защиты, расположенные ниже.

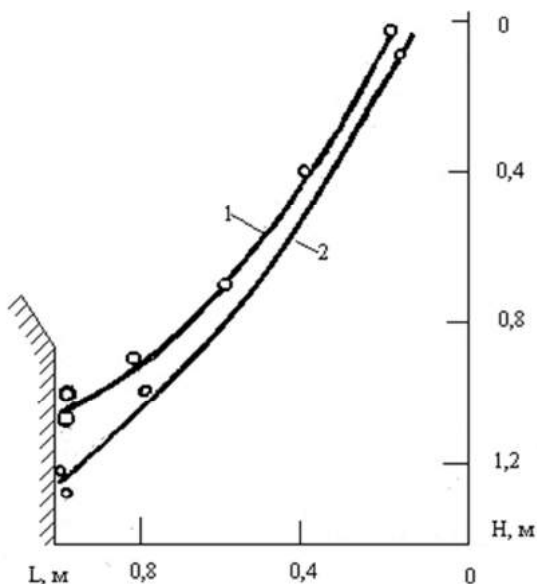


Рис. 2. Траектории движения кокса (1) и агломерата (2) при работе доменной печи на полном дутье (H, L – расстояние от кромки опущенного конуса) [11]

В отсутствие газового потока частицы окатышей благодаря меньшему трению при движении по конусу падают ближе к стенке печи, чем частицы агломерата. В действующем агрегате различие в траекториях падения обоих материалов может отсутствовать, вследствие более высокой плотности окатышей и лучшей их газопроницаемости.

Влияние различных факторов на движение материалов с конуса иллюстрируют данные моделирования (рис. 3).

Кривые этого рисунка свидетельствуют о падении материалов по более пологим траекториям при увеличении высова конуса (рис. 3, а).

Увеличение хода конуса делает траектории более пологими (рис. 3, б), так как в этом случае для части материалов увеличиваются путь движения по поверхности конуса и скорость ссыпания.

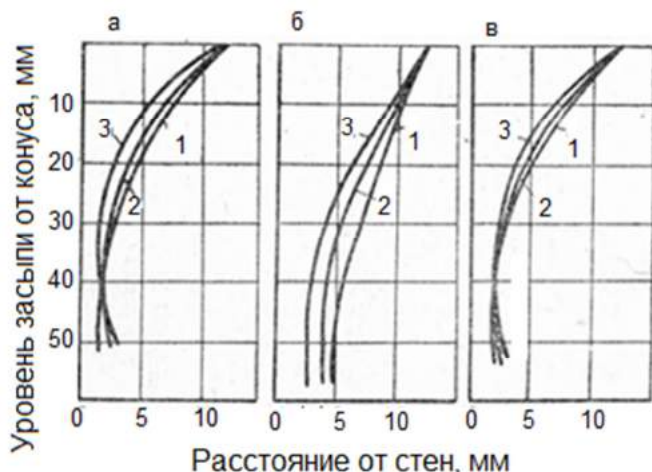


Рис. 3. Траектории движения основного потока сыпавшихся с конуса материалов:

- а – высот конуса 0,38 (кривая 1), 2,03 (кривая 2) и 3,56 мм (кривая 3);
- б – ход конуса 6,35 (кривая 1), 9,5 (кривая 2) и 12,7 мм (кривая 3);
- в – время опускания конуса 5 с (кривая 1) в течение 2 с (кривая 2) и мгновенное опускание (кривая 3)

С увеличением скорости опускания конуса основной поток материалов покидает конус с большей скоростью и после опускания его на большую величину, в связи с чем траектории движения материалов с конуса получаются более пологими (рис. 3, в).

Удар материалов о колошниковую защиту относится к неупругим и поэтому в последующем частицы падают до поверхности шихты у периферии практически вертикально (рис. 4).

Место пересечения траектории падения кокса с колошниковой защитой при максимальной подъемной силе газового потока соответствует верхней границе зоны удара материалов о защиту, а агломерата при минимальной подъемной силе газового потока – нижней границе.

Увеличение диаметра колошника без изменения диаметра большого конуса приводит к увеличению кольцевого зазора между кромкой конуса и колошниковой защитой, вследствие чего зона удара получается ниже.

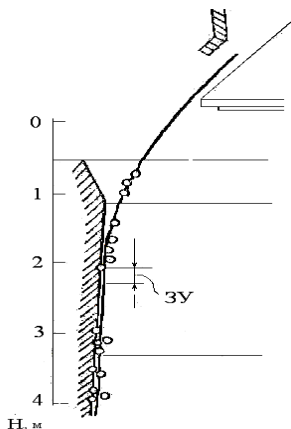


Рис. 4. Траектория движения материала в отсутствие газового потока: ЗУ – зона удара; Н – расстояние от нижней кромки большого конуса в открытом положении до верха шахты [11]

При уменьшении высоты колошника зона удара может оказаться в верхней части футеровки шахты, что ускоряет разрушение её.

Увеличение высоты колошника смещает шахту вниз, что действует в направлении затруднения противоточного движения шихты и газов в верхней части доменной печи.

Дополнительные устройства

Дополнительными устройствами служат:

- подвижные плиты колошника;
- радиальное распределительное кольцо;
- технологическое отверстие (проём) в нижнем конусе.

Подвижные плиты, в количестве до 20 шт. на печах среднего объёма, устанавливают по окружности в верхней части колошника [4] (рис. 5).

На рис. 5 пунктирная линия характеризует вид поверхности шихты при загрузке без участия плит, сплошная – формирование поверхности под воздействием плит. Использование плит только при загрузке кокса позволяет повысить долю его в осевой зоне печи, то есть раскрыть центр.

Радиальное распределительное кольцо имеет возможность вертикального перемещения в зазоре между кромкой большого конуса и колошниковой защитой [12] (рис. 6).

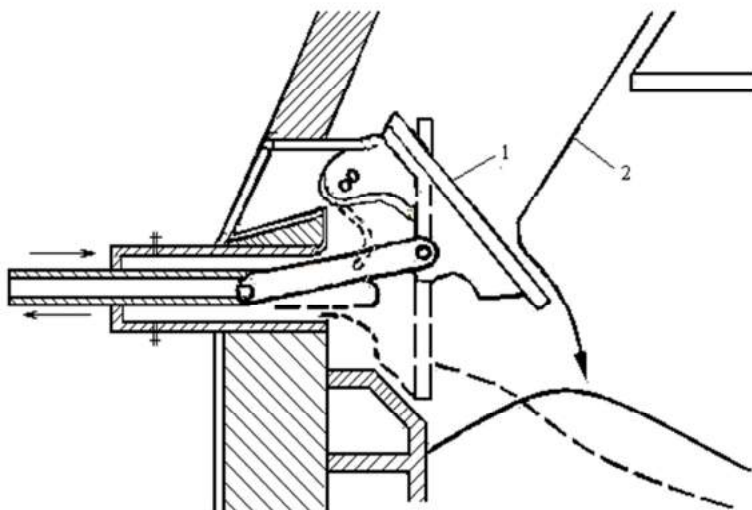


Рис. 5. Схема действия подвижных плит, характер движения и расположения шихты: 1 – подвижная плита; 2 – траектория потока шихты

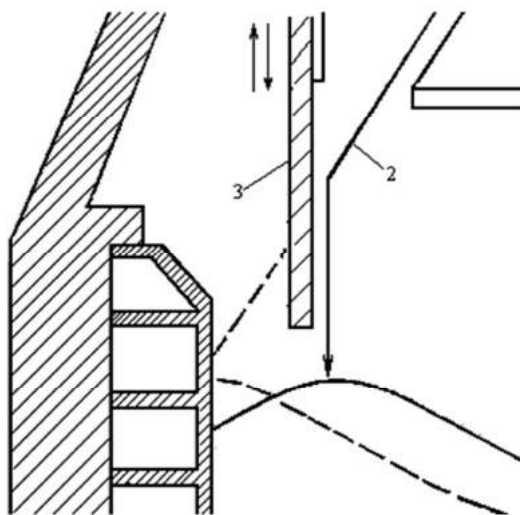


Рис. 6. Схема действия радиального кольца: 1 – большой конус; 2 – траектория движения материалов с конуса; 3 – тело металлического кольца

В верхнем положении оно не участвует в распределении материалов, а в нижнем, изменяя траекторию, направляет их поток в сторону центра печи. Раздельная загрузка рудной и коксовой частей с частичным или постоянным участием кольца позволяет создавать различные траектории движения материалов с большого конуса до поверхности шихты.

Технологическое отверстие в нижнем конусе (ТОНК) [13] приемлемо на печах, обеспеченных вышерасположенными устройствами для герметизации в процессе загрузки (конусы, клапаны, шихтовые затворы).

Создаваемый проём в зоне расположения кокса в межконусном пространстве (рис. 7, между сплошной и пунктирной линиями) позволяет загружать заданное количество кокса в направлении центра печи, повышая тем самым её газопроницаемость.

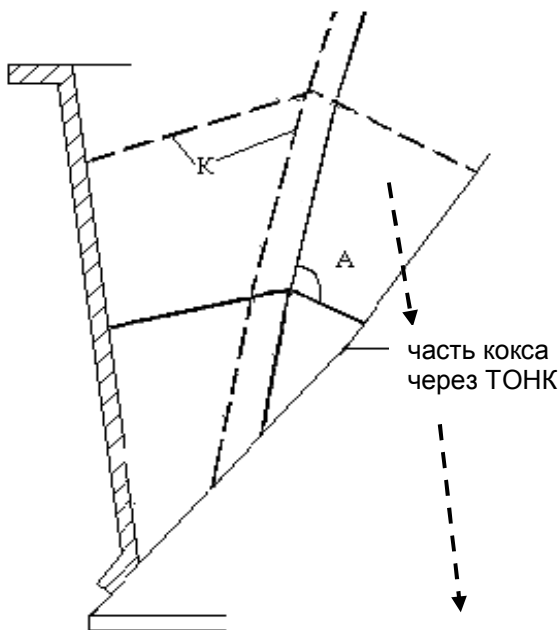


Рис. 7. Схема поступления части кокса в осевую зону через технологическое отверстие в нижнем конусе

Список литературы

1. Павлов М.А. *Металлургия чугуна*. – М.: *Металлургиздат*, 1949. – 628 с.
2. Товаровский И.Г. Прогнозная оценка влияния шихтовых материалов по радиусу колошника на процессы и показатели доменной плавки // *Металлург*. – 2014. – № 8. – С. 46 – 52.
3. Дмитриев А.Н., Спиринов Н.А. Использование современных информационных технологий для анализа и контроля доменного процесса // *Чёрная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация»*. – 2014. – № 1. – С.21–25.
4. *Металлургия чугуна* / Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев, Ю.С. Юсфин и др.; под ред. Ю.С. Юсфина. – М.: *Академкнига*. 2004. – 774 с.
5. Сибатуллин С.К. Оптимальная степень прямого восстановления железа из оксидов // *Сталь*. – 1997. – № 4. – С. 1–5.
6. Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Бегинюк В.А. Технологические решения для оптимальной реализации доменного процесса // *Металлург*. – 2014. – № 4. – С. 64–70.
7. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. – 2014. – № 1 (45). – С. 5–6.
8. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. – 2008. – № 1. – С. 5–11.
9. Специальные чугуны. Литьё. Термическая обработка / В.М. Колокольцев [и др.]; под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск, 2009.
10. Сибатуллин С.К., Каримуллина Э.А., Бегинюк В.А. Повышение эквивалента замены кокса природным газом при проведении доменного процесса // *Литейные процессы: межрегион. сб. науч. тр.* / под ред. В.М. Колокольцева. – Вып. 12. – Магнитогорск: *Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова*, 2013. – С. 63–70.
11. Бабарыкин Н.Н. *Теория и технология доменного процесса*. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 257 с.
12. Расширение технологических возможностей двухшлюзового загрузочного устройства / Рыбцов А.Ф., Никифоров В.Н., Ра-

- дионенко З.А. и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1985. – № 2. – С. 4–6.
13. Результаты эксплуатации загрузочного устройства с подачей части кокса в осевую зону колошника / Соцкий В.А., Тарасов В.П., Набока В.И. и др. // *Сталь*. – 2001. – № 11. – С. 486–489.

УДК 621.745.56

С.П. Задруцкий, Г.А. Румянцева, Б.М. Немененок, И.А. Горбель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ФЛЮСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЛОМА

Применяемые технологии плавки и рафинирования алюминиевых сплавов определяют уровень негативного воздействия на окружающую среду, который характеризуется существенными объемами и высокой токсичностью выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [1].

Существует три основных направления сокращения выбросов загрязняющих веществ при плавке и рафинировании алюминиевых литейных сплавов, комплексная реализация которых обеспечит экологическую безопасность производства:

1. Снижение в составе шихты потенциально опасных для окружающей среды компонентов путем их предварительной подготовки (сушка, прокалка, снятие лакокрасочных покрытий).
2. Совершенствование технологии плавки и рафинирующей обработки с целью уменьшения количества образующихся вредных веществ и объемов отходящих газов.
3. Применение эффективной газоочистки.

Основными источниками возникновения взвешенных веществ являются флюсы, испаряющиеся в процессе плавки и рафинирующей обработки, алюминиевая пыль, образующаяся при завалке шихты, а также углерод (частицы сажи), получаемый при неполном сгорании некоторых органических веществ в печи.

При выборе аспирационных систем и газоочистки необходимо учитывать тот факт, что до настоящего времени не существует

экономичного универсального способа очистки, который обеспечивал бы одновременное удаление из дымовых газов всех вредных примесей.

Так как требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе населенных пунктов постоянно ужесточаются, то для их соблюдения существующие способы очистки становятся экономически неоправданными и необходимо использовать более сложные и энергоемкие очистные сооружения, потребляемая мощность которых достигает до 6 кВт/ч на 1000 м³ отходящих газов. На лучших зарубежных предприятиях на охрану окружающей среды уже сегодня приходится от 10 до 20% стоимости производства. Вместе с тем установлено, что при использовании флюса 47% KCl+30% NaCl+23% Na₃AlF₆ в рафинировании активно участвует не более 40% используемого солевого флюса. Остальная его масса, видоизменяя свое агрегатное состояние, испаряется, переходит в шлак и реагирует с футеровкой печи, в целом заметно ухудшая технологические и экологические условия плавки. Кроме того, в известных универсальных флюсах при температуре 720–800°C растворяется всего 0,3–0,5% Al₂O₃, а в ряде оксидных и карбонатных систем – до 6% при 700°C. Поэтому переход на такие рафинирующие составы обеспечит не только более высокое качество расплава, но и позволит отказаться от энергоемких очистных систем [2].

При выплавке чушкового поршневого сплава АК12М2МгН из лома алюминиевых сплавов в пламенных печах для защиты расплава от окисления используют рафинирующие флюсы. При этом следует учитывать, что слой флюса затрудняет передачу тепла от факела сжигаемого топлива к расплаву. В результате взаимодействия флюса с расплавом образуется шлак, который является хорошим теплоизолятором. Так, при толщине шлака 100 мм на плавление алюминия затрачивается на 30% больше энергии, чем при слое шлака в 25 мм [3]. Поэтому с экономической и экологической точек зрения невозможно иметь излишек флюса, поскольку его стоимость увеличивает производственные затраты, как и утилизация солевого шлака, удаляемого из печи в конце плавки [4].

Для проверки эффективности рафинирующих препаратов и оценки объемов пылегазовых выбросов, образующихся при вводе их в расплав, проводили исследования в условиях литейного цеха Научно-производственного общества с ограниченной ответствен-

ностью «Время – V» при производстве чушкового поршневого сплава АК12М2МгН из лома алюминиевых сплавов. Плавку проводили по принятой на предприятии технологии в пламенной печи ёмкостью 2,0 т. Отличие опытных плавов заключалось только в составе применяемого флюса. По существующей технологии для защиты расплава от окисления использовали флюс 47% KCl+30 % NaCl+23% Na₃AlF₆ в количестве 0,5% от массы расплава. Опытные плавки проводили с применением карбонатного флюса (13% KCl+55% NaCl+17% Na₃AlF₆+10% Na₂CO₃+5% CaCO₃·MgCO₃) в количестве 0,5% от массы расплава.

Предварительный нагрев шихтовых материалов осуществляли жидкотопливными горелками на оплавочном столе для удаления из алюминиевого лома закладных стальных элементов. После расплавления металл стекал в камеру выдержки, где под слоем флюса его нагревали до температуры 700–720°C. Закладные элементы скребком снимали с оплавочного стола, чтобы они не попадали в ванну с расплавом и не насыщали его железом. После отбора пробы на химанализ и корректировки химического состава, расплав перетекал в приемок и далее передавался на фильтрацию для удаления неметаллических включений. Отфильтрованный расплав разливали в изложницы для получения стандартной чушки массой примерно 15 кг.

При проведении опытных плавов анализировали балл пористости по шкале ВИАМ, химический состав сплава АК12М2МгН на соответствие ГОСТу 1583-93, количество и состав образующегося шлака, металлургический выход, количество и состав пылегазовых выбросов, выделяющихся в процессе плавки. Замер пылегазовых выбросов проводили на горизонтальном участке системы вытяжной вентиляции при температуре отходящих газов 80°C и скорости 9,6 м/с. Динамическое давление составляло 72 Па. Усредненные значения по результатам трех опытных плавов приведены в табл. 1, 2 в сравнении с существующей на предприятии технологией. Из табл. 1 следует, что использование предлагаемого состава флюса обеспечивает увеличение металлургического выхода на 2,2%, снижение количества образующегося шлака на 0,73% при уменьшении алюминия в нем на 3,08% и практически постоянном извлечении закладных элементов из черных сплавов. При этом пористость по шкале ВИАМ соответствовала 2 баллу для всех плавов.

Таблица 1

Результаты опытных и серийных плавок сплава АК12М2МгН
в отражательной пламенной печи в НПООО «Время-V»

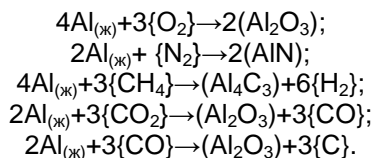
Варианты технологий	Балл пористости по шкале ВИАМ	Металлургический выход, %	Количество образующегося шлака, %	Содержание алюминия в шлаке, %	Количество извлеченных закладных, %
Серийная	2	87,3	1,77	9,23	0,45
Опытная	2	89,5	1,04	6,15	0,46

Таблица 2

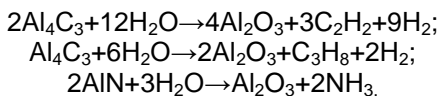
Результаты анализа пылегазовых выбросов при плавке сплава
АК12М2МгН в отражательной пламенной печи
в НПООО «Время-V»

Варианты технологий	Расход флюса, %	Средняя концентрация пыли, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т	Хлориды, кг/т	Фториды, кг/т	СО, кг/т	NO _x , кг/т
Серийная	0,5	2,247	3,81	0,25	0,12	3,77	0,48
Опытная	0,5	1,811	3,07	0,18	0,09	3,82	0,47

В процессе плавления алюминиевого сплава и выдержки его в пламенной печи он вступает в реакции с компонентами воздуха и печной атмосферы:



Из реакции следует, что для расплавленного алюминия не существует защитной атмосферы и при рабочих температурах ведения плавки происходит образование нитрида алюминия при взаимодействии с азотом печной атмосферы, который при нормальных условиях считается инертным газом [3]. Наличие значительного количества нитрида алюминия установлено при рентгеноструктурном анализе шлаков, при этом его содержание составляет около трети неметаллических включений шлака. Кроме нитрида алюминия в нерастворимой части шлаков обнаружены Al_2O_3 ; SiO_2 ; $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ в сумме около 23 %. На практике наличие нитрида алюминия в алюминиевых шлаках подтверждается резким запахом аммиака в дождливую погоду, а присутствие карбидов дает специфический запах ацетилена или пропана в результате протекания реакций:



Поскольку данные реакции протекают с выделением большого количества тепла и нагревом шлака [3], то это приводит к значительным безвозвратным потерям алюминия. Поэтому важно минимизировать содержание алюминия в шлаке. т.к. в случае его содержания менее 11 % переработка алюминиевых шлаков становится нерентабельной и они подлежат захоронению как отвальные шлаки на специальных полигонах. Данные отходы имеют 4 класс опасности и при их захоронении уплачивается соответствующий экологический налог.

Учитывая, что алюминий хорошо смачивает оксиды, при съеме шлака вместе с ними замешивается большое количество металла (от 50 до 70%). Отделение алюминия от шлака производится с помощью флюса, который в жидком виде смачивает шлак и увеличивает поверхностное натяжение между алюминием и шлаком. В результате облегчается коалесценция капель алюминия с помощью фтористой оставляющей флюса (Na_3AlF_6) и отделение алюминия от шлака.

Наличие в составе оптимизированного флюса оксида натрия, образующегося в результате диссоциации соды (Na_2CO_3), приводит к повышению его химической активности и более эффективному растворению оксида алюминия [2, 5], что и облегчает про-

цесс отделения капель алюминия и слияния их с расплавом. В результате содержание алюминия в шлаке по сравнению с серийной технологией снижается на 33%, а металлургический выход увеличивается на 2,2% (см. табл. 1).

Анализ пылегазовых выбросов показывает, что при проведении опытных плавов значительно снизились выбросы хлоридов и фторидов, а концентрация СО изменилась незначительно в связи с догоранием его в рабочем пространстве печи. По удельным выбросам пыли также произошло значительное снижение (почти на 20%).

Использование карбонатного флюса при выплавке годового объема сплава АК12М2МгН позволит получить годовой экономический эффект около 165 млн бел. руб. за счет изменения затрат на флюсовую обработку, снижения расхода шихтовых материалов в связи с увеличением металлургического выхода, изменения величины экологического налога на образующиеся пылегазовые выбросы и уменьшения расходов на захоронение отвального шлака в связи с сокращением его объемов.

Список литературы

1. Повышение экологической безопасности процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов / С.П.Задруцкий [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 231 с.
2. Задруцкий С.П., Румянцева Г.А., Немененок Б.М. О рафинирующей способности и экологической безопасности новых флюсов и препаратов // Литейное производство. – 2013. – № 5. – С. 10-12.
3. Пискарев Д.В., Казаков П.В., Ульянов Д.С. Флюсовая обработка – просто и доступно // Цветные металлы. – 2010. – № 12. – С. 64-68
4. Шмитц К., Домагала Й., Хааг П. Рециклинг алюминия. Справочное руководство. – М.: Алюсил МВиТ, 2008. – 528 с.
5. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов [и др.]. – М.: МИСиС, 1996. – 504 с.

УДК 669.162.261.3

**Е.О. Харченко, М.В. Сидоров, М.И. Сибатуллина,
С.Р. Миникаев**

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

А.В. Чевычелов, М.А. Семенюк

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

ВЫЯВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ЗАГРУЗКИ ОКАТЫШЕЙ В БУНКЕР БЗУ ЛОТКОВОГО ТИПА ПРИ ИХ ДОЛЕ 10–50% ОТ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ЧАСТИ ШИХТЫ

Железорудная часть шихты доменных печей в основном состоит из агломерата и окатышей. Доля последних на различных металлургических предприятиях России варьируется в интервале 10–50% от железорудной ее части. Изменения компонентного состава шихты или расхода отдельных материалов должны сопровождаться изменением режима их загрузки. Обеспечение равномерного состава шихты по окружности печи и оптимального по радиусу печи способствует повышению степени косвенного восстановления железа из оксидов и снижению, тем самым, степени прямого восстановления. Приближение степеней восстановления газами CO , H_2 и твердым углеродом к оптимальным величинам обеспечивает снижение удельного расхода кокса [1].

Для выявления рационального режима загрузки шихтовых материалов с различным содержанием окатышей провели исследования на физической модели однократного компактного загрузочного устройства лоткового типа, изготовленной в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 2, 4 и 6 ОАО «ММК» [2–4].

Исследовали различные режимы загрузки шихтовых материалов при различной доле окатышей от железорудной части шихты. Для определения воздействия исследуемых факторов на равномерность распределения компонентов шихты применили планирование эксперимента [5–7]. При составлении матрицы планирования использовали полный двухфакторный план с варьированием на трех уровнях.

$$K_{\text{КШ}} = 1 - \frac{\sigma_i}{K_{\text{Ш}}_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где σ_i – среднее квадратическое отклонение по массе i -тых порций компонентов шихты, поступающих из бункера;
 $KШ_{cp}$ – среднее значение поступающих из бункера порций шихты, по массе.

Для математического описания выходного параметра от указанных факторов выбрано уравнение

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_{12} + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_3 x_1 x_2 + b_4 x_2 x_1 + b_5 x_1^2 x_2^2, \quad (2)$$

где x_1, x_2 – факторы, влияния которых на параметр исследуются;
 b – коэффициенты уравнения регрессии.

В процессе эксперимента в бункер БЗУ загружали агломерат, окатыши, марганцевую руду и коксовый орешек. Количества руды и топливной добавки в бункере модели БЗУ были постоянными и соответствовали их расходу 200 и 100 кг/подачу. Располагали их совместно с окатышами под агломератом, в среднем его слое и над ним. При этом добавки размещали в последовательности убывания их объемной доли снизу вверх бункера. Варьируя долю окатышей в интервале от 10 до 50%, оставляя неизменным общее количество загружаемых в бункер материалов, производили их выпуск в колошниковое пространство печи. По ходу выпуска отбирали пробы и отделяли материалы друг от друга. Определяли долю каждого материала по мере их истечения и рассчитывали коэффициент равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ.

В ходе эксперимента было соблюдено равенство критерия Ньютона для реальной печи ($N_{дп}$) и модели (N_{eM}):

$$N_e = \frac{F \times \tau_{II}^2}{M_{II} \times L}, \quad (3)$$

где M_{II} – масса поступающей шихты из бункера БЗУ, кг;
 L – расстояние, на которое перемещаются материалы, м;
 τ_{II} – время, за которое происходит перемещение на расстояние L , с;
 F – сила тяжести материала, Н.

Каждый эксперимент дублировали, после чего находили дисперсию каждого опыта. Затем по критерию Кохрена определяли однородность данного ряда дисперсий.

Обработкой экспериментальных данных определены коэффициенты уравнения (2), значимость которых оценили по критерию Стьюдента.

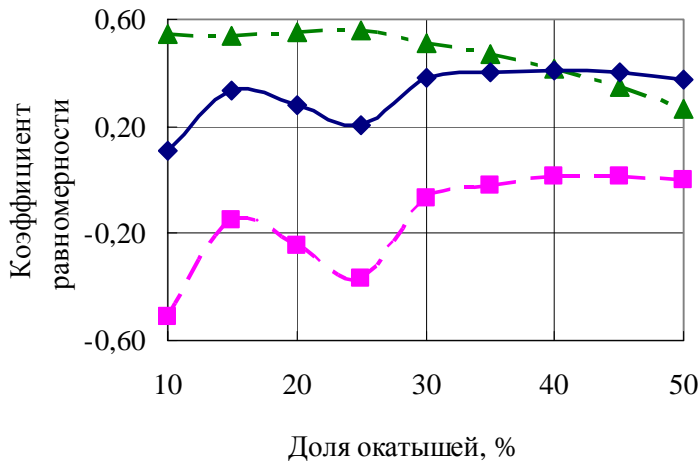
Коэффициент равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ для проведенных экспериментов описывается следующим полиномом:

$$Y = 0,514 + 0,225A - 0,138OK - 0,061AOK - 0,36A^2 - 0,109OK^2 - 0,025AOK^2 - 0,333OKA^2 - 0,052A^2OK^2, \quad (4)$$

где A – доля агломерата, располагающаяся под добавками в шихтовом бункере БЗУ, %;

OK – доля окатышей от железорудной части шихты, %.

В полученном уравнении все факторы представлены в кодированной форме и изменяются от -1 до 1.



Зависимость равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ от доли окатышей в железорудной части шихты при расположении их совместно с добавками в среднем слое агломерата (—▲—), под ним (—■—), на нем (—◆—)

Из рисунка следует, что при расположении добавочных материалов в нижней части бункера БЗУ увеличение расхода окатышей способствовало повышению коэффициента равномерности поступления компонентов шихты в колошниковое пространство печи и достигала своего максимума при их доле, равной 50%.

Наиболее высокие коэффициенты равномерности наблюдали при расположении добавочных материалов совместно с окатышами в среднем слое агломерата и над ним (см. рисунок). При расходе окатышей от 10 до 40% их целесообразно было загружать в слой агломерата. При дальнейшем увеличении расхода окатышей наиболее высокие коэффициенты равномерности поступления компонентов шихты наблюдали при расположении окатышей над агломератом.

Выводы. Проведением планированного эксперимента на физической модели однократного компактного загрузочного устройства, изготовленного в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 4 и 6 ОАО «ММК», установлены рациональные режимы загрузки шихтовых материалов в бункер БЗУ при различной доли окатышей от железорудной части шихты.

В условиях загрузки добавок, включающих коксовый орешек и марганцевую руду, в количестве 100 и 200 кг/подачу соответственно и окатышей с их долей в пределах в интервале 40–50% от железорудной части шихты их целесообразно загружать сверху на агломерате. При уменьшении доли окатышей до 10–30% наиболее высокий коэффициент равномерности обеспечивается при расположении их совместно с добавками в слое агломерата.

Список литературы

1. Сибгатуллин С.К. Оптимальная степень прямого восстановления железа из оксидов // *Сталь*. – 1997. – № 4. – С. 1–5.
2. 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.
3. Рациональный режим загрузки коксового орешка в шихтовый бункре БЗУ / Чевычелов А.В., Павлов А.В., Теплых Е.О. и др. // *Сталь*. – 2013. – № 7. – С. 8–9.

4. Харченко А.С., Теплых Е.О., Терентьев В.Л. Об условиях, необходимых для эффективного использования коксового орешка в шихте доменной печи // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2010. – Вып.10. – С. 26–30.
5. Чевычелов А.В., Евстафьев М.Н., Бегинюк В.А. Влияние последовательности набора материала в бункер компактного БЗУ на эффективность работы доменной печи // Черные металлы. – 2012. – № 5. – С. 43–45.
6. Сибатуллин С.К., Теплых Е.О., Харченко А.С. Влияние последовательности шихты в бункер БЗУ на равномерность их поступления в колошниковое пространство доменной печи // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2011. – Вып.11. – С. 12–16.
7. Спириин Н.А. Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Конспект лекций. – Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004. – 257 с.

Раздел 2

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

УДК 621.74.043:621.882.64

К.Н. Вдовин, М.В. Овчинникова, Н.А. Феокистов

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЬЯ АНКЕРНОГО СКРЕПЛЕНИЯ РЕЛЬС

В настоящее время транспорт является неотъемлемой частью жизни человечества. Из всех видов транспорта важным является железнодорожный, который связывает множество городов не только в нашей стране, но и во всем мире. На его долю приходится более 80 и около 40% всего объема соответственно грузовых и пассажирских перевозок, выполняемых транспортом общего пользования. Железные дороги имеют чрезвычайно важное государственное, экономическое, социальное и оборонное значение. Особенности этого вида транспорта, его преимущества по сравнению с другими: всепогодность, высокая надежность, способностью осуществлять массовые перевозки людей и грузов при относительно высоких скоростях и низких издержках.

МГТУ в настоящее время активно привлекает к научной работе магистрантов и аспирантов, которые начинают совершенно новые направления в науке, одно из которых представлено в этой статье [1, 2].

Железнодорожный путь представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, предназначенных для обеспечения движения поездов, который состоит из верхнего и нижнего строения. К верхнему строению относятся рельсы, скрепления, стрелочные переводы, шпалы, балласт, к нижнему — земляное полотно и искусственные сооружения (рис.1).

Главная проблема в устройстве железной дороги – крепление рельс к шпалам. Существуют крепления:

- соединения рельс со шпалами с помощью костылей или шурупов;

- механизм пружинного типа.

Кроме того, есть три основных типа промежуточных скреплений: нераздельные, смешанные и раздельные. При нераздельном скреплении рельс и подкладки, на которые он опирается, крепят к шпалам одними и теми же костылями или шурупами. При смешанном скреплении подкладки, кроме того, крепят к шпалам дополнительными костылями. Смешанное костыльное скрепление с применением клинчатых подкладок, имеющих уклон 1:20, широко распространено на дорогах нашей страны. Его достоинствами являются простота конструкции, небольшая масса, сравнительная легкость зашивки, перешивки и разборки пути. Однако такое скрепление не гарантирует постоянства ширины колеи и способствует механическому изнашиванию шпал.

При раздельном скреплении рельс соединяют с подкладками жесткими или упругими клеммами и клеммными болтами, а подкладки крепят к шпалам болтами или шурупами. Достоинства раздельного скрепления (возможность смены рельсов без снятия подкладок, большое сопротивление продольным усилиям, обеспечение постоянства ширины колеи) способствует все более широкому его применению, хотя оно несколько дороже и сложнее по конструкции скреплений других видов.

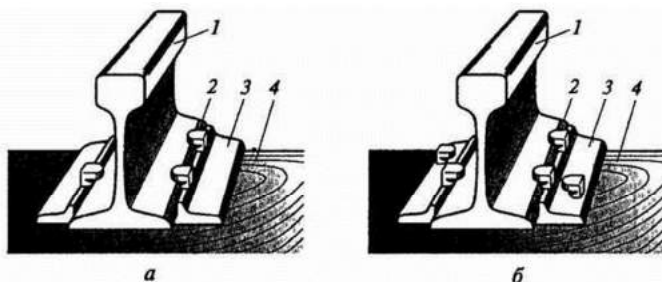


Рис.1. Нераздельное (а) и смешанное (б) рельсовые крепления:
1 – рельс; 2 – костыль; 3 – подкладка; 4 – шпала

На железных дорогах России наиболее широко распространено раздельное скрепление КБ-65. Его недостатками является большое число деталей, значительная масса и высокая жесткость. Поэтому в настоящее время началось активное внедрение нового бесподкладочного пружинного раздельного скрепления понижен-

ной жесткости — ЖБР-3-65, у которого масса и число деталей уменьшены более чем в 1,5 раза (рис. 2).

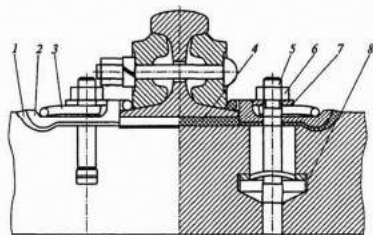


Рис.2. Пружинное раздельное крепление ЖБР-3-65:

- 1 – пластмассовый боковой упор; 2 – металлический боковой упор;
- 3 – пружинная клемма; 4 – резиновая прокладка;
- 5 – закладной болт; 6 – гайка; 7 – опорная скоба;
- 8 – пластмассовый пустообразователь в шпале

В настоящее время разработано анкерное рельсовое крепление АРС-4, наиболее перспективное для пути с железобетонными шпалами (рис. 3).

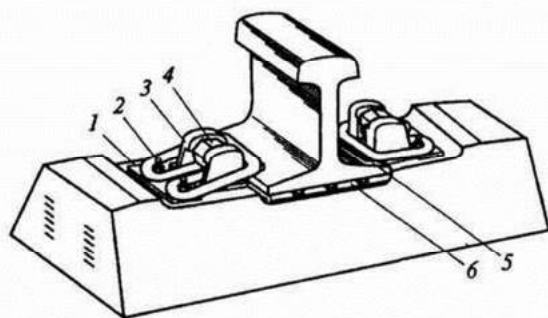


Рис. 3. Анкерное рельсовое крепление АРС – 4:

- 1 – клемма; 2 – подклеммник; 3 – анкер;
- 4 – монорегулятор (регулятор с фиксатором);
- 5 – изолирующий уголок; 6 – резиновая прокладка

Анкер рельсового крепления заливается бетонной смесью в шпалу. Он содержит верхнюю часть, расположенную над подрельсовым основанием (шпалой), и нижнюю часть, забетони-

рованную в подрельсовом основании. Верхняя часть состоит из пружинных клемм, надетых на головки анкера и выполненных с возможностью взаимодействия концевыми усами через регулятор натяжения с соответствующими кронштейнами головки анкера и с возможностью опирания нашпальными витками клемм на подклеммник, отличающееся тем, что каждый подклеммник выполнен с подклеммными выступами, на которые опираются боковые части клеммы, а прямолинейная нарельсовая часть клеммы не передает усилие прижатия через нарельсовую изолирующую прокладку на рельс в его номинальном положении при установленном на рабочую ступень регуляторе натяжения и препятствует опрокидыванию и выходу рельса из рабочего пространства скрепления при прохождении подвижного состава. Нижняя часть анкера, объединяющая обе головки, состоит из участка перехода от основания головок к перемычке и двух направленных вниз гофрированных хвостовиков. Каждая головка имеет два разнесенных вдоль рельса кронштейна с поверхностями для взаимодействия с регулятором напряжения клеммы рельсового скрепления, а также на кронштейнах выполнены реборды для контакта с изолирующей прокладкой.

Для экономии металла в каждом кронштейне с внешней стороны выполнена выемка, образованная сочетанием криволинейных и прямолинейных поверхностей с требуемыми параметрами, сохраняющими прочность конструкции. Благодаря отсутствию резьбовых соединений, она не требует обслуживания, что позволяет существенно сократить затраты на содержание пути.

Весь комплект состоит из 3 деталей (рис. 4–6):

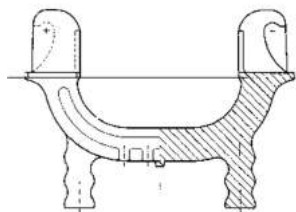


Рис.4. Анкер



Рис. 5. Клемма

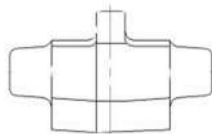


Рис.6. Монорегулятор

Монорегулятор, предназначенный для регулирования и фиксации усилия прижатия пружинной клеммы анкера, может изготавливаться штамповкой или другим механическим способом. А

также методом литья из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом марки ВЧ–40–50 или из марок износостойкой стали. Для повышения механических свойств деталь подвергают термической обработке.

Работа пружинной клеммы характеризуется тем, что в ней используются только упругие свойства стали. Поскольку возникновение пластической деформации в пружинах не допускается, то от материала не требуется высокой ударной вязкости и высокой пластичности. Главное требование состоит в том, чтобы сталь имела высокий предел упругости (текучести). Это достигается закалкой с последующим отпуском. Клемма, как и монорегулятор, может изготавливаться, например, штамповкой.

В настоящее время в России огромная протяженность железных дорог, поэтому большая потребность возникает в рельсовых скреплениях. Необходимо выбрать технологию, которая максимально снизит общие затраты на изготовления анкеров. Такой технологией является литье. Например, при литье по выжигаемым (газифицируемым) моделям, по выплавляемым моделям стержень не требуется, но имеются затраты на изготовление самих форм и моделей. Литье под давлением требует ограничение по конфигурации отливки и ограничения толщины стенки отливки.

Литье в кокиль сопровождается высокой трудоемкостью изготовления и стоимостью металлической формы, повышенной склонностью к возникновению внутренних напряжений в отливке вследствие затруднительной усадки и более узкого по сравнению с литьем в песчаную форму интервала оптимальных режимов, обеспечивающих получение качественной отливки.

Изготовление анкеров в холоднотвердеющих смесях – наиболее приемлемый способ, который дает возможность существенно улучшить качество отливок, снизить или полностью исключить такие дефекты, как подутие, засоры, газовые раковины, нарушения геометрии. Особое значение приобретает использование ХТС для получения отливок с повышенной точностью (по массе и размерам). На рис. 7 показан стержневой ящик для изготовления отливки «анкер». Анкер должен изготавливаться из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом марки ВЧ–40. Для увеличения механических свойств детали проводится термическая обработка.

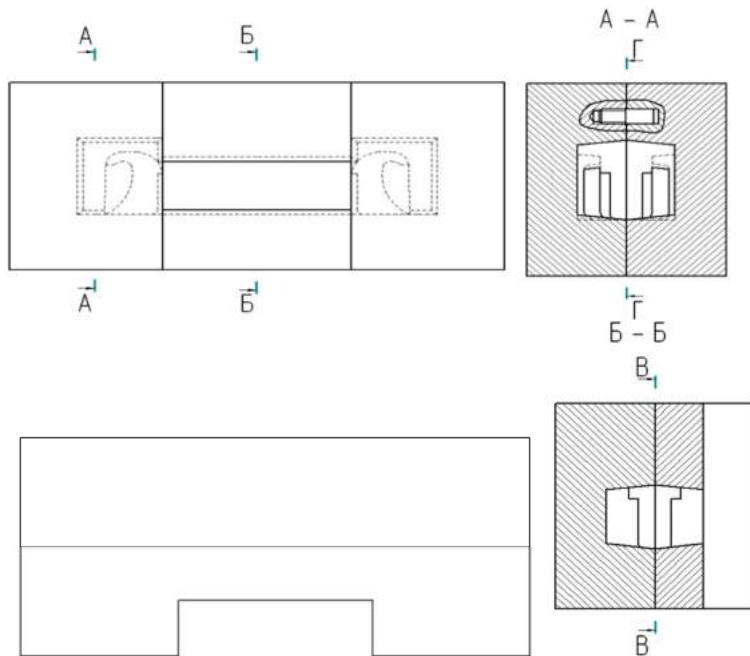


Рис. 7. Схема вида стержневого ящика с разрезами

Из всех видов крепления рельс анкерное крепление наиболее распространенное. Изготовление таким способом позволяет получить как можно больше деталей высокого качества при низких общих затратах.

Список литературы

1. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – №1. – С. 5–6.
2. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2008. – №1. – С. 5–11.

УДК 669.19:621.746

А.С. Савинов

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

УСТАНОВКА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Математический расчет тепловых режимов охлаждения литой детали в форме невозможен без знания теплопроводности объектов системы (способность материала передавать тепло от одной поверхности к другой). Особую трудность в определении теплопроводности представляют собой песчанно-глинистые литейные формы (ПГФ) ввиду влияния плотности набивки на данный параметр, которая, в свою очередь, может значительно варьироваться в зависимости от технологии изготовления детали, ее конфигурации и других факторов [1].

Механизм переноса теплоты теплопроводностью в твердых телах подробно изучен теоретически, хотя точные зависимости, позволяющие определить ее расчетным путем, применить невозможно из-за отсутствия коэффициентов, входящих в эти формулы.

Наиболее простым методом определения теплопроводности следует считать экспериментальный сравнительный метод. Он относится к стационарным методам и заключается в том, что количество теплоты, прошедшей через образец, определяется из известных параметров эталонного образца, находящегося в идеальном контакте с полупроводником. Метод хорошо опробован для различных материалов в широком интервале температур: от нескольких до тысяч градусов [2].

Для определения теплопроводности литейной формы была разработана установка рис. 1.

Принципиальная схема установки для определения теплопроводности данным методом представлена на рис. 2.

Рассмотрим принцип действия данной установки. Измеряемый образец 4 располагают на металлической пластине, которая лежит на рассеивателе 1. На образец помещается вторая металлическая пластина, на которую, в свою очередь, укладывается эталонный образец 5.



Рис. 1. Установка для определения теплопроводности:
 1 – потенциометр; 2 – электроплитка; 3 – термопары;
 4 – бакоч с охлаждающей средой; 5 – теплоизолятор; 6 – корпус;
 7 – рассеиватель

На эталонном образце располагается третья металлическая пластина, через которую проходит охлаждающая среда 6. В качестве охлаждающей среды используется проточная вода.

На первую пластину подведена теплота Q через рассеянные тепловые потоки q . Проходя через образцы, тепловые потоки q создают на их границах температурный градиент, который и фиксируется потенциометром 7, подключенным к термопарам 8, вставленным в металлические пластины 9 на границах испытуемого 4 и эталонного 5 образцов. Попадая в охлаждающую среду, теплота Q выводится за счет постоянного обновления среды. Во избежание тепловых потерь с торца образцы изолированы теплоизолятором 3. В качестве теплоизолятора используется каолиновая вата, обладающая низкой теплопроводностью.

Считая условия опыта одномерными и адиабатными, расчетные формулы для рассматриваемого метода можно получить, решив задачу передачи тепла через плоскую неограниченную пластину.

Количество теплоты переданной эталонному образцу равно

$$Q_{эм} = \frac{\lambda_{эм} \Delta T_{эм} S_{эм}}{(\delta_{эм} + 1 \cdot 10^{-3})}, \quad (1)$$

где λ – теплопроводность образца, Вт/(м·К);

$\Delta T_{эм}$ – перепад температур по границам эталона, К;

$S_{\text{эт}}$ – площадь эталона, м²;

$\delta_{\text{эт}}$ – высота эталона, м,

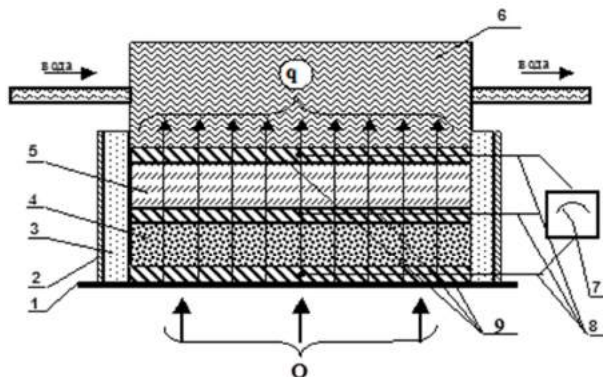


Рис. 2. Принципиальная схема установки для определения теплопроводности сравнительным методом: 1 – рассеиватель; 2 – корпус; 3 – теплоизолятор; 4 – испытуемый образец; 5 – эталонный образец; 6 – охлаждающая среда; 7 – потенциометр; 8 – термопары; 9 – металлические пластины

а для измеряемого образца

$$Q_{об} = \frac{\lambda_{об} \Delta T_{об} S_{об}}{(\delta_{об} + 1 \cdot 10^{-3})}. \quad (2)$$

Для компенсации действия металлических пластин к значению $\delta_{\text{эт}}$ и $\delta_{\text{об}}$, в первом приближении, прибавлена $1 \cdot 10^{-3}$ м, так как теплопроводность металла и силикатных систем отличается на порядок.

Так как теплота, прошедшая через эталонный и испытуемый образец, одинакова $Q_{\text{эм}} = Q_{\text{об}}$, то из равенства формул (1) и (2) найдем искомую теплопроводность измеряемого образца, равную

$$\lambda_{об} = \frac{\lambda_{эм} \Delta T_{эм} (\delta_{об} + 1 \cdot 10^{-3})}{\Delta T_{об} (\delta_{эм} + 1 \cdot 10^{-3})}. \quad (3)$$

Для учета тепловых потерь при работе установки был проведен эксперимент, в ходе которого в качестве измеряемого образца 4 (см. рис. 2) был взят материал аналогичный эталонному, т.е. стекло со значением теплопроводности $\lambda = 3,35$ Вт/(м·град).

Отношение полученной экспериментально теплопроводности к эталонному значению дает нам поправочный коэффициент $K_{\text{тепл}}$, индивидуальный для каждой установки.

$$K_{\text{тепл}} = \frac{\lambda_{\text{эм}}}{\lambda_{\text{об}}}. \quad (4)$$

Тогда с учетом этого коэффициента формула (3) переписывается как

$$\lambda_{\text{об}} = \frac{K_{\text{тепл}} \cdot \lambda_{\text{эм}} \Delta T_{\text{эм}} (\delta_{\text{об}} + 1 \cdot 10^{-3})}{\Delta T_{\text{об}} (\delta_{\text{эм}} + 1 \cdot 10^{-3})}. \quad (5)$$

Таким образом, разработана установка по определению теплопроводности литейной формы. Полученное выражение (5) может быть использовано для определения теплопроводности на устройствах, аналогичных данному.

Список литературы

1. Жуковский С.С. Прочность литейной формы. – М.: Машиностроение, 1989. – 228 с.
2. Охотин А.С., Боровикова Р.П., Нечаева Т.В. Теплопроводность твердых тел. Справочник. – М.: Энергоиздат, 1984. – 320 с.

УДК 621.74

В.С. Никитенко, А.Ф. Миляев, Л.Б. Долгополова

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОФОСФАТНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ АГЛОМЕРАТА

Металлофосфатные смеси находят применение в литейных цехах при получении отливок различного назначения. Для получения феррофосфатных смесей используются дорогие и дефицитные материалы: крокус, трифолин, пыли плавильных печей и обнаждачивания отливок и др.

В условиях металлургического предприятия полного цикла можно применять железорудные материалы, которые используются на нем в качестве исходного сырья для производства чугуна, в частности агломерат.

В лабораторных условиях было проведено исследование прочности феррофосфатных смесей на основе связующего – офлюсованного агломерата (Аг). Основой смеси был кварцевый песок $3K_3O_2 \cdot O_3$. В качестве катализатора использовали ортофосфорную кислоту (ОФК) плотностью $1,5 \text{ г/см}^3$. Для сравнения свойств смеси использовали агломерат одной партии, но различной фракции 0,05 и 0,4 мм. Для получения агломерата фракцией 0,05 мм его измельчали в металлических стаканах.

Стандартные образцы изготавливали в стержневом ящике засыпкой смеси с последующим незначительным уплотнением. Расходы агломерата варьировали от 5 до 11%, а ортофосфорной кислоты от 3 до 11%. Манипуляторная прочность смесей достигалась при фракции агломерата 0,05 через 20–30 мин, а у фракции 0,4 мм через 3 сут.

На рис.1 представлены зависимости прочности смеси от расхода агломерата при различных расходах ортофосфорной кислоты в смеси для фракции 0,05 мм (рис. 1, а) и фракции 0,4 мм (рис. 1, б). В целом отмечается повышение прочности смеси при увеличении расхода агломерата. На некоторых кривых отмечается оптимальный характер зависимостей (5–6% ОФК).

Из рис.1 следует, что фракция агломерата оказывает существенное влияние на прочность смесей увеличиваясь примерно на порядок и более при использовании агломерата фракцией 0,05 мм. При этом прочность при оптимальном расходе кислоты примерно равна прочности смесей с использованием трифолина.

Также из графиков рис. 1 видно, что смесь с агломератом фракции 0,05 имеет более стабильные свойства, чем смесь с агломератом фракции 0,4 мм. Влияние же агломерата в обоих случаях стабильно и приводит к повышению прочности смеси.

* Металлофосфатные связующие и смеси / Илларионов И.Е., Гамов Е. С., Васин Ю.П. Чернышев Е.Г.; под ред. Илларионова И.Е. – Чебоксары: Изд-во при Чувш. ун-те, 1995. – 524 с.

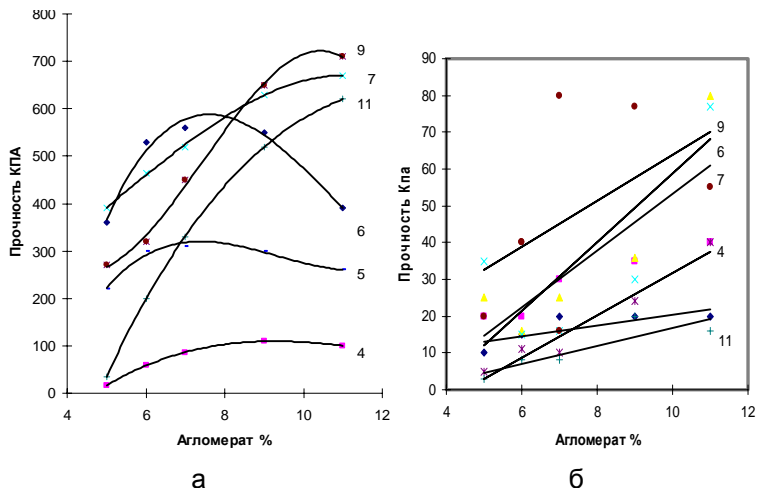


Рис. 1. Зависимость прочности смеси от расхода агломерата фракций 0,05 (а) и 0,4 мм (б) при различных расходах кислоты (цифры у линий в %)

Обращает на себя внимание тот факт, что при использовании агломерата фракцией 0,4 мм связи неустойчивые и значения прочности существенно ниже и колеблются в значительных пределах.

Смесь с агломератом фракции 0,05 мм имеет значительное технологическое преимущество перед смесью с агломератом фракции 0,4 мм в том, что набор максимальной прочности происходит достаточно быстро, что сокращает цикл изготовления форм. Использование агломерата крупной фракции следует признать нерациональным из-за малой поверхности контакта связующего и длительного отверждения.

По полученным экспериментальным данным также были построены графики зависимости прочности смеси от содержания кислоты (рис.2) при различных содержаниях и фракциях агломерата, рис. 2, а – для фракции 0,05 мм, а рис. 2, б – для фракций 0,4 мм.

Следует отметить оптимальный характер влияния расхода кислоты на прочность смесей. Каждому расходу агломерата соответствует свой оптимальный расход ортофосфорной кислоты.

Каждому расходу агломерата соответствует свой оптимальный расход ортофосфорной кислоты.

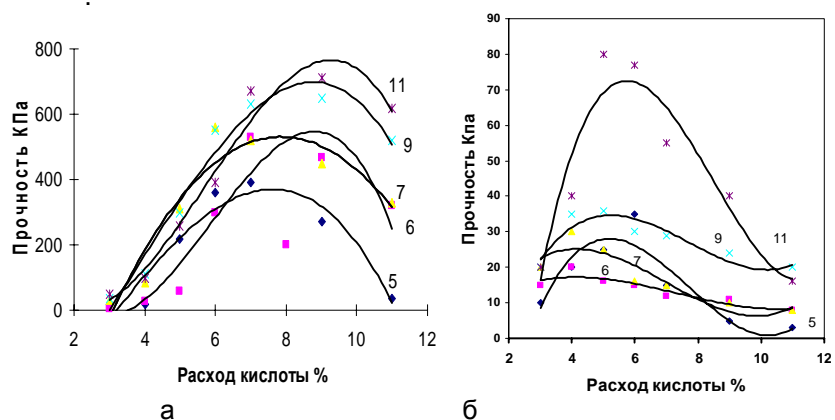


Рис. 2. Зависимость прочности смеси от содержания кислоты при различных содержаниях агломерата (цифры у кривых в %) и фракциях (а – фракция 0,05 мм; б – фракция 0,4 мм)

Оптимальная прочность растет с увеличением расхода кислоты и тем больше, чем больше расход агломерата. При расходе агломерата более 7% смеси достигают высокой прочности и могут использоваться для изготовления средних и крупных литейных форм. Избыток кислоты в смеси значительно разупрочняет ее, и тем больше, чем ниже содержание агломерата.

Для установления оптимального соотношения расхода связующего агломерата (Аг) к ортофосфорной кислоте (ОФК) провели анализ влияния этого параметра на прочность (рис. 3).

Зависимости эти имеют более четкий и оптимальный характер. При увеличении соотношения расхода агломерата к расходу кислоты сначала прочность смеси резко растет, достигая максимума, значения которого тем больше, чем больше расход агломерата. Из рис.3 следует, что расход агломерата в смеси должен быть не ниже 7%, но и нет смысла увеличивать его свыше 10%.

Оптимальное соотношение Аг/ОФК (%), обеспечивающее максимальную прочность смеси в зависимости от расхода агломерата, можно определить из уравнения

$$\text{Аг/ОФК} = 9\text{Аг} + 38,$$

где Аг – расход агломерата в смеси, %.

Проведенное исследование показало, что применение агломерата фракцией 0,05 мм в металлофосфатных смесях при оптимальных соотношениях Аг/ОФК позволяют иметь высокую прочность смеси. Установлено оптимальное соотношение Аг/ОФК.

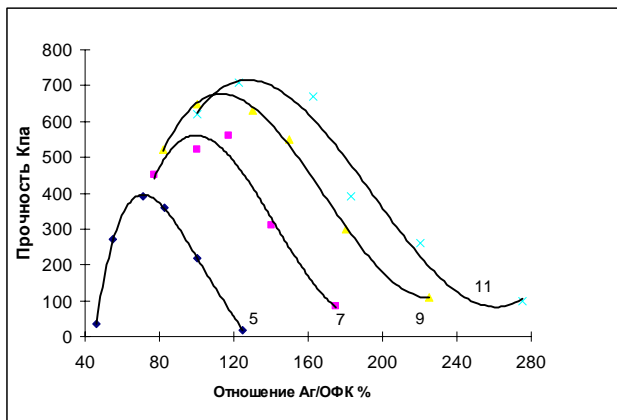


Рис. 3. Изменение прочности смеси от соотношения в ней агломерата фракцией 005 мм и расхода ортофосфорной кислоты при различных расходах агломерата (цифры у кривых %)

Металлофосфатную смесь с фракцией агломерата 0,05 мм при удовлетворительных показателях других свойств можно использовать для производства больших и средних форм.

УДК 621.74.011:620.179.152

К.Н. Вдовин, Н.А. Феоктистов, Ш.М. Хабибуллин

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЛИТЫХ БРОНЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В связи со сложившейся ситуацией в стране, промышленные предприятия стремятся сократить издержки производства, мини-

мизировать время простоя оборудования на ремонт при одновременном увеличении объёмов производства.

Такая ситуация приводит к формированию всё более жёстких требований к надёжности оборудования, которая будет определяться эксплуатационной стойкостью отдельных деталей – запасных частей. Часто эксплуатационная стойкость запасных (сменных, расходных) частей, получаемых от различных производителей, колеблется в широких интервалах.

В такое непростое время МГТУ постоянно принимает участие в научных работах, связанных с повышением качества литья. Большой вклад в этот процесс вносят молодые ученые [1, 2].

На Хайбуллинской обогатительной фабрике, эксплуатирующей мельницу МПСИ-70×23, к настоящему моменту есть опыт использования в качестве футеровки броней трёх поставщиков: «Металлист» (г. Качканар), «Новокраматорский машиностроительный завод» (г. Новокраматорск), «Ремонтно-механический завод» (г. Сибай) [3]. Результаты статистического анализа эксплуатационной стойкости литых броней различных поставщиков представлены на рис. 1.

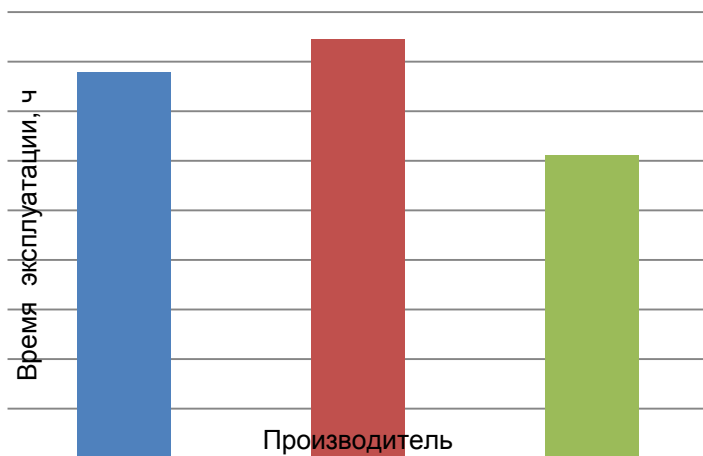


Рис. 1. Время эксплуатации литых броней различных поставщиков

В процессе эксплуатации литых броней из стали марки 110Г13Л, полученных от различных поставщиков, фиксировалось

время работы мельницы до наступления момента критического изнашивания футеровки.

После вывода брони из эксплуатации было установлено, что внутри брони присутствуют скрытые усадочные раковины, микропористость, которые снижают эксплуатационную стойкость.

Исследовав технологический процесс производства брони в условиях «Ремонтно-механического завода», а также проведя компьютерное моделирование существующей литейной технологии производства брони, выявили, что она обладает недостатками, а именно: неэффективная работа прибылей в процессе кристаллизации отливки, отсутствие прибылей возле основного теплового узла, низкий технологический выход годного (менее 50%) [4].

Трёхмерные модели отливок «Броня торцевая» №128 и 129 и расположение прибылей по существующей технологии показаны на рис. 2.

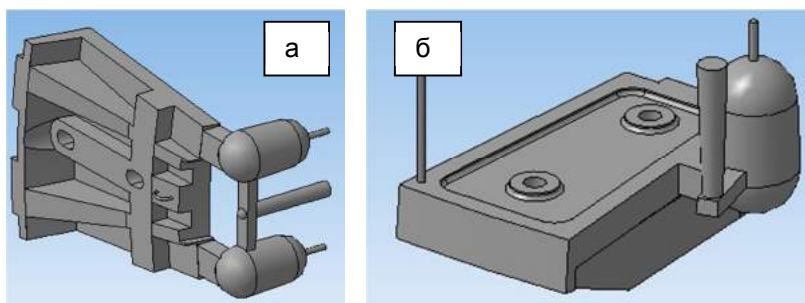


Рис. 2. Трёхмерные модели с литниково-питающей системой:
а – «Броня торцевая 128»; б – «Броня торцевая 129»

Проведя компьютерное моделирование различных вариантов расположения литниково-питающей системы, была разработана наиболее рациональная, которая позволяет предотвратить образование литых дефектов в виде скрытых усадочных раковин, повысить технологический выход годного и осуществить качественное питание основного теплового узла.

Предложенная технология представлена на рис. 3.

Для облегчения процесса отделения прибыли от отливки было предложено установить в форму стержень из холодно-твердеющей смеси, который сформирует перешеек на прибыли и уменьшит её диаметр [5].

Расположение стержня в форме показано на рис. 4.

Для оценки качества продукции, а именно для проверки наличия скрытых дефектов усадочного происхождения в теле брони, было предложено воспользоваться одним из методов неразрушающего контроля – ультразвуковым (УЗК). Для это был использован дефектоскоп A1212 MASTER ULTRASONIC FLAW DETECTOR и томограф A1550 INTRO VISOR [6].

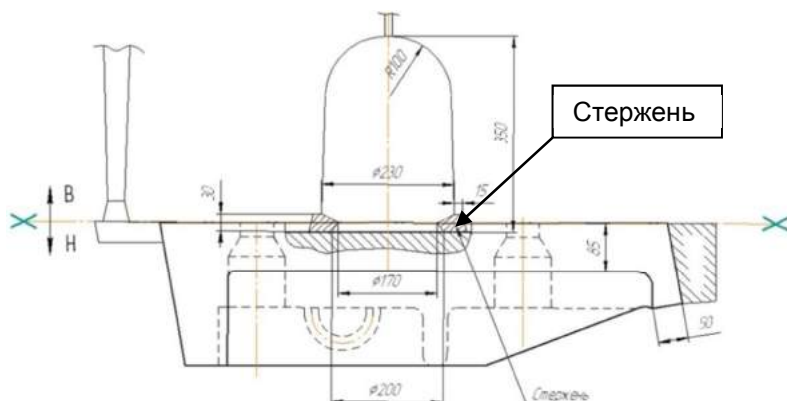


Рис. 3. Предложенная технология изготовления отливки «Броня торцовая» № 128

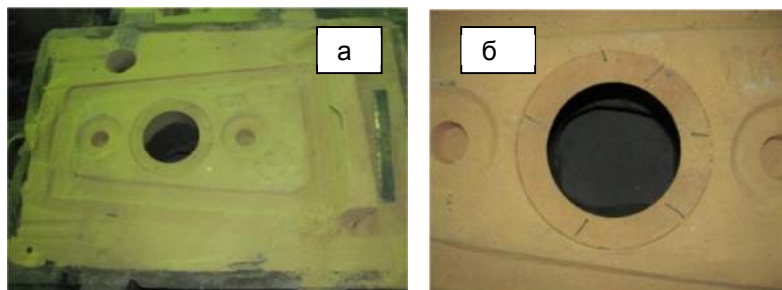


Рис. 4. Расположение стержня в форме:
а – нижняя полуформа; б – стержень

При использовании дефектоскопа A1212 можно получить спектр интенсивности ультразвуковой волны. При наличии плотного металла и отсутствии несплошностей в теле отливки пик ультразвуковой волны на графике будет представлен на расстоянии, равном толщине исследуемой стенки. Если же в этой стенке при-

существует литейный дефект в виде усадочной раковины, пористости, земляного засора и прочих неметаллических включений, то ультразвуковая волна будет отражаться от этого дефекта и на графике будет представлена пиком на расстоянии, равном глубине залегания дефекта.

При использовании томографа А1550 можно увидеть на мониторе прибора форму и размер дефекта.

Для отладки процесса работы приборов была разрезана бракованная отливка «Броня торцовая» № 128.

После отладки процесса работы приборов, выставления необходимых параметров, обеспечивающих их корректную работу, приступили к исследованию броней (рис. 5), отлитых по предложенной технологии.

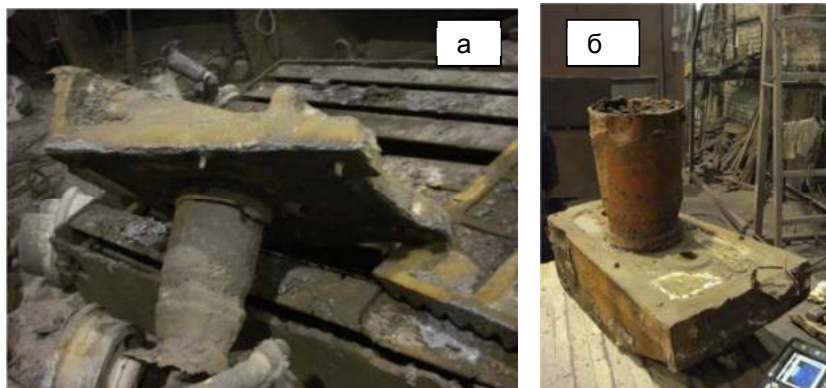


Рис. 5. Опытная партия отливок «Броня торцовая», изготовленных по предложенной технологии:
а – броня №128; б – броня № 129

На рис. 6 представлены графики, полученные в результате исследования бракованной (отлитой по существующей технологии) и годной (отлитой по предложенной технологии) отливок.

Отливки исследованы методами неразрушающего контроля в местах вероятного образования дефектов – тепловых узлах. Перед проведением исследования поверхность была тщательно защищена с целью получения необходимой шероховатости ($R_z < 60$).

На рис. 6, а представлен график, полученный после исследования отливки с усадочной раковинной методом УЗК (толщина участка ≈ 80 мм). В связи с этим, на графике имеется несколько

характерных пиков. Пик «Дефект» соответствует ультразвуковой волне, отражённой от препятствия (в данном случае – усадочная раковина), которая залегает на глубине 30–40 мм. Остальные пики (№ 1, 2, 3, 4) – это донный сигнал и его многократное повторное отражение. Аналогичным образом провели исследования всех участков отливок, в которых возможно образование литых дефектов, а именно усадочных раковин, пористости, земляных засоров.

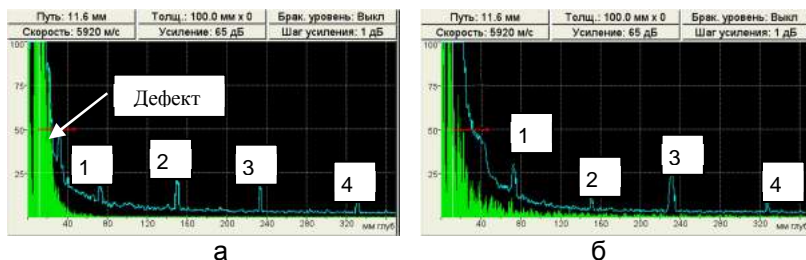


Рис. 6. Графики ультразвукового контроля части отливки:
 а – дефектная отливка (существующая технология);
 б – бездефектная отливка (предложенная технология)

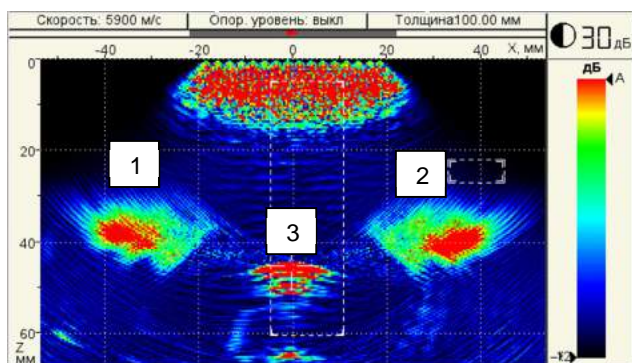
На рис. 7 представлены изображения, полученные на мониторе томографа, при исследовании бракованной и годной отливок.

Следует отметить, что проведённая томография в тех же участках, в которых был проведён ультразвуковой контроль, подтвердила наличие дефектов на той же глубине (30–40 мм), что и при исследовании отливок методом УЗК. Кроме того, при исследовании дефектной отливки (рис. 7, а) установлено, в тепловом узле на глубине 30–40 мм располагаются три небольших усадочных раковины (цветное поле № 1, 2, 3 рис. 7, а). При исследовании того же участка брони, отлитой по предложенной технологии, наличие дефектов в теле отливки не обнаружено, о чём свидетельствует отсутствие цветных полей на рис. 7, б, полученного с экрана томографа.

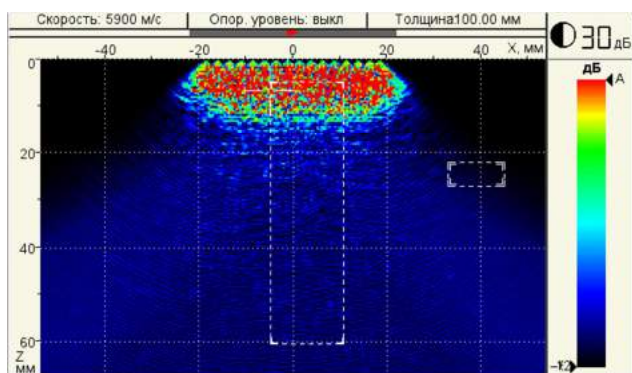
Цветное поле, располагающееся в верхней части экрана (см. рис. 7, а, б), не является каким-либо дефектом.

Таким образом, в результате проведённой работы была оптимизирована литейная технология получения отливок «Броня торцовая» № 128 и 129, позволяющая получать отливки без скрытых литых дефектов усадочного происхождения. Кроме того, отра-

ботана методика проверки качества отливок на предмет наличия литых дефектов методами неразрушающего контроля.



а



б

Рис. 7. Томография исследуемых образцов отливки:
а – дефектная отливка; б – бездефектная отливка

Список литературы

1. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – №1(45). – С. 5–6.

2. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2008. – №1. – С. 5–11.
3. Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А., Хабибуллин Ш.М. Исследование процесса эксплуатации литых броней из стали марки 110Г13Л в мельнице МПСИ – 70х23 // Литейные процессы: межрегиональный сборник научных трудов; под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – Вып.12. – С. 8–11.
4. Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А., Хабибуллин Ш.М. Совершенствование технологии производства литых броней из стали марки 110Г13Л для мельницы МПСИ – 70х23 // Литейщик России. – 2014. – № 1. – С. 13–15.
5. Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А., Хабибуллин Ш.М. Технологический процесс изготовления броней из стали марки 110Г13Л в условиях ООО «Ремонтно-механический завод» // Теория и технология металлургического производства: межрегиональный сборник научных трудов; под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – Вып. 14. – С. 51–52.
6. Производство стальных отливок: учеб для студ. вузов / В.М. Колокольцев, Л.Я. Козлов, К.Н. Вдовин и др. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – 352 с.

УДК 621.74.045:621.742.001.57

А.С. Савинов

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ЗАТРУДНЕННОЙ УСАДКЕ СТЕНКИ ОТЛИВКИ

Развитие теоретических и практических аспектов научной деятельности страны невозможно без комплексного подхода к реформированию и реорганизации существующей системы образования [1], в том числе вузов, ориентированных на прикладные исследования [2], к которым причисляется ФГБОУ ВПО МГТУ им.

Г.И. Носова. Структурная реорганизация при контроле Министерства образования позволяет таким учебным заведениям быть на передовых позициях в области изучения наиболее перспективных научных процессов. Применение лазеров и плазмы, совершенствование перспективных нанотехнологий [3], работа по управлению структурой [4] и напряженно-деформированным состоянием различных систем – все эти наработки эффективно осваиваются и внедряются на крупнейших металлургических площадках нашей страны.

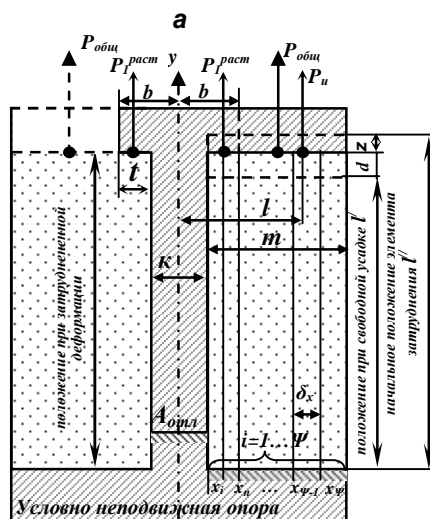
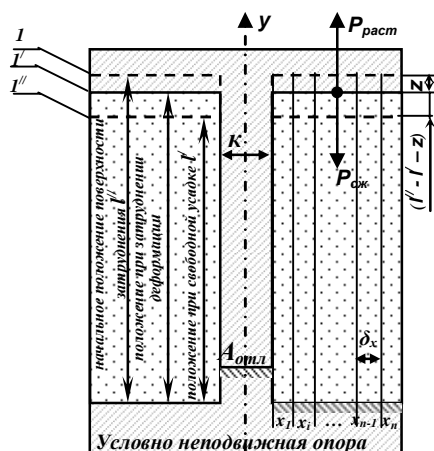
В данной работе представлен математический анализ напряженно-деформированного состояния сложной многокомпонентной системы «отливка – форма».

Расчет сложного напряженно-деформированного состояния стенки отливки не возможен без изучения факторов, влияющих на усадочные процессы. Материал отливки и формы [5, 6], тепловые условия формирования, геометрия стенки отливки и элементов затруднения – все это влияет на возможность образования трещин в стальной заготовке. Рассмотрим влияние симметричных и несимметричных элементов внедрения на формирование напряженного состояния в системе.

При осесимметричном нагружении (рис. 1, а) относительную растягивающую деформацию стенки отливки определяем по формуле [7]

$$\varepsilon = \frac{100\Delta T\alpha}{1 - \Delta T\alpha} \left(1 - \frac{E_{отл} \kappa \ell''}{E_{отл} \kappa \ell'' + 2\ell' \delta_x \sum_{i=1}^n E_i} \right), \quad (1)$$

где ε – относительная деформация стенки отливки, %;
 ℓ – длина сжимаемого слоя после свободной деформации, м;
 ℓ'' – длина сжимаемого слоя до деформации, м;
 α – коэффициент линейного расширения сплава, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
 ΔT – температурный градиент, соответствующий средней температуре стенки до и после усадки отливки, $^{\circ}\text{C}$;
 $E_{отл}$ – модуль продольной упругости отливки, МПа;
 E_i – модуль продольной упругости слоя формовочной смеси (см. рис. 1, а), МПа;
 δ_x – толщина слоя смеси, мм;
 κ – толщина стенки отливки, мм.



б

Рис.1. Схема к расчету деформации системы «отливка–форма»:
 а – при осесимметричных элементах затруднения;
 б – при ассиметричных элементах затруднения

При асимметричном нагружении (рис.1, б) величина изгибающего момента находится по формуле

$$M_u = \frac{E_{омл}^2 A_{омл} \Delta T \kappa \alpha \ell''}{2(1 - \Delta T \alpha)} \left(\frac{1}{E_{омл} \kappa \ell'' + 2 \ell' \delta_x \sum_{i=1}^n E_i} - \frac{1}{E_{омл} \kappa \ell'' + 2 \ell' \delta_x \sum_{i=1}^{\psi} E_i} \right) \times (2) \\ \times \left(n \delta_x + \frac{\delta_x^2 \sum_{i=n+1}^{\psi} E_i [2(i-n)-1]}{2 \delta_x \sum_{i=n+1}^{\psi} E_i} \right),$$

где $A_{отл}$ – поперечная площадь стенки отливки, мм²;
 n, ψ – число слоев формы (см. рис.1, б).

Деформация стенки отливки при симметричных элементах затруднения носит осевой характер, вследствие чего возникающие растягивающие напряжения $\sigma_{расм}$ могут быть определены по закону Гука при упругих деформациях [9]

$$\sigma_{расм} = E_{омл} \varepsilon. \quad (3)$$

Либо при их пластическом характере получены с использованием математических зависимостей сопротивления деформации [8]

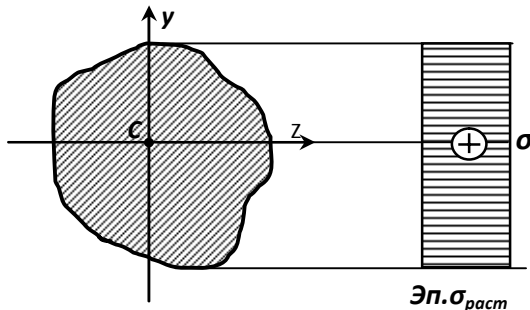


Рис. 2. Распределение нормальных растягивающих напряжений по сечению стенки отливки при симметричных элементах затруднения

$$\sigma_{расм} = f(\varepsilon). \quad (4)$$

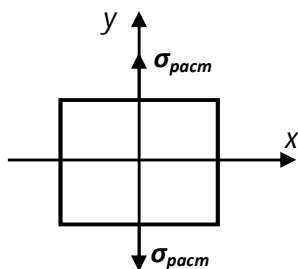


Рис. 3. Напряженное состояние при симметричных элементах затруднения

$y - x$ показано на рис. 3.

При несимметричных элементах затруднения стенка отливки испытывает сложное напряженное состояние – растяжение с изгибом. В общем случае такой вид напряженного состояния приводит к показанному на рис. 4 распределению нормальных напряжений по высоте сечения.

Следует отметить, что в случае с асимметричными элементами затруднения изгиб носит чистый характер, а следовательно, отсутствуют поперечные силы, связанные с возникновением касательных напряжений ($\tau=0$ МПа). Таким образом, сложное напряженное состояние в точке, вызванное растяжением с изгибом, может быть отображено следующим образом:

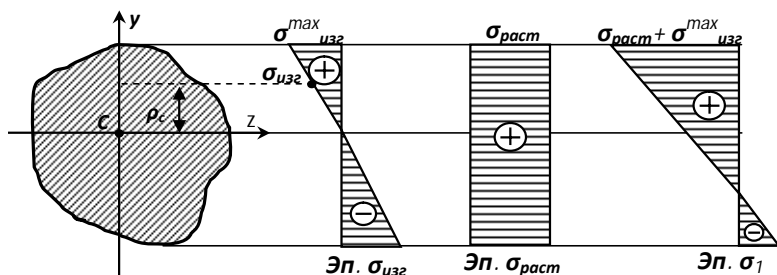


Рис. 4. Распределение нормальных растягивающих напряжений по сечению стенки отливки при асимметричных элементах затруднения

Следует отметить, что в случае осевой деформации распределение напряжений по поперечному сечению стенки равномерно т.е. $\sigma_{раст} = const$ (рис. 2).

При осевом растяжении возникающие главные напряжения σ_1 совпадают с растягивающими как по значениям, так и по направлению $\sigma_1 = \sigma_{раст}$. Возникающее напряженное состояние в координатах

Главное максимальное напряжение σ_1 , будет численно равно совокупности двух напряжений

$$\sigma_1 = \sigma_{расм} + \sigma_{изг}, \quad (4)$$

где $\sigma_{изг}$ – напряжения от изгибного момента M_u , МПа.

В свою очередь, напряжения растяжения $\sigma_{расм}$ в соответствии со схемой рис. 1, б могут быть определены как

$$\sigma_{расм} = \frac{2P_1^{расм} + P_u}{A_{омл}}. \quad (5)$$

Учитывая, что усилия $2P_1^{расм}$ дают нам абсолютную деформацию d_b , а усилие P_u деформацию $(d_m - d_t)/2$, полная относительная деформация растяжения стенки отливки будет равна

$$\varepsilon = \left(d_t + \frac{d_m - d_t}{2} \right) / l'. \quad (6)$$

Тогда напряжения растяжения $\sigma_{расм}$ по закону Гука определим как

$$\sigma_{расм} = \frac{(d_m + d_t)E_{омл}}{2l'}. \quad (7)$$

Величины абсолютных деформаций d_m , d_t определим по выражениям:

$$d_m = \Delta T \alpha l' \left(1 - \frac{E_{омл} \kappa l''}{E_{омл} \kappa l'' + 2l' \delta_x \sum_{i=1}^m E_i} \right); \quad (8)$$

$$d_t = \Delta T \alpha l' \left(1 - \frac{E_{омл} \kappa l''}{E_{омл} \kappa l'' + 2l' \delta_x \sum_{i=1}^n E_i} \right). \quad (9)$$

Напряжения σ_u в случае упругого деформирования могут быть определены по уравнению Навье [8], которое для рассматриваемого случая запишется как

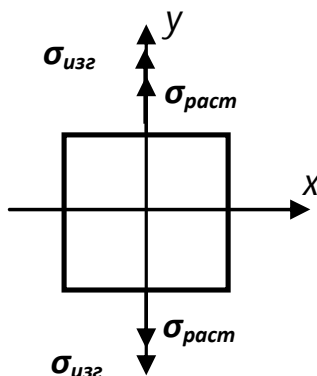


Рис. 5. Напряженное состояние при несимметричных элементах затруднения

$$\sigma_{uzg} = \frac{M_u \rho_z}{I_z}, \quad (8)$$

где ρ_z – ордината от оси x до волокна сечения стенки отливки, в котором ищется напряжение, м;

I_z – осевой момент инерции сечения относительно оси z , м⁴.

Осевой момент инерции I_z определяется по существующим методикам сопротивления материалов [8].

Таким образом, в зависимости от геометрических параметров элементов затруднения стенка отливки испытывает различное напряженное состояние. Расчет возникающих при этом усадочных напряжений возможен по представленным в работе аналитическим выражениям.

Список литературы

1. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник

- Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – №1. – С. 5–6.
2. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2008. – №1. – С. 5–11.
 3. Научная деятельность ГОУ ВПО «МГТУ» в условиях развития нанотехнологий / Чукин М.В., Колокольцев В.М., Гун Г.С., Салганик В.М., Платов С.И. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – №2. – С. 55–59.
 4. Kolokoltsev V.M., Petrochenko E.V. Structure features and properties of high-alloy white irons // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical Univeersity. – 2013. – №5(45). – P. 3–8.
 5. Производство чугуновых отливок: учебник / В.Д. Белов и др.; под ред. В.М. Колокольцева и Ри Хосена. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011.
 6. Специальные чугуны. Литье, термическая обработка, механические свойства: учеб. пособие / Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Соловьев В.П., Цыбров С.В. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2009.
 7. Савинов А.С., Тубольцева А.С., Синицкий Е.В. Анализ силового взаимодействия литой детали с формой// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2011. – С. 623–626.
 8. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высш. шк., 1975. – 653 с.
 9. Савинов А.С., Тубольцева А.С. Расчет напряжений в углеродистых сталях при высоких температурах // Современные технологии в машиностроении: сб. XV Международной научно-технической конференции.– Пенза: Приволжский дом знаний, 2011. – С. 38–40.

Раздел 3

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМООБРАБОТКА СПЛАВОВ И ОТЛИВОК

УДК 621.762

В.Г. Щербаков

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ПОЛУЧЕНИЕ ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ В ПОДВИЖНЫХ ПОРОШКОВЫХ СРЕДАХ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Введение. В настоящее время активно ведутся исследовательские работы по сокращению безвозвратной утилизации металлических отходов производства в виде стружки, колотой и литой дроби, сечки и т.д., получаемых механической, электромеханической, электроэрозионной и другими видами обработки чугуновых, низко- и высоколегированных сталей и сплавов, а также цветных металлов и сплавов [1–3]. Традиционный способ переработки данных материалов – добавление их в расплав при переплавке. Однако из-за своих геометрических размеров (1–2 мм) при переплавке идет значительное выгорание легирующих элементов и резкое снижение их количества в расплаве. Авторами ранее опубликованных работ [2–5] неоднократно обсуждалось, что данные металлические материалы из отходов являются, по сути, готовым основным компонентом для получения диффузионно-легированных сплавов. Технология диффузионного легирования (ДЛ) микрообъектов отличается от классического процесса химико-термической обработки (ХТО) макродеталей, так как цель ХТО – получить на поверхности детали слой определенной толщины с заданными технико-эксплуатационными характеристиками, а при ДЛ микрообъектов целью является частичное или полное изменение микроструктуры материала, а следовательно, и технико-эксплуатационных характеристик в целом [3]. В ранее опубликованных работах [2, 3] описаны результаты перспективных направ-

лений получения ДЛ сплавов из металлических отходов для нанесения износостойких покрытий с заданными свойствами с помощью высокотемпературных источников энергии. Однако крайне мало работ, посвященных применению ДЛ сплавов из металлических отходов для получения износостойких покрытий с помощью индукционной наплавки. **Цель данной работы** заключалась в исследовании диффузионно-легированного сплава из отходов чугуновой дроби в подвижной порошковой среде и получения износостойкого покрытия из данного сплава с помощью индукционной наплавки.

Материалы и методика исследований. В качестве исходных материалов были выбраны отходы чугуновой дроби ДЧЛ 08 (0,5–0,63 мм) ГОСТ 11964-81, остающиеся после работы в дробеструйном аппарате, и отходы высокохромистой чугуновой дроби ИЧХ28Н2 (0,5–0,63 мм) ГОСТ 7769-82, остающиеся после электроэрозионной обработки отливок. Диффузионное легирование (насыщение бором) проводили во вращающейся электрической печи [6]. Насыщающая смесь – карбид бора с активатором, время обработки – 1 ч, температура – 950°C. Сепарацию осуществляли ситовым способом. Индукционная наплавка осуществлялась на высокочастотном генераторе ВЧГ2–100/0,066 мощностью 100 кВт, число фаз – 3, частота – 66 кГц. Параметры режима наплавки: накал – 13 В, ток на сетке – 1,5 А, анод – 7,5 А, анодное напряжение – 10 кВ. Оплавление ДЛ сплавов из отходов дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 проводили на специальной установке для обработки металлического порошка [7]. Толщину боридных слоев, особенности структуры и морфологию исследовали с помощью металлографических микроскопов МИМ-7, ММУ-3У42, МИ-1, Planar 1М. МикродюрOMETрические исследования проводили на приборе ПМТ-3 согласно ГОСТ 2999-75. Химический состав борированной дроби оценивали микрорентгеноспектральным анализом на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LMU с микроанализатором INCA energy 350 (фирма Oxford Instruments, Англия).

Обсуждение результатов. Химический состав чугуновой дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 представлен в табл. 1 и 2. Микроструктуры чугуновой дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 в исходном состоянии и после ДЛ показаны на рис. 1 и 2. После обработки на поверхности каждой порошинки присутствует ярко выраженный боридный слой.

Таблица 1

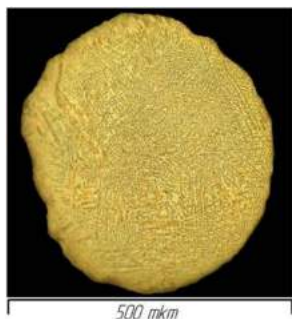
Химический состав дроби ДЧЛ 08

Марка	Концентрация компонентов, %							
	Fe	C	Si	P	S	Cr	Mn	Ni
ДЧЛ 08	95,38	3,25	0,44	0,036	0,067	0,189	0,361	0,122

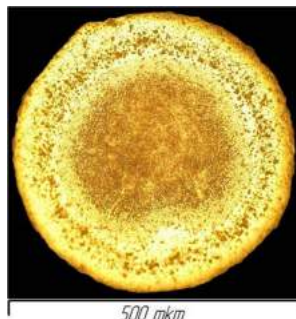
Таблица 2

Химический состав дроби ИЧХ28Н2

Марка	Массовая доля элементов, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	
ИЧХ28Н2	1.8–3.0	0.5–1.5	1.0	0.1	0.08	25.0–30.0	1.0–3.0	



а

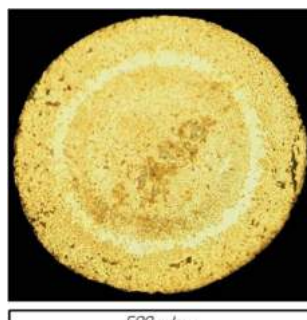


б

Рис. 1. Микроструктура чугуновой дроби ДЧЛ 08:
а – дробь в исходном состоянии; б – дробь после ДЛ



а



б

Рис. 2. Микроструктура чугуновой дроби ИЧХ28Н2:
а – дробь в исходном состоянии; б – дробь после ДЛ

Микротвердость борированного слоя на чугунной дробе ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 после обработки составляет 12000–14000 и 10000–12000 МПа соответственно и снижается к сердцевине до 5000–6000 и 4000–5000 МПа. Микроструктура покрытия, полученного индукционной наплавкой из ДЛ сплава на основе дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2, представлена на рис. 3. Твердость полученных покрытий из ДЛ дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 составляет 50–55 и 55–60 HRC соответственно. Более высокая твердость покрытия из ДЛ сплава на основе чугунной дробы ИЧХ28Н2 объясняется наличием в ДЛ сплаве легирующих элементов [8, 9].

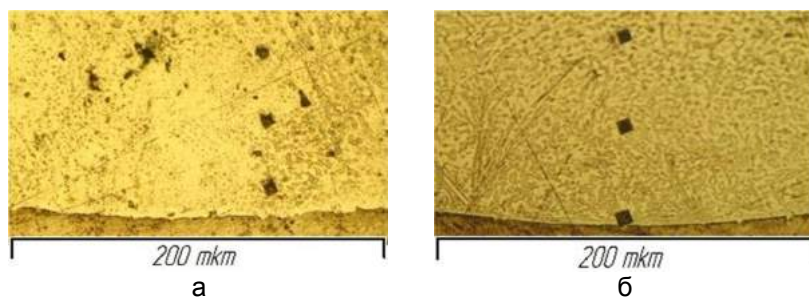


Рис. 3. Микроструктура покрытия полученного индукционной наплавкой:
а – ДЛ дробь ДЧЛ 08; б – ДЛ дробь ИЧХ28Н2

Наличие в ДЛ сплавах на основе дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 тугоплавкой боридной оболочки отрицательно сказывается как на качестве получаемого износостойкого покрытия, так и на качестве основного материала. При предварительной высокотемпературной обработке ДЛ сплавов происходит полное или частичное расплавление тугоплавкой боридной оболочки на поверхности каждой порошинки и в дальнейшем при охлаждении ее кристаллизация с образованием микроструктуры эвтектического состава, что в свою очередь существенно снижает температуру плавления сплава. Анализируя поверхность ликвидус части системы Fe-B-C, построенной различными исследователями [3], можно предположить, что оплавление ДЛ сплава приводит к образованию эвтектики, температура плавления которой 1000–1100°С. Образование эвтектики в оплавленном ДЛ сплаве из чугунной дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 повышает качество получаемого индукционной наплавкой защитного покрытия и его эксплуатационные свойства. Микроструктуры ДЛ

чугунной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 после кратковременного высокотемпературного воздействия на специальной установке, описанной выше, представлены на рис. 4 и 5. Распределение микротвердости по сечению ДЛ дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 до и после оплавления представлены на рис. 6 и 7 соответственно.

Химический анализ ДЛ дроби ИЧХ28Н2 до оплавления выявил следующее. Минимальное содержание Cr составляет 3,44%, максимальное 24,14%, среднее 15,46%. Содержание Ni минимальное 0,02%, максимальное 1,35%, среднее 0,37%.

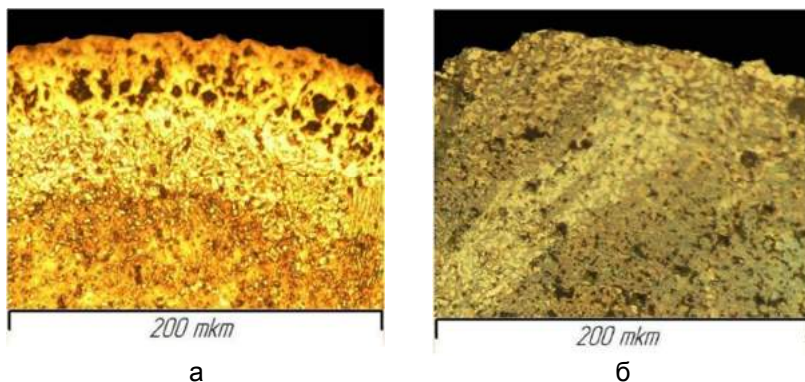


Рис. 4. Микроструктура ДЛ дроби ДЧЛ 08:
а – до оплавления; б – после оплавления

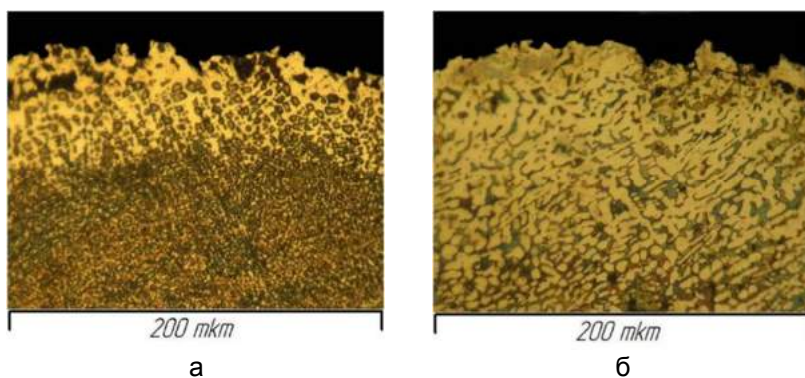


Рис. 5. Микроструктура ДЛ дроби ИЧХ28Н2:
а – до оплавления; б – после оплавления

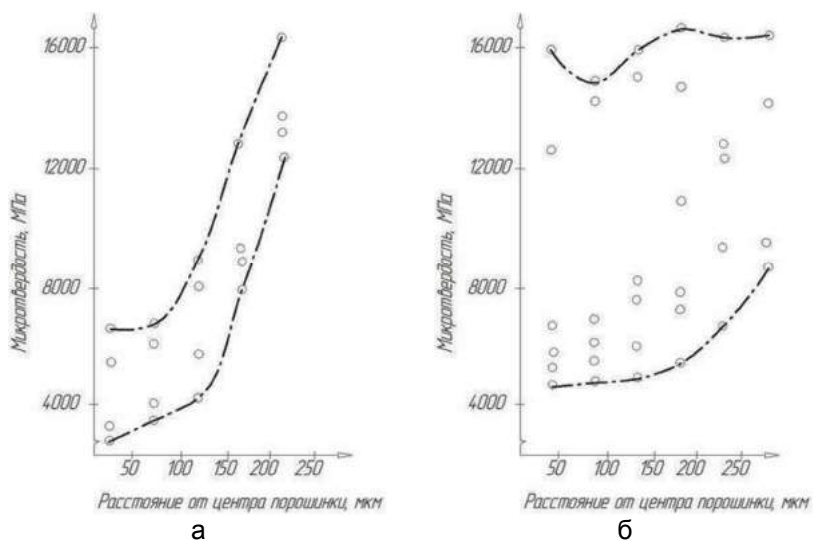


Рис. 6. Распределение микротвердости в ДЛ дроби ДЧЛ 08:
а – до оплавления; б – после оплавления

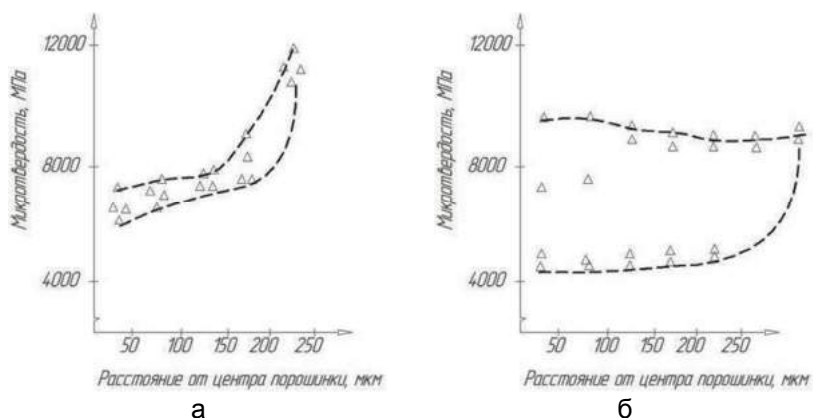


Рис. 7. Распределение микротвердости в ДЛ дроби ИЧХ28Н2:
а – до оплавления; б – после оплавления

Минимальное значение C_{Γ} в ДЛ дроби после обработки составляет 5,69%, максимальное 20,68%, среднее 10,65%. Мини-

мальное значение Ni в ДЛ дроби после обработки составляет 0,03%, максимальное 0,40%, среднее 0,26%. Повышенное содержание Cr и Ni на границе диффузионный слой-металлическая основа и в ядре обусловлено диффузией элементов к центру порошки в процессе насыщения бором при ДЛ. Равномерное распределение Cr и Ni по сечению дроби после высокотемпературной обработки подтверждает полное расплавление дроби с последующей кристаллизацией. Снижение среднего значения Cr и Ni в обработанной ДЛ дроби после оплавления объясняется частичным испарением химических элементов при кристаллизации расплавленной дроби.

Распределение Ni и Cr по сечению ДЛ дроби ИЧХ28Н2 до и после высокотемпературной обработки показано на рис. 8.

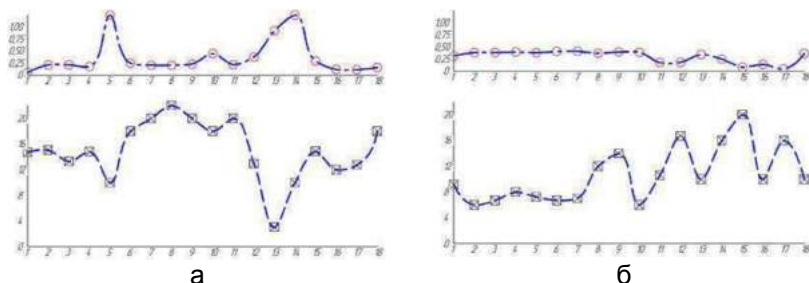


Рис. 8. Распределение никеля и хрома в ДЛ дроби ИЧХ28Н2:
а – до оплавления; б – после оплавления

Выводы. Выполненные исследования показали возможность использования отходов металлургического производства в виде чугуной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 в качестве основы для производства диффузионно-легированных наплавочных материалов для индукционной наплавки.

Кратковременное высокотемпературное воздействие на предварительно диффузионно-легированную дробь ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 позволяет получить из биметаллического сплава, содержащего тугоплавкую боридную оболочку, эвтектический сплав с меньшей температурой плавления, что существенно влияет на технологические и эксплуатационные свойства получаемых индукционной наплавкой защитных покрытий. Снижение температуры плавления диффузионно-легированного сплава из чугуной дроби

ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 позволит повысить качество получаемого индукционной наплавкой защитного покрытия, а следовательно, и его эксплуатационные свойства.

Предложен один из технологических подходов, позволяющий кратковременным высокотемпературным воздействием влиять на структурообразование и технологические свойства диффузионно-легированного сплава из отходов чугунной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 для индукционной наплавки.

Список литературы:

1. Современные перспективные материалы / под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – 562 с.
2. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и покрытия из них. – Минск: УП «Технопринт», 2001.
3. Ворошнин Л.Г., Пантелеенко Ф.И., Константинов В.М. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001.
4. Пантелеенко Ф.И. Теоретические и технологические основы получения самофлюсующихся порошков на железной основе диффузионным легированием и разработка износостойких композиционных покрытий из них: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Минск, 1992. – 32 с.
5. Константинов В.М. Диффузионно-легированные сплавы для защитных покрытий: дис. ... д-ра техн. наук. – Минск, 2008.
6. Вращающаяся электрическая печь для химико-термической обработки сыпучего материала : пат. 15412 Респ. Беларусь, МПК7 F27B 7/14 / В.М. Константинов, О.П. Штемпель, В.Г. Щербаков ; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20091415 ; заявл. 05.10.09 ; опубл. 28.02.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці . – 2012. – № 1. – С. 143.
7. Установка для обработки металлического порошка : пат.№ 10051 Респ. Беларусь, МПК В 22F 1/00 / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, В.Г. Щербаков; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № и 20130804 ; заявл. 08.10.2013 ; опубл. 30.04.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці . – 2014. – № 2. – С. 136.

8. Пантелеенко Е.Ф., Щербаков В.Г. Исследование диффузионно-легированных отходов стальной и чугунной дроби для получения защитных покрытий // *Литье и металлургия*. – 2009. – №1. – С. 176–181.
9. Щербаков В.Г. Некоторые аспекты использования отходов металлургического производства в качестве основы для получения наплавочных материалов // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов: в 2 ч. / БНТУ*. – Минск, 2011. – Ч. 2. – С. 200–212.
10. Щербаков В.Г. Снижение температуры плавления диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки // *Литье и металлургия*. – 2014. – №1. – С. 97–100.

УДК 621.771.25:669.017:669.15

А.Б. Сычков, Г.С. Зайцев, С.О. Малашкин, М.А. Шекшеев
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И СТРУКТУРНОГО КАЧЕСТВА КАТАНКЕ ШИРОКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение

В настоящее время на мировом рынке востребована катанка для производства проволоки из низко-, средне- и высокоуглеродистых нелегированных и легированных сталей под пружины, канаты, металлокорд, для железобетонных шпал нового поколения, сварочные электроды и омедненную проволоку для сварки строительных конструкций, корпусов судов, труб большого диаметра и магистральных газонефтепроводов, для изготовления которой не требуется проведение умягчающего отжига (или патентирования) перед волочением катанки или на промежуточном размере проволоки.

Ниже приводятся краткие результаты исследований, позволившие разработать научно обоснованные технологические решения по повышению качественных характеристик катанки широкого марочного сортамента, которая характеризуется высокой технологичностью переработки на метизном переделе [1, 2].

Технологические разработки. Результаты исследований и обсуждение

Катанка из низкоуглеродистой стали для безотжигового волочения

Для получения катанки диаметром 5,5 мм повышенной деформируемости (для безотжигового волочения в проволоку диаметром до 0,5 мм) использовали пластифицирующее влияние микродобавок бора и разупрочняющую технологию термомеханической обработки (ТМО) на линии Stelmor с регулируемым воздушным охлаждением [3–5].

Технология производства такой низкоуглеродистой катанки из непрерывно-литой заготовки (НЛЗ) сечением 125×125 мм предусматривает следующее: модифицирование электростали кальцием и микролегирование бором с обеспечением отношения $B/N \approx 0,8 \pm 0,15$; применение основных футеровок стальковша и промковша; полная или частичная защита разливаемой струи металла от вторичного окисления; температура раскатов перед проволочным блоком после водяного охлаждения в нулевой секции – не более 950–970°C; температура виткообразования – 940–970°C; скорость движения витков катанки на роликовом транспортере – не более 0,3–0,4 м/с; регулируемое воздушное охлаждение блоками струйного охлаждения (БСО): 3 и 4 БСО со скоростью вращения двигателей 600–800 мин⁻¹ в зависимости от диаметра катанки и скоростью охлаждения металла не более 5°C/с.

Катанка из низкоуглеродистой спокойной стали марок типа 1005, C4D и C9D (ASTM A 510M; EN 10016) успешно конкурирует с катанкой из кипящих сталей аналогичного состава по уровню пластичности. Такой металл способен к безотжиговому волочению со скоростью до 40 м/с с диаметра 5,5 мм в проволоку диаметром 0,5 мм ($\varepsilon_{\Sigma} = 99,2\%$).

Для прогнозирования механических свойств и управления технологическим процессом производства катанки из низкоуглеродистой стали была разработана регрессионная зависимость, которая имеет высокие статистические показатели (R , $S_{\text{ост}}$, F) адекватности реальному процессу. Наиболее значимо влияют на механические свойства ($\sigma_{\text{в}}$, $\sigma_{\text{т}}$, $\delta_{5/10}$, ψ) низкоуглеродистой катанки химический состав стали (C, Mn, Si, Cr, Ni и Cu, выражаемый через уг-

леродный эквивалент – $C_9 = Mn/5 + Si/7 + (Cr + Ni + Cu)/12$), температура виткообразования и диаметр катанки. Менее значимо влияние времени охлаждения металла и содержание бора в стали, что объясняется незначительным колебанием этих параметров при принятой технологии производства низкоуглеродистой катанки для безотжигового волочения.

Низкоуглеродистая катанка, подвергнутая охлаждению на линии Stelmor по разработанному режиму, имеет удельную массу окалины на поверхности в пределах 8–12 кг/т. Окалина удаляется полностью как механическим, так и химическим способами. Однако, окалина, удаляемая химическим способом, должна быть плотной, без бластеров и состоять преимущественно из вюститита; такая окалина формируется при пониженных температурах виткообразования (~ 900°C). Для механического удаления окалины требуется более толстый слой вюстититной окалины, который формируется при 950°C и выше.

Катанка для холодной объемной штамповки (ХОШ)

При производстве катанки для изготовления крепежных изделий методом ХОШ в мировой практике применяют НЛЗ крупного сечения (200–400 мм), которую деформируют с достаточно большой степенью для практически полного устранения литой структуры. Поэтому, например, для получения высококачественного проката на Белорусском металлургическом заводе и Оскольском электрометаллургическом комбинате НЛЗ сечением 250×300 и 300×400 мм прокатывают сначала на обжимном стане на заготовки более мелкого сечения (125×125 и 130×130 мм), а затем на мелко-сортно-проволочных станах качество катаных заготовок контролируют в линии дефектоскопии, после чего обнаруженные и отмеченные поверхностные дефекты удаляют на обдирочно-шлифовальных станках или огневим способом.

Особенностью технологии производства проката на ММЗ является разливка стали в НЛЗ малого сечения (125×125 мм). Опыт производства и переработка проката для ХОШ из такого металла показал, что, благодаря меньшему размеру сечения НЛЗ по сравнению с обычно применяемыми, улучшаются условия кристаллизации стали, в большей мере устраняется неоднородность распределения химических элементов по длине заготовки и усадоч-

ные явления. Однако прокатка такой НЛЗ сопровождается меньшей степенью деформации металла, вследствие чего в готовом прокате наблюдаются остатки литой структуры.

Основным требованием к горячекатаному прокату для ХОШ является способность выдерживать осадку в холодном состоянии на величину деформации 66 или 75%. Согласно ГОСТ 10702-78 на осажённых образцах не должно быть надрывов и трещин, допускается наличие отдельных рисок глубиной не более 0,1 мм для проката диаметром до 20 мм и не более 0,2 мм для проката диаметром 20 мм и выше. В международной практике [6] качество поверхности осажённых образцов оценивается по специальной шкале, в которой предусмотрено пять классов дефектов: 0; 1; 2; 3 и 4, причем для ХОШ допускается класс дефекта не более 1, а средневзвешенное значение этого показателя (так называемого коэффициента осаживания F) должно быть в пределах 0,3–0,7 (в зависимости от того, будет ли применяться при последующем переделе холодная или горячая высадка). Статистическими исследованиями показано, что в 86% случаев катанка диаметром 5,5–14,0 мм из низкоуглеродистой стали типа 1005-1022, произведенная по текущим заказам, соответствует требованиям осадки для группы 66 – основному требованию к прокату для ХОШ.

Учитывая перечисленные выше аспекты, разработана и внедрена технология производства бунтового проката для ХОШ из стали 20Г2Р диаметром 5,5–14,0 мм из незачищенной НЛЗ малого (125×125 мм) сечения, что не имеет аналогов в мировой практике. Например, в условиях ОАО «Миттал Стил Кривой Рог», где из слитка массой 9–12 т изготавливают катаную заготовку сечением 150×150 мм, которую после зачистки поверхностных дефектов прокатывают в катанку, выход качественной заготовки из спокойной стали составляет лишь 77–85%.

Согласно разработанной сквозной технологии [7–9] сталь марки 20Г2Р изготавливают без микродобавок алюминия и титана, которые при применении традиционной технологии соответственно дораскисляют сталь и связывают азот, а бор, повышающий прокаливаемость стали, вводят в количестве 0,001–0,005%. Глубокое раскисление стали для ХОШ производят кальцием, а связывание азота и повышение прокаливаемости стали – эффективным свободным бором, который вводят в повышенном количестве (0,008–

0,012%). Это количество бора определяется выражением $B = N_{\text{общ}} + 0,003$, где $N_{\text{общ}}$ – содержание общего азота в стали.

Связывание азота в пластичные соединения BN повышает деформируемость проката для ХОШ, в том числе за счет снижения эффекта деформационного старения [3].

Высокая пластичность катанки из стали 20Г2Р обусловлена также применением разупрочняющей ТМО на линии Stelmor [4], заключающейся в высокотемпературном виткообразовании при 940–960°C и длительной квазиизотермической выдержке под теплоизолирующими крышками без подачи вентиляторного воздуха (скорость охлаждения металла –0,25–0,15°C/с при скорости транспортирования витков катанки по роликовому транспортеру – 0,09–0,12 м/с). При этом обеспечиваются следующие механические свойства катанки: $\sigma_b \leq 580 \text{ Н/мм}^2$, $\psi \geq 60\%$. Переработка катанки диаметром 6,5–14,0 мм из стали 20Г2Р, произведенной по вышеописанной технологии, в количестве 2000 т в ОАО «Завод Красная Этна» дала положительные результаты при изготовлении высокопрочного крепежа класса 8.8 с группой осадки 66 (преимущественно) и даже 75.

Сварочная катанка из легированных сталей

Существуют два технологических процесса производства сварочной проволоки с использованием катанки, изготовленной из стали марок типа Св-08Г2С, Св-08ГНМ, Св-08Г1НМА, Св-08ХГ2СМФ и т.п. [10].

Традиционная технология включает химическое удаление окислы, волочение катанки диаметром 5,5–6,5 мм в проволоку диаметром 5,0–0,8 (0,6) мм с применением 1 или 2 операций смягчающей термической обработки (рекристаллизационного отжига) и последующее омеднение. Для повышения эффекта рекристаллизации структуры (восстановления пластических свойств) некоторые исследователи рекомендуют применение упрочняющей термообработки исходной катанки (понижение температуры виткообразования или окончание прокатки в двухфазном ($\gamma + \alpha$) интервале температур. Такая технологическая схема производства сварочной проволоки из легированных сталей неэффективна: она затратная (имеет значительную продолжительность технологического цикла, требует использования большего количества технологического

оборудования и производственных площадей, повышенного количества обслуживающего персонала) и существенно загрязняет окружающую среду.

Новая, современная технология предполагает получение омедненной сварочной проволоки необходимых диаметров без применения умягчающей термообработки, что достигается за счет уникального комплекса свойств катанки – способности деформироваться до конечных диаметров 0,8 (0,6) мм и выше (в зависимости от марки стали и ее назначения для дальнейших сварочных работ). Современная технология безотжигового волочения катанки в проволоку содержит следующие этапы: механическое удаление окалины, сухое волочение катанки на промежуточный диаметр 5,15–1,70 мм (в зависимости от марки стали), затем без применения промежуточной термообработки – или мокрое волочение, совмещенное с электрохимическим омеднением поверхности проволоки диаметром 1,6–0,8 (0,6) мм или сухое волочение проволоки диаметром 5,0–2,0 мм и омеднение. Таким образом, преимущества новой схемы производства сварочной проволоки очевидны.

Освоение производства сварочной катанки из легированных сталей было начато со стали типа Св-08Г2С [10]. Естественно, что для современной схемы производства сварочной проволоки требуется катанка, обладающая чрезвычайно высокой пластичностью – способностью к холодной деформации со значительной суммарной степенью (ε_{Σ} до 98,8%). Учитывая опыт освоения и внедрения новейших технологий производства катанки из стали типа Св-08Г2С и достигнутые при этом положительные результаты по безотжиговому волочению её в готовую омедненную проволоку диаметром до 0,8 (0,6) мм, были разработаны и внедрены технологические операции производства катанки из стали марок Св-08ГНМ, Св-08Г1НМА, Св-08ХГ2СМФ и др., способной к волочению до необходимых конечных диаметров без начальной или промежуточной термической обработки. В работе [10] нами разработаны принципы пластифицирования катанки сварочного назначения, снижающие действие структурно-деформационных упрочняющих эффектов, которые заключаются в следующем: уменьшении общей степени легирования твердого раствора за счет снижения (в рамках требований нормативной документации) содержания в стали углерода, марганца, кремния, фосфора, хрома, никеля, меди, молибдена, ванадия; снижении микродеформации кристалличе-

ской решетки феррита и плотности дислокаций за счет вывода из твердого раствора атомов внедрения – азота, что достигается связыванием азота бором в мелкодисперсный нитрид бора при соотношении B/N, близком к стехиометрическому соотношению (~ 0,8); снижением в максимальной степени микроликвационных явлений в НЛЗ и прокате; уменьшением количества бейнитно-мартенситных участков путем проведения разупрочняющей ТМО катанки.

Внедрение современного металлургического оборудования (VD, ЭМП, длинной линии Stelmor) и новых технологий (микролегирование стали бором, модифицирование неметаллических включений (НВ) кальцием, снижение содержания в стали углерода, марганца, фосфора и серы, применение разупрочняющей ТМО) позволило обеспечить значительное повышение технологической пластичности катанки.

Результаты лабораторных исследований на катанке из стали марок Св-08ХГ2СМФ, Св-08Г1НМА, Св-08ГНМ и др. показывают, что самые высокие показатели пластических характеристик соответствуют изотермической выдержке в интервале температур 600–700°С, для Св-08Г2С – 550–600°С, в течение 20–30 мин, причем выдержка в течение 30 мин влияет в большей степени. Такие температурно-временные параметры обработки в максимальной мере способствуют превращению аустенита в феррит и перлит.

Катанка из высокоуглеродистой стали

Высокоуглеродистая (С ≈ 0,50–0,90%) катанка используется для производства проволоки для подъемных и трансмиссионных канатов, пружин, проволочной арматуры и арматурных прядей, оплеток рукавов высокого давления, металлокорда.

Наиболее ответственными видами катанки из высокоуглеродистой стали является катанка, предназначенная для производства металлокорда и высокопрочных арматурных канатов. Особенности производства такой катанки приводятся ниже.

Катанка для металлокорда

Освоение производства высокоуглеродистой катанки кордового назначения на мини-металлургическом комплексе, предназначенном по проекту для производства рядовой катанки, являлось сложной научно-технической проблемой. Это было обусловлено следующим: при выплавке и непрерывной разливке стали не

предусматривалось её вакуумирование и электромагнитное перемешивание; в качестве шихты использовался обычный металлолом; разливка стали производится на НЛЗ малого сечения (квадрат 125×125 мм), которые при производстве катанки подвергаются низкому укову.

Основные требования к качественным показателям стали, НЛЗ и катанки для изготовления металлокорда следующие: обеспечение заданных пределов по содержанию основных химических элементов – С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu; снижение содержания вредных примесей – P, S, As, Zn, Pb, Sn и т.п. до требований мировых стандартов; повышение чистоты стали по НВ, особенно недеформируемым; исключение в стали в максимальной степени НВ сложного химического состава с высокой долей Al_2O_3 ; получение НЛЗ с удовлетворительной чистотой поверхности, минимальной ликвацией, пористостью, без инородных включений; обеспечение однородности структуры и механических свойств катанки по длине мотка; получение в структуре сорбитообразного перлита в количестве > 50% при минимальном количестве структурно-свободного феррита или цементита; исключение образования закалочных структур.

Ниже рассмотрено обеспечение этих требований.

Химический состав стали

Технология выплавки и внепечной обработки стали гарантирует точное попадание в заданный химический состав кордовой стали марок 70КРД, 80КРД, 85КРД с незначительным внутриплавочным размахом вариации (разбегом) массовых долей элементов: $\Delta C = 0-0,01\%$; $\Delta Mn = 0-0,03\%$; $\Delta Si = 0-0,03\%$; межплавочный разброс значений соответственно составляет: $\Delta C = 0-0,04\%$; $\Delta Mn = 0-0,05\%$; $\Delta Si = 0-0,05\%$. Содержание фосфора и серы обеспечивается на уровне соответственно не более 0,015 и 0,006%, что является весьма хорошим показателем. При производстве стали на базе селективно отобранного металлолома с добавлением до 30% от массы металлошихты передельного чугуна или другого сырья (Синтикома, Суперкома, горячебрикетированного железа) остаточное содержание цветных примесей достигает достаточно высоких значений. Применение же «чистого» сырья (металлизированных окатышей) для производства катанки под металлокорд является весьма дорогим мероприятием. Поэтому с учетом проведенных нами исследований [11, 12] можно утверждать, что содержание $Cr \leq 0,15\%$; $Ni \leq 0,15\%$; $Cu \leq 0,25\%$

не оказывает негативного воздействия на свойства катанки и проволоки для металлокорда.

В настоящее время с определенным уровнем дополнительных затрат можно обеспечить в стали массовые доли хрома, никеля и меди на уровне $\leq 0,06$, $\leq 0,10$ и $\leq 0,15\%$ соответственно. Небезынтересно, что математическим моделированием с поиском оптимума функции отклика методами непараметрической статистики для высокоуглеродистой катанки ($C \geq 0,67\%$) показано, что с увеличением суммарного содержания хрома, никеля и меди в диапазоне значений $0,15\text{--}0,45\%$ ее пластические свойства увеличиваются ($\psi \approx 30\text{--}36\%$ при первичных испытаниях).

Микродобавка бора, связывая азот в его нитрид, уменьшает степень развития процессов деформационного старения при волочении. При соотношении $B/N=0,20\text{--}0,25$ в кордовой стали в наибольшей мере проявляется пластифицирующее действие бора.

Вакуумирование стали, обеспечивая ее глубокую дегазацию по водороду (до вакуумирования содержание водорода – $2\text{--}6$, после вакуумирования – $0,3\text{--}1,5$ ppm) и в меньшей степени по азоту (соответственно $0,010\text{--}0,012$ и $0,005\text{--}0,007\%$), обуславливает дополнительное повышение пластичности катанки. Так, если при первичных испытаниях катанка из невакуумированной стали марки 70КРД имеет уровень относительного сужения $\psi = 30\text{--}35\%$, то из вакуумированной стали – $38\text{--}45\%$.

Количество вредных примесей в стали обеспечивается, в основном, на низком уровне: $P \leq 0,010$; $S \leq 0,005$; $As \leq 0,01$; $Zn \leq 0,001$; $Pb \leq 0,01$; $Sn \leq 0,01\%$. Это дополнительно повышает пластические характеристики катанки и ее деформируемость в холодном состоянии.

Неметаллические включения (НВ)

НВ, находящиеся в металлической матрице, имеют, как правило, различную деформируемость. Вследствие этого на границе недеформирующихся НВ формируются микрополости – нарушения сплошности металла, по которым в дальнейшем может происходить разрушение катанки и проволоки. Оценить деформируемость НВ можно индексом деформируемости ν , который определяется отношением степеней деформации НВ и металлической матрицы. Чем ниже значения этого индекса, тем менее пластичны НВ и тем вероятнее разрушение металла в процессе деформации. Наоборот, чем выше уровень этого индекса, тем пластичнее НВ, и при

его значении, равном 1, деформируемость НВ и металла одинакова. Наиболее опасные в этом смысле НВ ($\nu = 0$) – алюминаты и алюмокальцинаты, имеющие высокую температуру плавления. Наиболее пластичны сульфиды марганца ($\nu = 1$), которые хорошо деформируются в процессе горячей прокатки катанки, образуя мелкие строчки пластичных НВ, которые также хорошо деформируются при последующем холодном волочении [13].

Эффективно используется модифицирование стали кальцием путем ввода на установке ковш-печь (УКП) кальцийсодержащей проволоки (SiCa, FeCa – порошковая проволока). При соотношении $Ca/a_o = 0,60-1,20$ (a_o – концентрация активного кислорода) возможно превращение недеформируемых алюминатов ($MgO \cdot Al_2O_3$, $CaO \cdot Al_2O_3$) в пластичное соединение с пониженной температурой плавления – $12CaO \cdot 7Al_2O_3$, которое легко переходит в шлак. При других соотношениях Ca/a_o образуются твердые тугоплавкие алюминаты, которые формируют настывы в стаканах-дозаторах и недеформируемые НВ в стали. Использование магнезиальных сталеразливочных ковшей (СК) также способствует снижению загрязненности стали НВ.

Проведенные исследования позволили определить комплекс технологических мероприятий, позволяющих снизить загрязненность металла НВ: применение ограниченного количества кальцийсодержащей порошковой проволоки для модифицирования НВ; использование основных футеровок СК и промежуточного ковша (ПК); выбор оптимального состава теплоизолирующих и рафинирующих засыпок в УКП, не содержащих оксидов железа и марганца; продувка стали в УКП аргоном через специальные продувочные блоки; защита от вторичного окисления струи стали, истекающей из СК в ПК и из ПК в кристаллизатор.

Уменьшение в условиях ММЗ загрязненности НВ катанки из высокоуглеродистой стали для металлокорда обычной, высокой и сверхвысокой прочности (совместно с другими показателями качества) обеспечило высокую технологичность ее переработки на метизном переделе (обрывность при микроволочении – не более $1,5-2,0 \text{ т}^{-1}$, при свивке прядей и кордовых конструкций – не более $2,0-2,5 \text{ т}^{-1}$).

Макро- и микроструктура катанки

Для формирования качественной макроструктуры, минимизации ликвационных явлений в НЛЗ и катанке наиболее эффек-

тивны методы разливки стали с обеспечением максимального развития зоны равноосных кристаллов при соответственном сокращении зоны столбчатых кристаллов.

Результаты исследований показывают следующее:

– из-за дендритной ликвации в НЛЗ образуются ликвационные полосы, «шнуры», структурная полосчатость, остатки которых выявляются и в катанке, и в проволоке; ЭМП способствует реализации затравочно-инокулирующего эффекта при кристаллизации стали, что увеличивает количество центров кристаллизации и способствует увеличению скорости кристаллизации; зона равноосных кристаллов в результате действия ЭМП заметно увеличивается – в среднем в 1,7 раза, при этом центральная ликвация и пористость рассредотачиваются;

– ликвация на макро- и микроуровне обуславливает также и формирование в центральных частях высокоуглеродистой катанки мартенситных участков, протяженность которых составляет от 5 до 200 мкм.

Оптимизация процесса кристаллизации слитка, режимов ЭМП, степени перегрева над температурой ликвидус позволяет практически исключить появление закалочных структур. Несмотря на вредность закалочных структур, многие известные фирмы, например Векаегт, допускают их ограниченное наличие даже в катанке кордового назначения: в центральных участках сечения катанки – мартенсит протяженностью до 20 мкм. В связи с этим на ММЗ разработан специальный документ, регламентирующий наличие в структуре катанки для металлокорда единичных мартенситных участков протяженностью не более 20 мкм.

При производстве катанки необходимо одновременное обеспечение нескольких показателей качества. Зачастую улучшение одних из них может привести к ухудшению других. Здесь необходим поиск приоритета, степени значимости какого-либо показателя по отношению к другим. Так, повышение дисперсности перлита высокоуглеродистой катанки приоритетнее увеличения вторичной окалины или глубины обезуглероживания, однако при наличии грубых поверхностных дефектов высокая дисперсность перлита будет бесполезна, так как возрастет обрывность катанки и проволоки именно по дефектам поверхности.

В процессе исследований была определена взаимосвязь между количеством перлита 1 балла и температурой виткообразо-

вания, согласно которой имеются два интервала температур раскладки катанки на витки, где межпластинчатое расстояние в перлите минимально: первый интервал – 950–1000°C, второй – менее 700°C. В этих случаях образуется практически 100% мелкодисперсного перлита 1 балла (межпластиночное расстояние < 0,2 мкм). Однако при температурах металла ниже 700°C в поверхностных слоях катанки формируется недопустимая постзакалочная структура – сорбит отпуска, ухудшающая технологичность переработки такой катанки в проволоку. При высоких температурах (950–1000°C) возникает другой недостаток – увеличивается среднее количество вторичной окалины до 6–8 кг/т против 2–4 кг/т при температуре виткообразования 800–850°C, однако в последнем случае количество мелкодисперсного перлита уменьшается на 30–40%. В связи с тем, что формируемая при температурах 950–1000°C окалина состоит, в основном, из вюстита и затем она вместе с витками катанки подвергается быстрому охлаждению вентиляторным воздухом, в том числе и в температурном диапазоне 570–400°C, превращение вюстита в магнетит не происходит, вследствие чего обеспечивается легкое удаление такой окалины перед волочением как химическим, так и механическим способами. Увеличением же расхода металла в окалину при этом можно пренебречь, так как повышение дисперсности перлита при одновременном снижении глубины обезуглероживания обуславливает улучшение деформируемости металла при волочении и свивке металлокорда.

Наряду с дисперсностью перлита на деформируемость катанки и проволоки оказывает влияние и размер действительного зерна. Для высокоуглеродистой катанки этот размер оптимален в диапазоне № 7–11.

Обезуглероживание и качество поверхности катанки

В литературе [14–16] отмечается также положительное влияние обезуглероживания поверхности катанки на ее потребительские свойства. Мягкая обезуглероженная поверхность обеспечивает повышенную пластичность металла при перегибах и скручиваниях из-за малой чувствительности к концентраторам напряжений и, следовательно, высокой сопротивляемости к зарождению трещин. Формирование в поверхностном обезуглероженном слое остаточных сжимающих напряжений приводит к повышению усталостной прочности и долговечности при работе в канатах, а также

повышению коррозионной стойкости и улучшению оцинкования проволоки. В обезуглероженном слое меньше вероятность образования мартенсита истирания и вызываемых им поверхностных трещин и надрывов. С учетом изложенного необходимо обеспечивать равномерную глубину обезуглероживания катанки по её периметру. Сквозной технологией производства высокоуглеродистой катанки обеспечивается низкая дефектность её поверхности: глубина дефектов не превышает 0,15 мм, а в 95% случаев она не более 0,10 мм.

Высокоуглеродистая катанка для производства высокопрочных натяжных проволок и арматурных канатов

Производство высокоуглеродистой катанки, микролегированной ванадием и/или хромом, из сталей марок типа С82D по EN 10016 и контрактным техническим требованиям металлопроката предназначено для изготовления высокопрочной проволоки и проволочных изделий для армирования железобетонных конструкций (плит перекрытий, конструкций автомагистралей, виадуков), обрезиненных устройств для плавного пересечения автомобилями железнодорожных переездов, натяжных прядей для вантовых мостов.

В отличие от традиционного способа производства натяжных прядей (арматурных канатов), применяемого, например, в странах СНГ, новый способ не содержит операцию патентирования катанки, целью которой является сорбитизация структуры и увеличение как прочностных, так и пластических свойств катанки. Очевидно, что катанка, используемая при современной технологии производства высокопрочных арматурных канатов, должна иметь такой же комплекс свойств, как и патентированная катанка.

Основной сложностью в производстве данного вида продукции является обеспечение заданной высокой прочности исходной катанки – не менее 1150, 1200 и 1250 Н/мм², что обусловлено высокой прочностью арматурных канатов – не менее 1770, 1860, 2000 Н/мм² и более. Так как, в основном, для производства данной продукции используется катанка крупных диаметров – 8,0 мм и выше, то проблема обеспечения заданного структурного состояния и предела прочности в исходной катанке достигается легированием стали и интенсивным охлаждением на линии Stelmor.

Максимальная скорость воздушного охлаждения на линии Stelmor составляет не более 10–12°C/с вместо необходимых 20–25°C/с. Вследствие этого достижение требуемой структуры и, соответственно, уровня прочности катанки может быть получено только при дополнительном легировании стали ванадием и/или хромом.

Механизм упрочнения стали ванадием заключается в том, что карбиды и нитриды ванадия, располагаясь в ферритной матрице перлита в виде дисперсных частиц, сдерживают движение дислокаций и упрочняют металл за счет так называемого дисперсионного твердения. Хром упрочняет сталь, в основном, по твердорастворному механизму.

Для ванадия и хрома характерна ликвация в микрообъемах металла, возникающая при кристаллизации – дендритная ликвация. В процессе прокатки дендритная ликвация полностью не устраняется, вследствие чего в микроструктуре катанки образуется структурная полосчатость, карбидная неоднородность, мартенситные участки. Микрорентгеноспектральный анализ мартенситных участков и перлитной матрицы показал, что образование мартенсита обусловлено ликвацией Mn, Cr и V, причем коэффициенты их ликвации находятся в следующих диапазонах: Cr – $k_L = 2,62\text{--}3,46$, Mn – $k_L = 1,79\text{--}2,08$, V – $k_L = 3,0\text{--}7,5$.

Наличие структурной неоднородности в стали приводит к появлению микронапряжений, в результате чего при проведении механических испытаний непосредственно после прокатки наблюдается преждевременный разрыв образцов катанки, вследствие чего не достигается номинальное значение предела прочности. Как показали исследования, разрушения происходят именно в местах химической и структурной неоднородности стали. В результате номинальный предел прочности катанки достигается только после ее вылеживания в течение нескольких дней, в процессе которого существенно снижается содержание водорода в стали и уровень микронапряжений. Очевидно, что химическая и структурная неоднородность стали оказывает негативное влияние и на технологичность катанки-проволоки на метизном переделе.

Другим проявлением ликвационных процессов в высокоуглеродистой катанке является образование цементитной сетки, степень развития которой повышается с увеличением содержания углерода в стали. Подавить выделение цементитной сетки возможно либо интенсивным воздушным охлаждением катанки, либо

снижением содержания углерода в стали за счет дополнительного легирования такими элементами, как Mn, V и Cr.

Для устранения негативного влияния структурной неоднородности стали, в том числе мартенситных участков, необходима установка более эффективной системы ЭМП, увеличение поперечного сечения НЛЗ, интенсификация воздушного охлаждения катанки на линии Stelmor.

Для снижения негативного влияния структурной неоднородности катанки из высокоуглеродистой стали, содержащей добавки V и/или Cr, такую сталь на ММЗ микролегируют бором.

Как показали опытно-промышленные эксперименты, технологичность переработки высокоуглеродистой катанки в натяжную проволоку и натяжные пряди – удовлетворительная.

Катанка для производства железнодорожных шпал нового поколения в условиях ОАО «ММК» [17–20]

Негативными металлургическими факторами, снижающими технологичность переработки проката на метизном переделе, являются грубодисперсная структура перлита и неравномерное распределение перлитной структуры по сечению проката, наличие мартенситных и цементитных участков, недеформирующихся неметаллических включений, поверхностных дефектов: раскатанных газовых пузырей, трещин, загрязнений. Ниже приведен краткий анализ существующей и принципы разработки эффективной сквозной технологии производства стали марки 80P, ее внепечной обработки и разливки, прокатки непрерывно-литого слитка на проволочном стане, термической обработки проката на линии Стелмор в условиях ОАО «ММК», а также совершенствованию техпроцесса на метизном переделе в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ». Поэтому рассмотрены особенности технологии по переделам, выявлены «узкие» места и скорректированы технологические режимы, обеспечивающие в комплексе существенное улучшение качество проката и метизов и повышение технологичности переработки металла на последующих переделах.

Базовая технология производства стали заключается в следующем. Выплавка стали 80P (с микродобавками бора в количестве не более 0,0025%) проводится в ДСП или ДСА с «горячей» футеровкой, с расходом жидкого чугуна в ДСП не менее 100 т, а на ДСА – не менее 160 т, причем в качестве металлического лома используется «чистая» прокатная обрезь. Науглераживание ме-

талла производится с использованием жидкого чугуна в количестве 20–25 т/плавку, а на выпуске допускается использовать твердые науглераживатели, такие как графит, электродный бой и т.д. Выпуск металла производится в горячий сталеразливочный ковш с исключением попадания в него печного шлака. Для раскисления металла на выпуске используется алюминий первичный из расчета на ДСП – 130–150 кг, на ДСА – 150–180 кг. Наведение шлака в ковше на АПК проводится синтетическими плавлеными смесями, а также допускается использовать свежееобожженную известь в количестве 1,5 т, плавикового шпата не менее 400 кг.

В начале внепечной обработки проводится раскисление металла алюминиевой проволокой из расчета получения содержания алюминия по верхнему пределу. Раскисление шлака в ковше проводится чушковым алюминием или карбидом кремния до получения белого шлака в ковше. Получение в металле заданного содержания углерода, марганца и кремния проводится после получения белого шлака в ковше. Для науглераживания используются углеродсодержащие материалы с содержанием углерода не менее 99% и летучих не более 0,5%, также допускается использование порошковой проволоки с углеродом для корректировки его содержания. После наведения шлака в ковше и получения заданного содержания серы в ковш присаживается сухой кварцевый песок в количестве 700–1000 кг. После получения в металле заданных пределов содержания углерода, марганца, кремния и алюминия, при глубоко раскисленном металле производится микролегирование бором. По завершении обработки металла проводится «мягкая» продувка металла аргоном, ввод расчетного количества в зависимости от содержания в стали алюминия феррокальциевой порошковой проволоки для повышения жидкотекучести стали при непрерывной разливке. По окончании обработки плавки кальцием проводится «мягкая» продувка плавки продолжительностью не менее 5 мин. В случае необходимости корректировки химического состава металла или его температуры после обработки кальцием и проведения мягкой продувки необходимо повторно провести «мягкую» продувку стали. Для стали марки 80P отношение Ca/Al в ковшевой пробе должно быть 0,1–0,3, для чего расход проволоки с феррокальцием на АПК должен составлять 600–900 кг/плавку для обеспечения жидкотекучести стали при непрерывной разливке.

Разливка стали проводится закрытой струей (защита металла от вторичного окисления) через промковш переклазохромитового состава с применением электромагнитного перемешивания

(ЭМП), снижающим протяженность развития зоны столбчатых кристаллов (ЗСК). Первыми в серии разливаются промывочные плавки из стали марок 75–80 для снижения количества экзогенных неметаллических включений (НВ) в стали.

Отгрузка заготовок производится после охлаждения в период с мая по октябрь – в плотном штабеле до температуры поверхности заготовок менее 100°C и с ноября по апрель – в томильном коробе для обеспечения условий для удаления диффузионно-подвижного водорода и предотвращения межкристаллитного разрушения.

Недостатки вышеописанной технологии производства высокоуглеродистой стали марки 80P, оказывающие влияние на качество стальной заготовки, следующие:

1. На АПК не проводится модифицирование НВ, что обуславливает наличие в стали крупных недеформирующихся НВ.

2. Массовая доля алюминия в стали составляет по НД 0,01–0,03% для раскисления стали. Это неэффективно, так как сталь значительно загрязняется недеформирующимися, вязкими и тугоплавкими оксидами алюминия, приводящими к затягиванию разливочных отверстий и обрывности проволоки при ее волочении.

3. Повышенное содержание в стали кремния и низкое отношение марганца к кремнию (отношение марганца к кремнию составляет зачастую менее 2, желательно не менее 3). Высокое содержание в стали кремния и алюминия приводит к формированию в стали НВ алюмосиликатного типа и снижает технологическую деформируемость проката на метизном переделе.

4. В стали на АПК наблюдается в конце обработки достаточно высокое содержание водорода – до 5 ppm, что обуславливает повышенную дефектность непрерывно-литой заготовки по НВ и явление водородного охрупчивания стали.

5. Относительно высокое содержание FeO (1,3–1,8%) в белых шлаках АКП, что подтверждает вероятность образования в стали оксидных НВ.

С целью частичного устранения указанных недостатков нами было предложено снизить нормативное содержание в стали алюминия – не более 0,005%, обеспечить отношение марганца к кремнию на уровне не менее 2,5–3,0 ($\text{Mn} = 0,65\text{--}0,70\%$, $\text{Si} = 0,20\text{--}0,22\%$), модифицировать сталь кальцием в рациональных количе-

ствах как наиболее дешевым материалом по сравнению, например, с редкоземельной лигатурой.

Для определения эффективности исключения обработки стали алюминием, снижения в стали массовых долей кремния были выплавлены четыре экспериментальные плавки (1–4) и одна контрольная плавка (5) из стали 80P. Анализ их переработки показывает, что исключение обработки стали алюминием (0,002 вместо 0,010%) с одновременным повышением отношения марганца к кремнию (2,5–2,9 вместо не более 2,4), при одном и том технологическом режиме прокатки, термообработки на линии Стелмор и последующем переделе (метизном и на ЗЖБШ), обусловило снижение обрывности при волочении проволоки с 0,34 до 0,12–0,02 т⁻¹, то есть в 2,8–17 раз. Эти результаты подтверждают высокую эффективность предложенной технологии.

С другой стороны, повышение однородности перлитной структуры высокой дисперсности является гарантией высокой деформируемости проката при волочении и последующей переработки сорбитизированной проволоки в арматуру железобетонных шпал нового поколения, арматурные канаты и другие виды проволоочной продукции. Металловедческая гарантия формирования пластинчатого перлита высокой дисперсности – сорбитообразного перлита заключается в регламентируемом охлаждении проката в бунтах диаметром 15,5–16,0 мм с рациональными температурой аустенитизации и скоростью до температурной области сорбитного превращения. Выбор режимов аустенитизации проката и последующего его охлаждения на линии Стелмор обоснован на построенной термокинетической диаграмме (ТКД) для стали типа 80P и закономерностях распада аустенита при непрерывном охлаждении, согласно которым межпластинчатое расстояние в перлите подчиняется параболической зависимости. Максимальное межпластинчатое расстояние (малопластичного грубодисперсного перлита) формируется при температурах аустенитизации (температуры виткообразования на линии Стелмор) в диапазоне 830–880°C. Оптимальная структура сорбитообразного перлита может быть получена при температурах как ниже, так и выше этого температурного диапазона. Однако при температурах ниже 830°C кроме постепенного увеличения дисперсности перлита формируется также вследствие высокой скорости водяного охлаждения структура отпущенного сорбита, обуславливающего развитие поверхностных микротрещин и обрывность такого металла при воло-

чении. При температурах выше 880°C степень дисперсности перлита резко увеличивается с повышением температуры, оптимальный диапазон температур составляет $950\text{--}1000^{\circ}\text{C}$. Недостаток этого диапазона температур заключается в том, что при температуре близкой и выше 1000°C вероятно образование на поверхности проката неудовлетворительной стеклообразной окалины с фаэлитом (Fe_2SiO_4), которая фактически не удаляется с поверхности перед волочением ни химическим, ни механическим способом. Поэтому наиболее приемлемый диапазон температуры ауستنитизации (виткообразования) составляет $950\text{--}980^{\circ}\text{C}$. При этом на поверхности проката формируется повышенное количество воздушной окалины – в среднем до 8 кг/т , вместо $2\text{--}3\text{ кг/т}$ при низких температурах (880°C).

Обязательным условием формирования сорбитообразного перлита после водяного охлаждения проката на линии Стелмор и получения оптимальной температуры сорбитизации является воздушное охлаждение со скоростями $20\text{--}25^{\circ}\text{C/с}$.

Поэтому, основываясь на вышеуказанном, в конкретных производственных условиях предложено увеличить температуру виткообразования, как минимум, до $920\text{--}930^{\circ}\text{C}$ вместо $840\text{--}880^{\circ}\text{C}$ (по технологической инструкции и рекомендациям фирмы Даниели – поставщика оборудования) для максимальной сорбитизации перлитной структуры; скорость роликового транспортера витков – $0,5\text{--}0,8\text{ м/с}$ (в дальнейшем, по возможности, – до $1,0\text{--}1,2\text{ м/с}$) для получения однородности структуры и свойств витков проката за счет равномерного обдува металла вентиляторным воздухом: в работе все 14 вентиляторов на максимальной мощности. Для исключения на метизном переделе операции патентирования рекомендуется модернизация линии Стелмор стана 170 ОАО «ММК».

На семи плавках (1–7) были опробованы предложенные режимы, металлографический анализ показал, что по сравнению с резко неоднородной структурой проката диаметром $15,5\text{--}16,0\text{ мм}$, произведенной по схеме 1 обработки на линии Стелмор ММК ($t_{\text{в/л}} = 840\text{--}880^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{тп}} = 0,15\text{ м/с}$, в работе 14 вентиляторов) и улучшенной технологической схемой 2 ММК ($t_{\text{в/л}} = 840\text{--}880^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{тп}} = 0,15\text{ м/с}$, все вентиляторы отключены – фактически это режим прокатной нормализации), опытный режим ($t_{\text{в/л}} = 900\text{--}940^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{тп}} = 0,5\text{--}0,8\text{ м/с}$, в работе 14 вентиляторов с максимальной нагрузкой) характеризуется максимальной однородностью структуры, высокой дисперсностью перлита: межпластинчатое расстояние в перлите по режимам соответственно составило $0,28\text{ мкм}$ при прокатной нормализации,

0,23 мкм при скорости транспортера 0,5 м/с и повышенной температурой виткообразования и охлаждении вентиляторами, 0,15 мкм при скорости транспортера 0,8 м/с и повышенной температурой виткообразования и охлаждении вентиляторами.

Наблюдается различие в дисперсности перлита – количестве перлита 1 и 2 баллов по ГОСТ 8233-56 на поверхности и сердцевине поперечного сечения проката. Эта разница составляет на опытном металле температура виткообразования до 10%, для контрольных партий – до 40%.

И хотя свойства нормализованного и опытного проката очень близки, перспектива опытного режима очевидна и надо полагать, что с усовершенствованием режима воздушного охлаждения витков проката на роликовом транспортере за счет модернизации системы вентиляторного охлаждения станет возможным производить прокат с высокой степенью сорбитизации перлитной структуры, что позволит отказаться от термической обработки проката – патентирования на метизном переделе, то есть исключить один передел с перспективой выхода на мировой рынок с сорбитизированным прокатом из высокоуглеродистых марок стали для переработки в высокопрочные арматурные канаты, проволоку, заготовку для шпал нового поколения и т.п.

Высокую эффективность опытных режимов доказывает снижение обрывности на метизном переделе и на ЗЖБШ. Долевое влияние на обрывность при волочении составило примерно 50%: обрывность опытных партий проката составило $0,01 \text{ т}^{-1}$ по сравнению с $0,04 \text{ т}^{-1}$ на контрольных партиях.

Заключение

В условиях ММЗ разработаны и внедрены научно обоснованные технические решения по производству высокопластичной катанки из сталей широкого марочного сортамента и назначения. Сочетание новых технологических приемов выплавки стали (модифицирование кальцием и микролегирование бором, защита металла от вторичного окисления, вакуумирование и пр.), прокатки и ТМО позволило осуществить в промышленных масштабах безотжиговое волочение катанки-проволоки. В условиях ОАО «ММК» внедрены научно обоснованные технологические решения по производству высокоуглеродистой катанки под железнодорожные шпалы нового поколения.

Список литературы

1. Металлургические и металловедческие аспекты производства высокоуглеродистой катанки / А.Б. Сычков, М.А. Жигарев, А.Ю. Столяров, М.А. Шекшеев, С.Ю. Жукова, С.О. Малашкин. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 257 с.
2. Сычков А.Б., Емелюшин А.Н., Шекшеев М.А. Структурообразование в околошовном участке сварных соединений трубного проката. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 100 с.
3. Новое применение бора в металлургии / В.В. Парусов, А.Б. Сычков, И.В. Деревянченко и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2005. – № 1(9). – С. 15–17.
4. Разупрочняющая термомеханическая обработка проката из углеродистой стали / В.В. Парусов, А.Б. Сычков, В.А. Луценко и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 6. – С. 54–56.
5. Формирование оптимальных свойств окалины на поверхности катанки / А.Б. Сычков, М.А. Жигарев, С.Ю. Жукова и др. – Бендеры: Полиграфист, 2008. – 292 с.
6. Шифферль Х.А. Катанка из непрерывнолитой заготовки // Черные металлы. – 1986. – № 7. – С. 53–58.
7. Новая технология производства проката для холодной объемной штамповки из борсодержащей стали/В.В. Парусов, В.Г. Черниченко, А.Б. Сычков и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Днепропетровск: «ВІЗІОН», 2004. – Вып. 7. – С. 300–311.
8. Особенности влияния бора на качественные характеристики стали для холодной высадки/В.В. Парусов, А.Б. Сычков, И.В. Деревянченко и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2005. – Вып. 32. – С. 62–68.
9. Парусов В.В., Парусов О.В., Сычков А.Б. Прокат из борсодержащих сталей для высокопрочных крепежных изделий. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2010. – 160 с.

10. Структура и свойства катанки для изготовления электродов и сварочной проволоки / А.Б. Сычков, В.В. Парусов, А.М. Нестеренко и др. – Бендеры: Полиграфист, 2009. – 608 с.
11. Сычков А.Б. Разработка сквозной технологии производства эффективных видов катанки из непрерывно-литой заготовки с повышенным содержанием примесей цветных металлов и азота: дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.01, 05.16.02. – Минск, 2005. – 380 с.
12. Парусов В.В., Сычков А.Б., Парусов Э.В. Теоретические и технологические основы производства высокоэффективных видов катанки. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2012. – 376 с.
13. Губенко С.И. Трансформация неметаллических включений в стали. – М.: Металлургия, 1991. – 224 с.
14. Белалов Х.Н. Формирование свойств канатной проволоки. – Стальные канаты: науч. тр. – Одесса: Астропринт, 2001. – С. 105–116.
15. Высокоуглеродистая катанка для изготовления высокопрочных арматурных канатов / А.Б. Сычков, М.А. Жигарев, А.М. Нестеренко, С.Ю. Жукова, А.В. Перегудов. – Бендеры: Полиграфист, 2010. – 280 с.
16. Катанка Молдавского металлургического завода для производства металлокорда/В.В. Парусов, А.М. Нестеренко, А.Б. Сычков и др. // Стальные канаты: науч. тр. – Одесса: Астропринт, 2001. – С. 99–105.
17. Бигеев В.А., Сычков А.Б., Зайцев Г.С. Усовершенствование технологии производства стали марки 80P в условиях ЭСПЦ ОАО «ММК» // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. трудов / под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск, 2012. – Вып. 12. – С. 43-48.
18. Усовершенствование сквозной технологии производства бунтового проката из стали марки 80P в условиях ОАО «ММК» / А.Г. Корчунов, В.А. Бигеев, А.Б. Сычков, Г.С. Зайцев, Ю.А. Ивин, А.Ю. Дзюба // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – № 2 (42). – С. 29-35.
19. Сквозная технология производства бунтового проката из стали марки 80P / В.М. Колокольцев, М.В. Чукин, В.А. Бигеев, А.Б. Сычков, Г.С. Зайцев // Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундамен-

- тальных фундаментальных исследований и НИОКР; Научно-практическая конференция с международным участием и элементами шко-лы для молодых ученых. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. – С. 235-239.
20. Совершенствование технологии производства высокоуглеродистой эвтектоидной стали при помощи эффективного модифицирования и микролегирования / В.А. Бигеев, А.Б. Сычков, Г.С. Зайцев // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Энергосбережение. Экология. Новые технологии: материалы X Всерос. науч.-практ. конференции с международным участием. – Старый Оскол, 2013. – С. 3-8.

УДК 621.438:621.78-033.78

Б.Н. Гузанов, М.Ю. Большакова

Российский государственный профессионально-педагогический университет, г. Екатеринбург

Н.В. Обабков

Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

ТЕМПЕРАТУРОУСТОЙЧИВЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ КЕРМЕТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ

В условиях контактного взаимодействия состояние поверхности во многом определяет эксплуатационные свойства сталей и сплавов, причем это влияние может значительно возрасти при наличии агрессивной внешней среды и нестационарного теплового и механического нагружения. С учетом подобных особенностей во многих случаях повышение долговечности и надежности различных деталей машин и инструмента чаще всего достигается не объемным упрочнением, а путем изменения химического состава и структуры только поверхностных слоев [1, 2]. Поверхностные эффекты при нестационарном нагреве в газовых средах в большинстве своем близки и вызывают, как правило, развитие процессов окисления, коррозии, разгара, термической усталости. Совокупность этих явлений позволяет сформулировать общие требования

к выбору метода нанесения защитного покрытия, в то время как условия эксплуатации обуславливают принципиально различную схему защиты поверхностных слоев. Такой подход не исключает введение в систему защиты индивидуального назначения одних и тех же легирующих элементов в различных концентрационных соотношениях, например *Al, B, Cr, Ni, Si*, РЗМ [3].

Так, для деталей, работающих на износ, например в высокотемпературных узлах трения, более всего подходит плазменное напыление, позволяющее наносить любые материалы и химические соединения, причем в неограниченном концентрационном соотношении. Кроме того, необходимо учитывать, что для ряда ответственных деталей весьма эффективным может оказаться индивидуальное или дополнительное упрочнение отдельных участков поверхности для придания им особых служебных свойств. Также важна возможность локального прицельного нанесения покрытия на любую поверхность независимо от размера.

В ряде работ показано, что наиболее приемлемыми для условий высокотемпературной эрозии и износа считаются металлокерамические покрытия, получаемые на основе боридов переходных металлов, в частности диборида хрома [4–6].

С учетом специфики нанесения газотермических покрытий нами разработан состав кермета на основе боридов хрома с использованием в качестве металлической связки хрома и никеля. Для напыления применяли механическую смесь порошков ($CrB_2 + Ni$) и ($CrB_2 + Cr$), полученных методом конгломерирования. Более сложные конгломераты требуемой фракции (40–50 мкм) получить трудно, да и нецелесообразно, поскольку значительно усложняется процесс приготовления исходных порошковых материалов. Покрытие наносили в специализированной установке [7] на образцы из жаростойкого сплава ЭИ868, широко используемого в газотурбиностроении для изготовления жаровых труб и камер сгорания.

Основными фазовыми составляющими напыленных покрытий являются CrB_2 , Ni , Cr , Cr_3B , CrB и Cr_2B . Наличие в покрытии фазы Ni_3B свидетельствует о том, что диборид хрома взаимодействует с никелем связки, так как при напылении не исключена вероятность слияния частиц в потоке плазмы. Борид Ni_3B образуется при содержании в исходной смеси не менее 15–20% никеля. В этом случае CrB_2 и Ni в покрытии осаждаются в приблизительно равном объемном соотношении.

Для увеличения адгезии и снятия внутренних напряжений был проведен отжиг напыленных образцов в вакуумной печи при температурах 1000–1100°C в течение 1 ч. При температуре отжига 1000°C диффузионные процессы в покрытии и на границе с подложкой развиваются крайне медленно. Это обусловлено слабой активностью диборида хрома по отношению к никелю, как было показано, при исследовании диффузионных пар $CrB_2 - Ni$ при этой температуре [8].

Повышение температуры отжига до 1100°C сопровождается значительным изменением структуры покрытия и образованием довольно широкой диффузионной зоны, что определяется эвтектическим плавлением в системе $Ni - Ni_3B$ [9]. На характер взаимодействия между покрытием и подложкой, помимо температуры, существенно влияет состав напыляемой смеси. Так, при температуре, соответствующей эвтектическому плавлению, наиболее **активно** процесс взаимодействия протекает в зоне контакта при напылении чистого диборида хрома. Однако полного расплавления диборида хрома в этом случае не происходит даже при длительных выдержках, как наблюдалось в диффузионных парах $CrB_2 - Ni$. По-видимому, в данном случае оказывают влияние легирующие элементы никелевого сплава, в частности хром.

Образующаяся жидкая эвтектика может проникать по межзерненным границам в глубь защищаемого сплава, а по порам в покрытии — к поверхности. Эвтектика обволакивает крупные зерна диборида хрома (на рис. 1 это частицы правильной геометрической формы) и способствует тем самым снижению пористости покрытия. В то же время отжиг не изменяет боридного каркаса покрытий данного состава.

Следует заметить, что покрытия из чистого диборида хрома в большинстве своем остаются хрупкими и сильно подвержены скалыванию, даже после термообработки. Их свойства можно существенно улучшить при напылении диборида хрома с металлической связкой в виде соединения (70% $Cr + 30\% Ni$). Фазовый состав с разным содержанием хромоникелевой связки представлен в таблице, причем фазы указаны в порядке уменьшения их общего количества в покрытии.



Рис. 1. Микроструктура приповерхностного слоя покрытия из дихорида хрома после напыления и отжига при 1100°С в течение 1 ч, $\times 1000$

Фазовый состав керметных покрытий на сплаве ЭИ868 после напыления и отжига при 1100°С в течение 1 ч

Состав напыляемой смеси, %	Фазовый состав покрытия
$CrB_2 + 10 (Cr, Ni)$	$Ni, Ni_3B, CrB, CrB_2, Cr_3B_4$
$CrB_2 + 20 (Cr, Ni)$	$Ni, Ni_3B, CrB_2, Cr_3B_4, Ni_2B$
$CrB_2 + 40 (Cr, Ni)$	$Ni_3B, CrB, Ni, Cr_3B_4, Ni_2B, CrB_2$
$CrB_2 + 50 (Cr, Ni)$	$CrB, Ni_3B, Ni, CrB_2, Cr_3B_4, Cr$
$CrB_2 + 70 (Cr, Ni)$	Cr, CrB, Ni, Ni_3B

Напыление дихорида хрома со связкой способствует изменению характера взаимодействия в покрытии и на границе с никелевым сплавом. За счет изменения количества хромоникелевой связки в напыляемой смеси от 20 до 70% создается возможность регулирования толщины диффузионной зоны (она уменьшается), состава и структуры получаемых покрытий, что имеет большое значение для повышения их качества. Так, бориды CrB_2 и CrB более устойчивы в условиях отжига, что увеличивает микротвердость и износостойкость.

В зоне эвтектического плавления на границе раздела сплав – покрытие можно отметить направленное перемещение вольфрама в переходную зону, причем концентрируется этот элемент главным образом в участках, обогащенных по хрому (рис. 2). Микротвердость крайне неравномерно распределена по толщине покрытия. Это обусловлено специфичным слоистым строением полученных покрытий (рис. 3), характерным при напылении порошко-

вых смесей с различными теплофизическими свойствами компонентов [10].

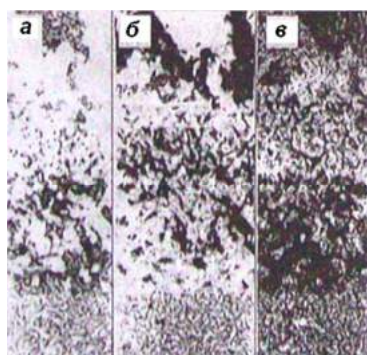


Рис. 2. Распределение элементов в переходной зоне покрытия $CrB_2 + 40\% (Cr, Ni)$ после напыления и диффузионного отжига при $1100^\circ C$ в течение 1 ч, $\times 400$. Изображения в характеристическом излучении: а – хрома; б – никеля; в – вольфрама

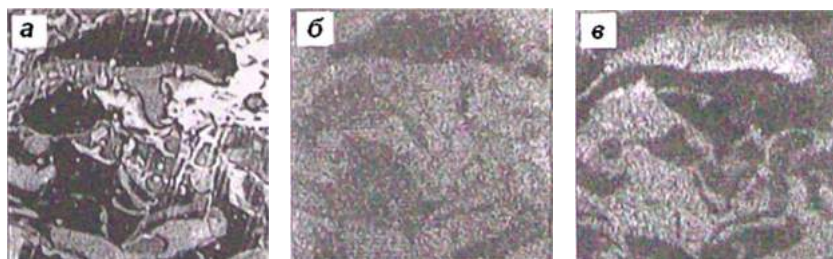


Рис. 3. Распределение элементов в покрытии $CrB_2 + 40\% (Cr, Ni)$ после напыления и диффузионного отжига при $1100^\circ C$ в течение 1 ч, $\times 800$. Изображения: а – во вторичных электронах; б – в излучении хрома; в – в излучении вольфрама

Важный параметр напыляемых покрытий – степень развитости их открытой пористости, меняющийся в зависимости от содержания хромоникелевой связки в напыляемой смеси. С увеличением количества (Cr, Ni) – составляющей концентрации пор в покрытии снижается (рис. 4). При этом диффузионный отжиг позволяет резко уменьшить пористость за счет заплывания пор. Присутствие металлической составляющей в смеси свыше 40% нецеле-

сообразно, так как пористость при этом значении уже практически не снижается.

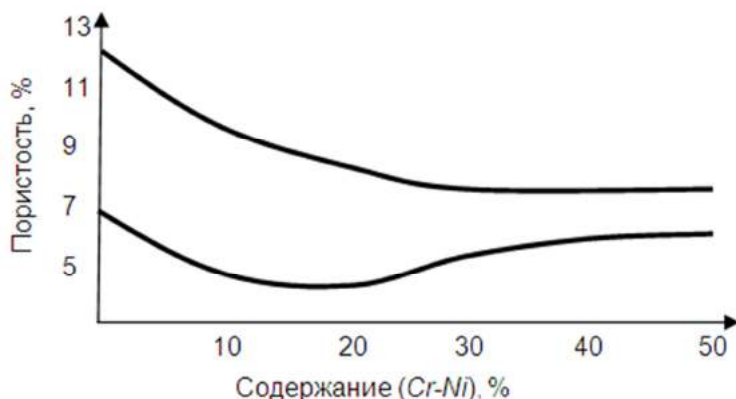


Рис. 4. Влияние содержания ($Cr - Ni$) составляющей в напыляемой смеси и диффузионного отжига на открытую пористость покрытия $CrB_2 + (Cr - Ni)$: 1 — после напыления; 2 — после напыления с отжигом при $1100^\circ C$ в течение 1 ч

Плазменным покрытиям на основе боридов хрома присущи некоторые особенности. Во-первых, на границе раздела при нагреве за счет эвтектического плавления в системе $Ni - Ni_3B$ формируется переходная зона, резко повышающая адгезионную связь покрытия с защищаемым сплавом. Если механическая прочность на отрыв покрытия $CrB_2 + 40\% (Cr, Ni)$ сразу после напыления составляет всего 23 МПа, то после отжига при $1100^\circ C$ в течение 1 ч прочность сцепления возрастает до 123 МПа (испытания при комнатной температуре). При этом вольфрам из никелевого сплава через жидкую фазу поступает в переходную зону и образует с хромом довольно плотный диффузионный барьер. Это важно для высокотемпературного использования и должно способствовать ограничению диффузионного обмена между сплавом и покрытием при эксплуатации, сохраняя заданные свойства напыленного слоя. Однако здесь необходимо учитывать, что концентрационный состав композиции должен исключать возможность эвтектического плавления при рабочих температурах упрочняемой детали.

Во-вторых, снижение общей пористости за счет капиллярного эффекта при эвтектическом плавлении также улучшает служебные свойства напыленных покрытий, особенно в окислительной среде. Покрытия, напыленные из смесей $CrB_2 + (Cr, Ni)$ на сплав ЭИ868, повышают его жаростойкость. В то же время содержание металлической связки в композиции незначительно влияет на защитные свойства покрытий, хотя можно отметить некоторое преимущество состава с 40% (Cr, Ni) . Так, на базе испытания в течение 250 ч при температуре 950°C образцы с этим покрытием имели привес 6,5 мг/см², тогда как незащищенный жаростойкий сплав ЭИ868 достиг привеса 18 мг/см². Более существенно на жаростойкость влияет состав самой хромоникелевой связки, что обусловлено изменениями в составе и свойствах формирующихся окисных пленок. С этих позиций выгодно отличаются составы с содержанием хрома в связке в количестве 50–70%.

Напыление пластифицированных плазменных покрытий толщиной до 150–200 мкм практически не изменяет прочностные свойства упрочняемых сплавов. Например, для никелевого сплава ЭИ868 при температуре испытания 950°C разброс полученных данных по пределу прочности составил 15–20, а по пластичности – 10–15% (рис. 5). Исследуемые покрытия обладают удовлетворительной пластичностью и не скалываются даже в зоне растяжения.

Наилучшие показатели получены для покрытий с 40–50% металлической связки, у которых первые трещины появляются при напряжениях, близких к пределу прочности. Хорошие адгезия и пластичность таких покрытий способствуют тому, что в процессе деформирования напряжения в покрытии релаксируются в виде мелкой сетки трещин без сколов и отслоений. Это можно рассматривать как положительный фактор для плазменных покрытий, в целом характеризующихся высокой хрупкостью и довольно слабой адгезионной связью.

В результате высокая твердость покрытий с 40–50% (Cr, Ni) не оказывает заметного влияния на их склонность к хрупкому разрушению, что очень существенно для деталей, поверхность которых находится под воздействием ударно-истирающих нагрузок, например в высокотемпературных узлах трения энергетических газотурбинных установок.

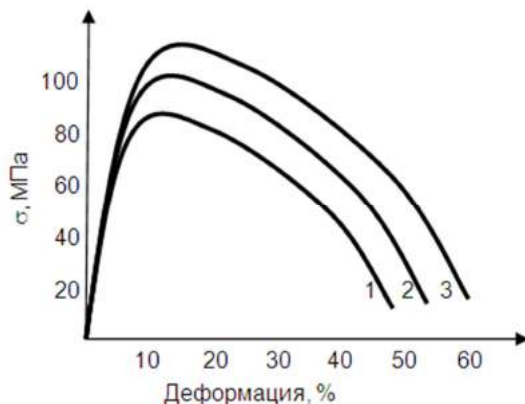


Рис. 5. Кривые кратковременной прочности сплава ЭИ868 при 950°C. Вид покрытия: 1 – без покрытия; 2 – $CrB_2 + 20\% (Cr, Ni)$; 3 – $CrB_2 + 40\% (Cr, Ni)$

Важным показателем качества покрытий, используемых для защиты деталей газовых турбин, является сопротивление воздействию термической усталости. Такие испытания проведены нами на специальной установке по пилообразному циклу изменения температуры в интервале 250–950°C при нагрузке примерно одного порядка с реальной для контактной пары узла газохода стационарной ГТУ $\sigma = 20$ МПа. Все образцы выдержали 1000 циклов теплосмен, кроме образцов с покрытием из диборида хрома без металлической связки. Введение в напыляемую композицию пластифицирующей металлической связки в количестве до 50% повышает термическую стойкость покрытия. Причем чем больше этой связки, тем выше сопротивление разрушению. Такое увеличение долговечности плазменного покрытия CrB_2 при добавке в его состав чистых металлов (Cr, Ni) в условиях теплосмен может быть обусловлено выравниванием значений КТР защищаемого сплава (в частности ЭИ868) и напыляемого покрытия, а также повышением теплопроводности и пластичности самого защитного слоя [11].

Испытания термоциклической ползучести (при постоянной нагрузке 70 МПа по рассмотренному выше циклу изменения температуры) показали, что нанесение покрытия значительно повышает сопротивление разрушению сплава ЭИ868 в условиях теплосмен (рис. 6).

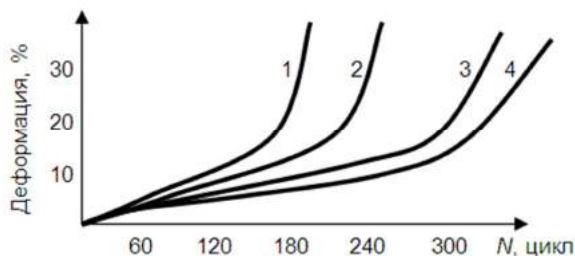


Рис. 6. Кривые термоциклической ползучести сплава ЭИ868

(250–950°C, $\sigma = 70$ МПа). Вид покрытия:

- 1 – без покрытия; 2 – $CrB_2 + 20\%$ (*Cr, Ni*); 3 – $CrB_2 + 50\%$ (*Cr, Ni*);
4 – $CrB_2 + 40\%$ (*Cr, Ni*)

В этом случае можно отметить не только возрастание более чем в 2–3 раза числа циклов до разрушения, но и резкое снижение скорости установившейся стадии ползучести, которая косвенно характеризует динамику нарастания дефектов в приповерхностных слоях при циклическом воздействии температур [12].

Повышение термической стойкости образцов с покрытиями обусловлено затруднением формирования поверхностных дефектов и трещин. В этом смысле нарушение сплошности покрытий может служить критерием начала разрушения детали в целом. Композиция с 40–50% связки (*Cr, Ni*) показала и более высокую долговечность при термоциклическом воздействии за счет удачного сочетания адгезионных свойств и пластичности.

Износостойкость плазменных покрытий тоже существенно зависит от содержания (*Cr, Ni*) связки в напыляемой порошковой смеси. Так, наличие в защитном слое большого количества эвтектической составляющей способствует развитию процессов схватывания контактных поверхностей и их быстрому изнашиванию. Это особенно характерно для покрытий, содержащих 10% (*Cr, Ni*) и имеющих после отжига по сечению наибольшее количество эвтектики. В этом случае наблюдается максимальный износ, а коэффициент трения достигает значений 0,5 (рис. 7).

В покрытиях из чистого дихорида хрома эвтектическое плавление развивается в основном в переходной зоне и продукты реакции довольно глубоко проникают в защищаемый никелевый сплав. Однако само покрытие по-прежнему имеет низкую когезионную связь и, несмотря на сравнительно низкий коэффициент трения (~0,31), разрушается преимущественно за счет хрупкого скалывания и выкрашивания как отдельных микрообъемов, так и

целых участков покрытия. В результате величина массового износа покрытий при содержании (Cr , Ni) связки в количестве от 0 до 15% примерно одинакова. Таким образом, наилучшей износостойкостью обладают покрытия с приблизительно равным объемным содержанием керамической и металлической составляющих. Они же имеют и наименьший коэффициент трения, близко соответствующий коэффициенту трения боридного слоя [13].

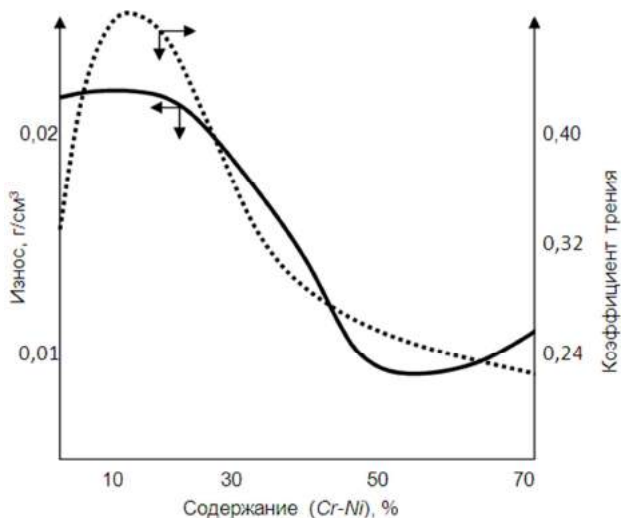


Рис. 7. Зависимость износостойкости и коэффициента трения плазменных покрытий от содержания составляющей ($Cr - Ni$) в напыляемой смеси

Плазменное металлокерамическое покрытие, напыленное смесью порошков дихорида хрома с 40–50% связки (Cr , Ni), успешно прошло промышленную апробацию в составе изделия кольцо газохода стационарной ГТУ типа ГТ6-750 и рекомендовано для повышения эксплуатационной стойкости высокотемпературного узла трения. В этом покрытии керамическая составляющая обеспечивает сопротивление износу, а металлическая связка пластифицирует защитный слой и придает ему необходимые физико-химические свойства. Полученные покрытия имеют хорошие технологические свойства: выдерживают ударные нагрузки (при сборке) и не разрушаются в процессе сварки.

Список литературы

1. Исследование рабочих лопаток из сплава ЭИ893 после длительной эксплуатации в газотурбинной установке / Гузанов Б.Н., Сорокин В.Г., Косицин С.В. и др. // Энергомашиностроение. – 1980. – Вып. 3. – С. 26–29.
2. Влияние условий эксплуатации на долговечность многокомпонентных покрытий лопаток газовых турбин / Б.Н. Гузанов, В.А. Андреев, А.Н. Бабынькин и др. // Технология судостроения. – 1985. – № 2. – С. 110–113.
3. Особенности создания и перспективы использования защитных покрытий при нестационарном тепловом и механическом нагружении / Б.Н. Гузанов, С.В. Косицин, Н.Б. Пугачева // Проблемы повышения контактной прочности металлических сплавов. Вестник ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, № 2 (32). – Екатеринбург, 2004. – С. 224–236.
4. Некоторые данные об устойчивости металлокерамических покрытий к задиранию / Е.А. Антонова, Л.А. Кузнецова, Л.М. Всевятская и др. // Температуроустойчивые защитные покрытия. – Ленинград: Наука, 1968. – С. 267–270.
5. Исследование покрытия системы $Ni - Cr - B$, наносимого методом плазменного напыления / Ю.Г. Векслер, И.Л. Куприянов, В.А. Осинский // Защитные покрытия на металлах. – Киев: Наук. думка, 1971. – Вып. 5. – С. 192–195.
6. Структурные особенности порошков системы Fe, Mo, Cr, B для газотермических покрытий / Г.Н. Лукина, М.В. Большакова // Физико-химическая механика материалов. – Москва: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1999. – № 5. – С. 63–66.
7. Установка для плазменно-дугового напыления в разряженной газовой среде / Б.Н. Гузанов, А.Р. Бекетов, Н.В. Обабков // Технология, организация и механизация процессов термической и химико-термической обработки и покрытия металлов. – Москва: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1980. – Сер. 13. – Вып. 16. – С. 10–12.
8. Влияние термообработки на состав и строение боридосодержащих плазменных покрытий для никелевых сплавов / Н.В. Обабков, Б.Н. Гузанов, В.Б. Семериков // Теоретические исследования и практическое применение плазменных износостойких покрытий. – Свердловск: Наука, 1983. – С. 50–55.
9. Микроструктура и свойства боридных сплавов никеля с регулярной структурой / В.Е. Семененко, Н.Н. Пилипенко // Вопросы атомной науки и техники. – Харьков: Изд-во ННЦ «Харьковский

- физико-технический институт», 2004. – Сер. 14. – № 6. – С. 140–146.
10. Некоторые особенности плазменного напыления композиционных покрытий из материалов, обладающих различными теплофизическими свойствами / В.С. Блохин, В.Е. Мельников, Г.П. Телегин и др. // Жаростойкие покрытия для защиты конструкционных материалов. – Ленинград: Наука, 1977. – С. 154–157.
 11. Дульнев Р.А. Котов П.И. Термическая усталость металлов. – Москва: Машиностроение, 1980. – 200 с.
 12. Исследование механизмов термоусталостного повреждения материалов с покрытиями деталей ГТД / Л.В. Кравчук, Р.И. Курят, К.П. Буйских и др. // Запорожье: Вестник двигателестроения. – 2009. – № 1. – С. 45–49.
 13. Относительная износостойкость однофазных и двухфазных боридных слоев / Е.А. Шадричев, А.Е. Иванов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1984. – № 3. – С. 44–47.

УДК 621.785.68

Ю.А. Гетмановский, Е.С. Беляев, С.В. Костромин
Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПАКТНОЙ И ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ 45

В ходе работы была рассмотрена сталь 45, которая является конструкционной сталью. Широко применяется при изготовлении валов, шестерней, цилиндров, улучшаемых и подвергаемых поверхностной обработке термообработке деталей [1].

Актуальность порошковой стали высока по причине того, что порошковые материалы находят все большее применение в промышленности: изделия из них можно подвергать лазерной сварке, резке и прочим методам термической обработки [2–4].

Заготовки могут быть получены двумя способами: литье и прессование порошка с последующим спеканием в защитной атмосфере. В качестве компактной заготовки использовался пруток, подверженный горячей прокатке. Порошковый материал был изго-

товлен путем прессования смеси порошков карбонильного железа и графита фракциями 0,1. После прессованные заготовки были подвержены термической обработке по схеме, приведенной на рис. 1.

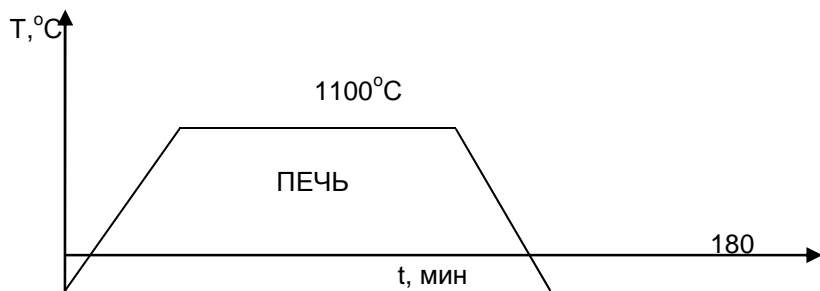


Рис. 1. Режим спекания порошковой стали 45

Пористость после спекания и последующей усадки составила 18%, следовательно, можно судить, что полученный материал близок по структуре к компактному.

Целью работы было исследование различия порошковой и компактной стали 45. Для этого оба образца были подвергнуты термической обработке с целью выращивания зерен и их сравнения. Режим обработки приведен на рис. 2.

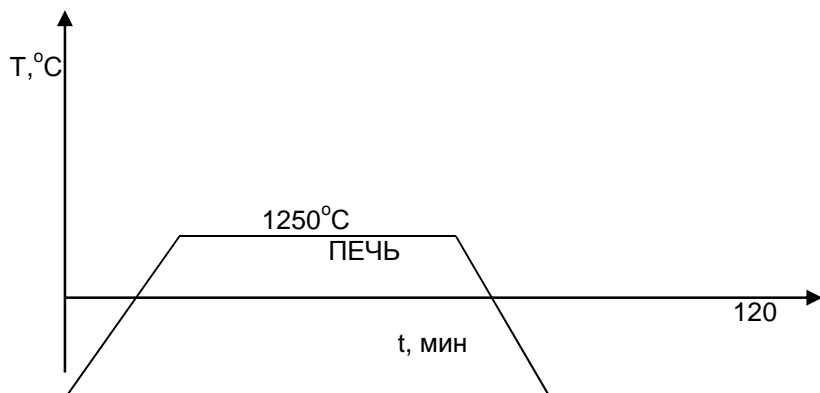


Рис. 2. Режим термической обработки порошковой и компактной стали 45

Микроструктуры образцов после термической обработки представлены на рис. 3, 4.

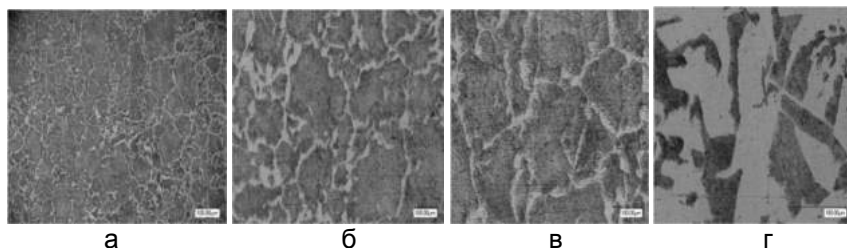


Рис. 3. Микроструктура литой стали 45 после термической обработки при различных увеличениях:
x100 (а); x300 (б); x500 (в); x1000(г)

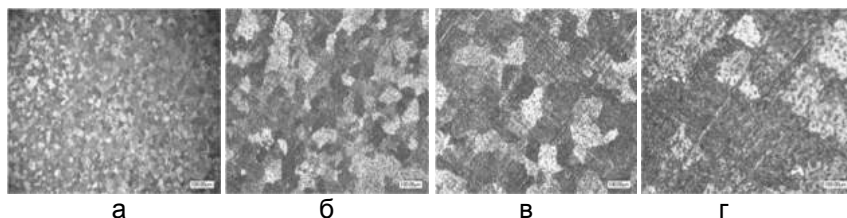


Рис. 4. Микроструктура порошковой стали 45 после термической обработки при различных увеличениях:
x100 (а); x300 (б); x500 (в); x1000(г)

Как видно из фотографий микроструктур, зерно порошковой стали имеет меньший размер. Для исследования механических свойств материалов было произведено измерение твердости на приборе ПМТ-3. Значения, полученные после измерения, прошедшие статистическую обработку, приведены в табл. 1.

Зависимость полученных значений микротвердости представлена на графике, изображенном на рис. 5.

Таблица 1
Значения микротвердости после термической обработки

Материал	\bar{X}	S_x^2	$X_{\max,mi}$	K_B	μ	$\epsilon, \%$	X_D
Компактная сталь 45	1191,596	2540,83	50,41	1342,82 1040,38	0,042	29,22	1191,56 $\pm 29,22$
Порошковая сталь 45	1493,933	5256,906	72,50	1711,45 1276,42	0,049	42,03	1493,93 $\pm 42,03$

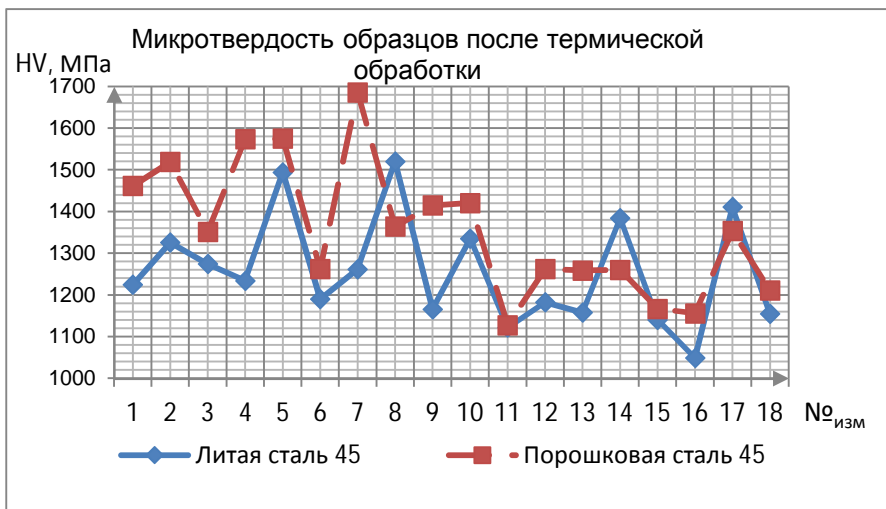


Рис. 5. Распределение значений микротвердости после термической обработки

Согласно значениям, представленным выше, порошковый материал обладает более высокой по сравнению с литым микротвердостью. Однако по причине того, что индентор имеет малую площадь, налеты на порошковом материалы могли оказаться в разных областях. В процессе спекания графит не диффундирует в кристаллическую решетку железа, а образует с ним карбид железа Fe_2C_3 , который обладает повышенной твердостью. В свою очередь, компактный материал имеет по сравнению с порошковым более однородную поверхность, и измерения в любой точке имеют приблизительно одинаковые значения [5,6].

Помимо измерения микротвердости, для получения более точных данных было произведено измерение твердости по методу Роквелла. Полученные результаты приведены в табл. 2.

По полученным результатам видно, что твердость литого материала выше. Однако стоит заметить, что компактная сталь содержит в своем составе примеси (S,P,As,Mn), которые снижают твердость. Низкую твердость порошковой стали можно объяснить тем, что она обладает пористостью, которая приводит к уменьше-

нию твердости. В отличие от снижения количества примесей, получение меньшей пористости – менее трудоемкий процесс.

Таблица 2
Значения твердости, после термической обработки

Материал	\bar{X}	S_x^2	$X_{\max, \min}$	K_B	μ	$\varepsilon, \%$	X_d
Компактная сталь 45	22,400	21,175	4,60	36,21 8,59	0,205	11,91	22,4±2,67
Порошковая сталь 45	14,900	4,675	2,16	21,39 8,41	0,145	1,25	14,9±1,25

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что порошковая сталь 45 (с пористостью порядка 5–6%) обладает большей твердостью, по сравнению с компактной.

Список литературы

1. ГОСТ 1050-88. Сталь качественная и высококачественная, сортовой и фасонный прокат, калиброванная сталь.
2. Гетмановский Ю.А., Беляев Е.С., Костромин С.В. Исследование влияния «водородной болезни» на механические свойства медного проката // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей Международной молодежной научно-практической конференции (Курск, 25–26 сентября 2014 г.). – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – Т.1. – С.133–137.
3. Ромашев М.А., Костромин С.В., Беляев Е.С. Исследование микротвердости порошковых сталей 10, 15 после процесса лазерной цементации // Будущее науки-2014: сборник научных статей Международной молодежной научной конференции (Курск, 23-25 апреля 2014 г.). – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – Т.3. – С.158–161.
4. Беляев Е.С., Костромин С.В. Микроструктура и свойства сварных соединений из пористого проката, полученные излучением лазера // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – №2. – С. 34–37.
5. Гуревич Ю.Г., Рахманов В.И. Термическая обработка порошковых сталей. – М.:Металлургия, 1985. – 80 с.
6. Блантер М.Е. Фазовые превращения при термической обработке стали. – М.:Металлургия, 1962. – 268 с.

УДК 621.702

В.М. Константинов, П.С. Гурченко, И.А. Булойчик

Белорусский национальный технический университет. г. Минск

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФфуЗИОННОГО ЦИНКОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКИ УПРОЧНЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛА

Способ термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДЦ) является актуальной альтернативой традиционным процессам антикоррозионной защиты на основе цинка за счет ряда специфических свойств формируемого на изделии защитного диффузионного слоя, а также возможности совмещения с общим циклом термической обработки изделий из металла [1, 2]. В отличие от других способов цинкования, ТДЦ позволяет формировать в поверхностной зоне детали интерметаллидный диффузионный слой, механические и защитные свойства которого существенно превосходят обычные покрытия на основе цинка.

В большинстве случаев, нанесение защитных покрытий на металлические изделия производится непосредственно после окончательной термообработки. Реализация процессов ТДЦ на одной из стадий основной термической обработки позволяет существенно снизить энергетические и временные затраты на антикоррозионную обработку изделий. С учетом широкого температурного интервала реализации процессов термодиффузионного цинкования, который составляет от 350 до 700°C, существует возможность подбора необходимого режима ТДЦ в качестве заключительной операции термической и антикоррозионной обработки. Если в процессе термической обработки изделия предполагается использовать операции отпуска, то наиболее рациональным решением проблемы будет совмещение либо замена отпуска процессом термодиффузионного цинкования. Данный вариант обработки особенно актуален для ряда упругих элементов, термообработка которых заключается в реализации процессов закалки и среднего отпуска. С учетом того, что для большинства марок сталей, из которых изготавливают упругие элементы, температурный интервал среднего отпуска совпадает с температурами термодиффузионного цинкования, замена стандартной операции для снятия внутренних напряжений цинкованием является актуальной альтернативой. На рис. 1 представлены сравнительные схемы режимов термической и антикоррозионной обработки деталей с использованием стандартной технологии антикоррозионной защиты и интегрированного процесса диффузионного цинкования.

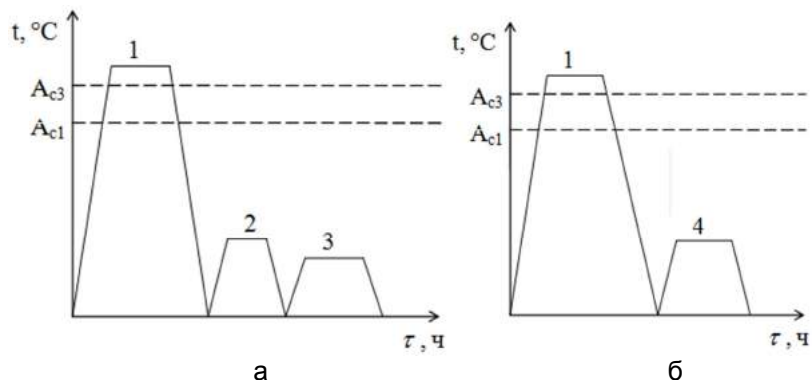


Рис. 1. Сравнение обработки изделий по стандартной технологии (а) и технологии с интеграцией процесса ТДЦ (б):
1 – нагрев под закалку, выдержка; 2 – отпуск, выдержка;
3 – нанесение защитного покрытия; 4 – формирование антикоррозионного слоя способом ТДЦ

Из рис. 1 видно, что внедрение процесса диффузионного цинкования в общий цикл термической обработки изделий позволяет снизить затраты на нагрев металла и сократить общее время техпроцесса. На рис. 2 представлен образец гравера с толщиной диффузионного слоя порядка 20 мкм, обработанный по интегрированной технологии цинкования.

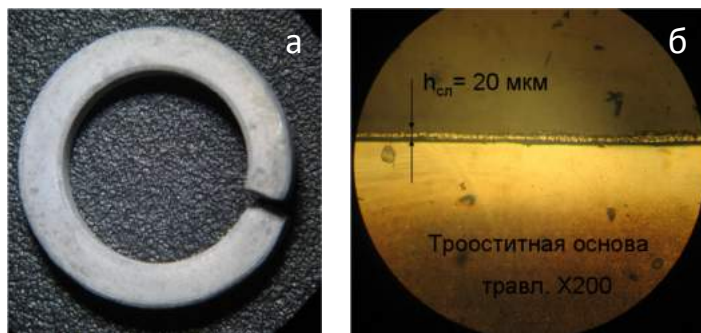


Рис. 2. образец гравера, после термодиффузионного цинкования, $\times 10$ (а) и плоскость шлифа граверной шайбы (цинковый диффузионный слой) (б)

Окончательная структура изделия формируется в процессе термодиффузионного цинкования в порошковой насыщающей среде (рис. 3). Под воздействием температуры цинкования происходит распад пересыщенного твердого раствора (мартенсита) с формированием трооститной структуры. После цинкования твердость граверов составляет 43–47 HRC, что обеспечивает соответствие регламентируемых параметров эксплуатационных свойств для данного типа изделий [4].

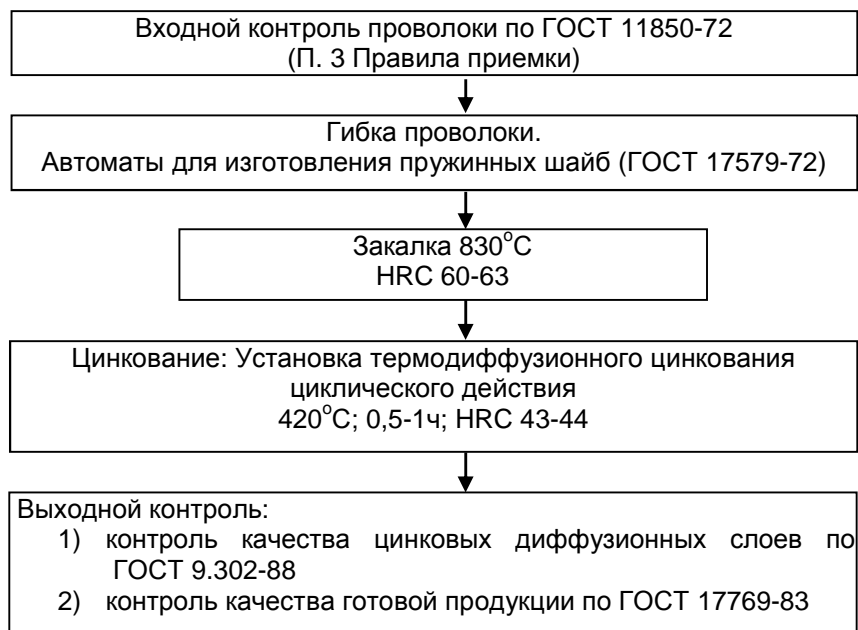


Рис. 3. Блок-схема процесса термической обработки, совмещенного с диффузионным цинкованием граверных шайб

С целью исследования влияния температур реализации процесса ТДЦ на эксплуатационные характеристики изделий после предварительного термического упрочнения проанализировали изменение твердости граверных шайб после закалки и последующего отпуска способом термодиффузионного цинкования. На рис. 4 представлена зависимость изменения твердости граверных шайб после закалки от воздействия температур ТДЦ в интервале 360–420°C. Длительность обработки составляла 1 ч.

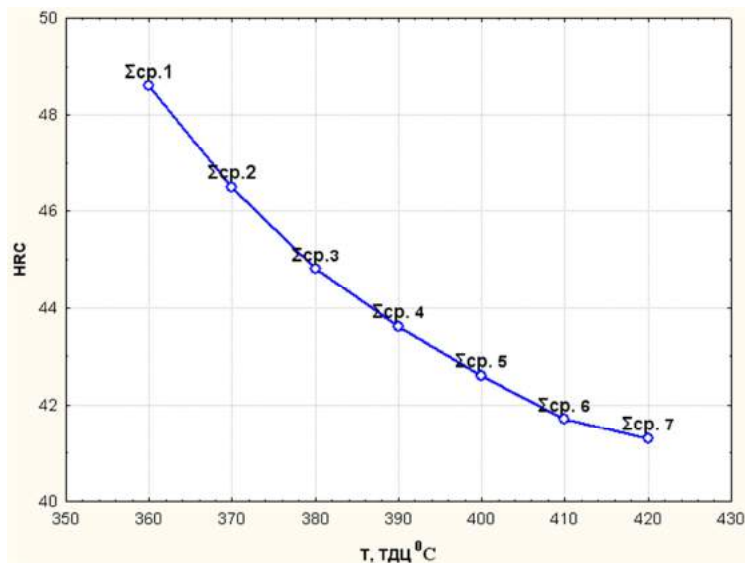


Рис. 4. Изменение твердости обработанных по интегрированной технологии граверов в зависимости от температуры реализации ТДЦ

Несмотря на приближение твердости обработанных элементов к нижнему пороговому значению, регламентированному ГОСТ 6402-70 (40 HRC) [4], обработка данного типа изделий способом ТДЦ возможна до температуры реализации процесса порядка 430⁰С. Минимальная температура обработки изделий указанным способом составляет 350–360⁰С и ограничена снижением насыщающей способности смеси при понижении температуры реализации процессов ТДЦ ниже указанного диапазона.

Следует учитывать, что при использовании способа ТДЦ в качестве заключительной операции термической обработки после закалки изделия поступают на обработку в структурном состоянии – мартенсит закалки (пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе). В зависимости от марки стали и степени ее легирования, а также принимая во внимание различную устойчивость мартенсита к термическому воздействию, формирование диффузионного цинкового слоя может происходить в условиях полного и неполного распада мартенсита. В случае использования легированных сталей с мартенситной структурой после закалки, устойчивой к

термическому воздействию при температурах протекания процессов ТДЦ, формирование диффузионного слоя будет происходить в условиях неполного распада пересыщенного твердого раствора (мартенсита). При использовании сталей с малой устойчивостью мартенсита после закалки реализация заключительных стадий формирования диффузионного слоя будет происходить в условиях полного распада пересыщенного твердого раствора (мартенсита) при наличии тросто-сорбитных структур. На рис. 5 представлена зависимость изменения толщины цинкового диффузионного слоя от времени и температуры термодиффузионного цинкования.

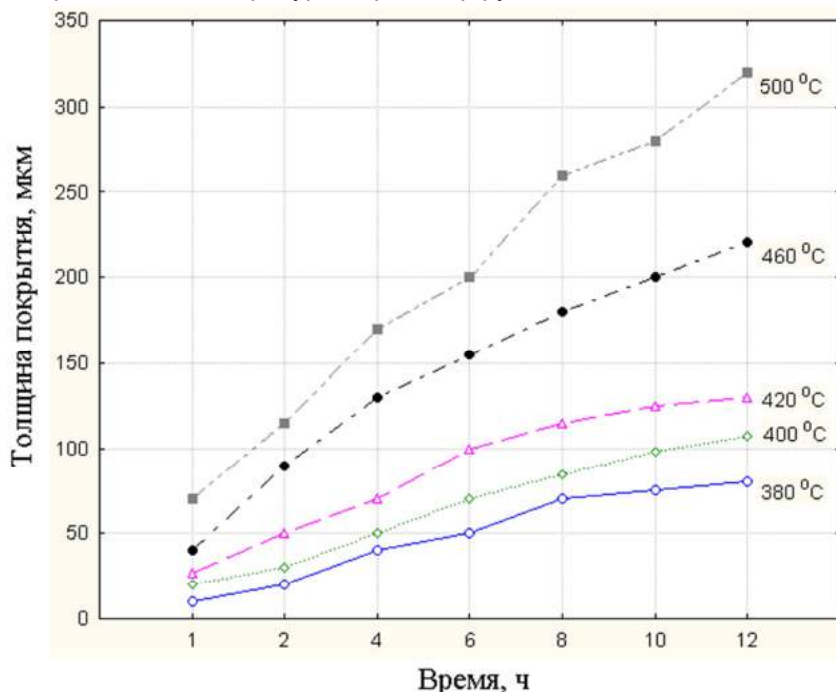


Рис. 5. Зависимость толщины диффузионного слоя от продолжительности и температуры цинкования [4]

Приведенная зависимость справедлива только для углеродистых нелегированных сталей. При цинковании изделий после закалки с высокой устойчивостью мартенсита возможно изменение скорости формирования цинкового диффузионного, что станет

следствием изменения температурно-временных параметров реализации процесса ТДЦ.

До температур 150–200°C карбидообразующие легирующие элементы незначительно влияют на кинетику распада мартенсита закаленной стали. Структура стали, сформированная при отпуске до указанных температур, состоит из мартенсита отпуска, аустенита остаточного и ϵ карбида. Если в углеродистой стали практически весь углерод выделяется из мартенсита при температуре 250–300°C, то в сталях с карбидообразующими элементами данный процесс сдвигается в сторону более высоких температур (до 400–500°C) [5]. На рис. 6 представлена сравнительная зависимость изменения содержания углерода в мартенсите от температуры отпуска для углеродистых (1) и легированных карбидообразующими элементами сталей (2).

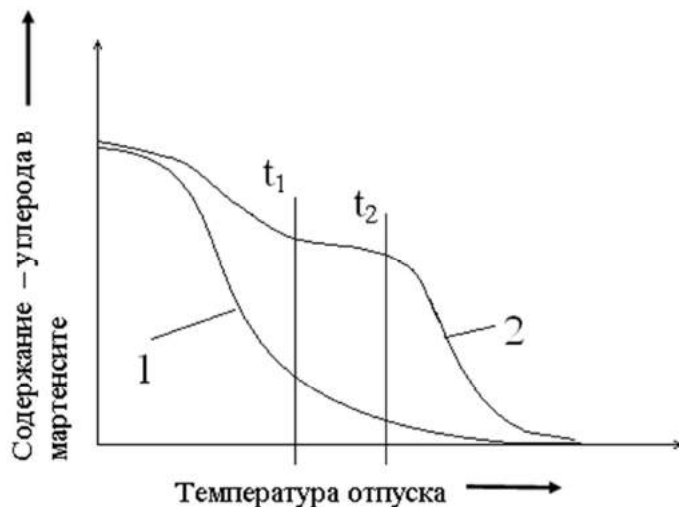


Рис. 6. Изменение концентрации углерода в мартенсите при изменении температуры отпуска [5]

При температуре t_1 содержание углерода в мартенсите углеродистых сталей (1) существенно ниже в сравнении с легированными карбидообразующими элементами сталями (2). При температуре t_2 из мартенсита легированной стали начинается выделение углерода, в то время как для углеродистой стали при данной температуре практически весь углерод уже выделился.

Следовательно, при необходимости совмещения процессов ТДЦ с низким отпуском, в отличие от углеродистых сталей, для сталей, легированных карбидообразующими элементами, появляется возможность использования стандартных режимов ТДЦ без снижения активности насыщающей смеси и, как следствие, формирование требуемой толщины диффузионного слоя. При реализации процессов среднего и высокого отпуска для легированных карбидообразующими элементами сталей требуется изменение стандартных режимов ТДЦ с учетом повышения температуры и времени обработки закаленных изделий. При реализации отпуска способом ТДЦ для данного типа сталей целесообразно использовать гидротермально обработанные порошковые смеси с возможностью обработки изделия при температурах порядка 500–600 °С.

При использовании термомодифицированного цинкования для защиты стальных элементов с регламентируемыми требованиями к классу прочности важным является вопрос обеспечения изделиями требуемых прочностных характеристик в связи с воздействием температуры на структуру стали во время процесса цинкования. В этой связи были проведены исследования изменения прочности крепежа после окончательной термической обработки с последующим ТДЦ. Крепеж с классами прочности 5.8, 10.9, прошедший окончательную термическую обработку, оцинкованный способом ТДЦ, электролитическим цинкованием и без нанесения защитного покрытия подвергли испытаниям на разрыв (табл. 1).

Таблица 1
Испытание высокопрочных болтов на растяжение

№ п/п	Вид обработки болта	Класс прочности	Временное сопротивление σ_B (Н/мм ²)
1	Закалка 850°C + отпуск 560°C + ТДЦ (420°C) (1)	10.9	1110
2	Закалка 850°C + отпуск 560°C + ТДЦ (420°C) (2)	10.9	1090
3	Закалка 850°C + отпуск 560°C + гальваника (1)	10.9	1120
4	Закалка 850°C + отпуск 560°C + гальваника (2)	10.9	1090
5	Закалка 850°C + отпуск 560°C	10.9	1090

Окончание табл. 1

№ п/п	Вид обработки болта	Класс прочности	Временное сопротивление σ_B (Н/мм ²)
6	Закалка 850°C + отпуск 560°C + ТДЦ (420°C)	10.9	1120
7	Холодная штамповка + ТДЦ (420°C) (1)	5.8	415
8	Холодная штамповка + ТДЦ (420°C) (2)	5.8	425
9	Холодная штамповка (1)	5.8	420
10	Холодная штамповка (2)	5.8	430

Результаты испытания на растяжение не выявили изменения эксплуатационных характеристик диффузионно оцинкованного крепежа классов прочности 5.8 и 10.9. Однако следует отметить, что с повышением температуры диффузионного цинкования выше 420°C вероятность разупрочнения термически обработанного крепежа возрастает. В табл. 2 приведены сравнительные данные прочностных характеристик высокопрочного крепежа после диффузионного цинкования и модельного отжига при 450°C.

Таблица 2

Результаты испытания на растяжение

Наименование и обозначение изделия	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Болт М5, класс прочности 4.6			
В сост. поставки	418	245	20
После модельного отжига 450°C, 1 ч	397,5	200	20
Цинкованный 450°C, 1 ч	402,2	210	20
Болт М5, класс прочности 8.8			
В сост. поставки	830,1	643,3	11
После модельного отжига 450°C, 1 ч	770,3	503,3	11
Цинкованный 450°C, 1 ч	780,5	546,7	11

Окончание табл. 2

Наименование и обозначение изделия	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Болт М8, класс прочности 9.8			
В сост. поставки	960,4	730	10
После модельного отжига 450 ⁰ С, 1 ч	892,4	610	10
Цинкованный 450 ⁰ С, 1 ч	908,3	640	10

В ходе испытаний для образцов с различными классами прочности, подверженных термодиффузионному цинкованию (450⁰С, 1 ч) и отпуску (450⁰С, 1 ч), наблюдали снижение значений предела прочности σ_B и условного предела текучести $\sigma_{0,2}$, что связано с активацией диффузионных процессов при дополнительном термическом воздействии и, как следствие, изменении структуры стали. Установлено, что для образцов с классами прочности вплоть до 8.8 снижение указанных характеристик не выходит за пределы допустимых значений, оговоренных соответствующей нормативно-технической документацией. Следует также отметить, что при обработке деталей с различными габаритами и массой возможно изменение допустимого значения класса прочности изделия, подходящего для обработки способом термодиффузионного цинкования, что связано с изменением температурно-временных параметров процесса.

Таким образом, совмещение процессов ТДЦ с общим циклом термической обработки ряда изделий из металла позволяет снизить затраты на антикоррозионную обработку, а также обеспечить повышение эксплуатационных характеристик обрабатываемых изделий за счет формирования цинкового интерметаллидного диффузионного слоя в поверхностной зоне детали. С учетом объема производства, номенклатуры обрабатываемых изделий и особенностей применяемого оборудования для диффузионного цинкования выигрыш в экономии энергии может достигать 50% за счет исключения термических печей для реализации операций «отпуск».

При реализации процессов ТДЦ в качестве заключительных операций антикоррозионной обработки изделий, прошедших окончательную термическую обработку, следует учитывать возможное изменение прочностных характеристик изделий. Наиболее целесообразна указанная обработка для стального крепежа и упругих

элементов. Совмещение ТДЦ и отпуска для указанных деталей обеспечивает сохранение требуемых механических свойств и высокую атмосферную коррозионную стойкость.

Список литературы

1. Чертов В.М. Новые способы цинкования // Технология машиностроения. – 2007. – №11. – С. 10–12.
2. Константинов В.М., Булойчик И.А. Энергосберегающая интеграция технологии термодиффузионного цинкования в общий цикл термической обработки конструкционных сталей // Сборник МНТК ФТИ. – 2013. – Т. 2. – С. 249–255.
3. ГОСТ 6402-70. Шайбы пружинные. Технические условия.
4. Проскуркин Е.В., Горбунов Н.С. Диффузионные цинковые покрытия. – М.: Металлургия, 1972. – 248 с.
5. Гуляев А.П. Металловедение: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

УДК 621.74

С.П. Нефедьев, Г.В. Агутин, М.Н. Козлова
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

ВИНТОВАЯ ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Штоки малого диаметра 50 мм и менее невозможно восстановить традиционными методами дуговой наплавки в связи с их короблением и деформацией, а также сложностью формирования правильных валиков на столь малых диаметрах. Поэтому плазменно-порошковая наплавка является единственно возможным способом их восстановления.

В данной работе исследовалась возможность восстановления изношенных штоков гидроцилиндров упрочняющей плазменно-порошковой наплавкой покрытия системы Fe-C-Cr-V.

Химический состав присадочного порошка приведён в таблице. При плазменной наплавке происходит угар легирующих эле-

ментов, в связи с чем химический состав наплавленного покрытия может значительно отличаться от химического состава присадочного порошка. При наплавке двудуговым плазмотроном происходит относительно незначительный перегрев сварочной ванны, частицы присадочного порошка не подвержены длительному нагреву непосредственно в дуге, а прогреваются плазменной струёй, работающей от дуги косвенного действия, имеющей максимальную силу тока равную 30% от общего тока. В результате наблюдаются высокие коэффициенты перехода всех легирующих элементов из присадочного порошка в наплавленный металл (см. таблицу).

Химический состав штока гидроцилиндра соответствует отечественной марки стали 45, в связи с чем исследование режимов наплавки производили на образцах из этой марки стали.

Штоки малого диаметра в процессе наплавки испытывают существенный неравномерный нагрев, который вызывает их значительную деформацию и коробление [1, 2]. Традиционные схемы наплавки с наложениями валиков на 30–50% ширины не способны обеспечить бездеформационную наплавку, поэтому применили схему наплавки, при которой валики накладывались по винтовой линии с шагом, равным их четырёхкратной ширине. Такая схема наплавки позволяет равномерно распределить теплоту сварочной ванны по всему телу штока, не допуская местного сосредоточения теплоты и чрезмерного перегрева штока.

Химический состав, коэффициенты перехода легирующих элементов и степень эвтектичности покрытий

Режим наплавки	%	Содержание элементов, %						S ₉	
		K _{пер}	Fe	C	Cr	V	Si		Mn
Присадочный порошок	%		72,8	3,15	19,3	3,15	0,6	1,0	0,99
Покрытие	%		73,33	3,03	17,60	3,05	1,35	1,64	1,36
	K _{пер}		1,007	0,962	0,912	0,968	2,25	1,64	

Валики накладывались по винтовой линии в направлении от первого ко второму. После наложения валика 3, в стык к нему накладывался валик 4 (рис. 1,а) и далее валики 5 и 6 (рис. 1,б). После наложения первого слоя валиков между ними остались впадины, поэтому поверх первого слоя накладывался второй слой валиков по аналогичной схеме (рис. 1,в).

Плазменно-порошковую наплавку производили на токе 180 А с дополнительным обдувом тела штока холодным сухим воздухом.

Структура наплавленных покрытий напоминает структуру литого металла, но имеющую свои особенности, вызванные, прежде всего, спецификой технологии плазменной наплавки [3]. Следствием наличия металлургического сцепления покрытия с подложкой является непостоянство химического состава, структуры и свойств покрытия по толщине, а также наличие внутренних напряжений, вызванных усадочными явлениями при кристаллизации сварочной ванны.

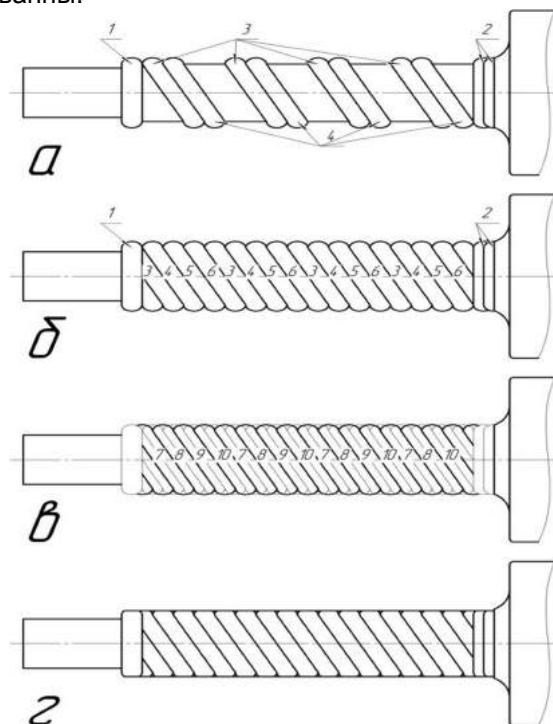


Рис. 1. Схема наложения валиков на шток:
а – схема наложения первых четырёх валиков;
б – схема наложения валиков первого слоя;
в – схема наложения валиков второго слоя;
г – после механической обработки

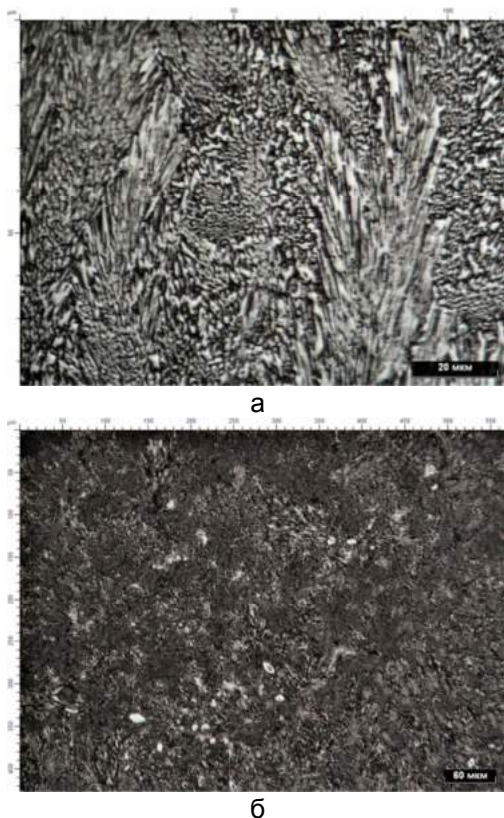


Рис. 2. Микроструктура покрытия, наплавленного на токе 180 А с обдувом воздухом 0,2 МПа:

а – морфология эвтектики, $\times 1000$; б – общий вид, $\times 200$

При наплавке покрытия 315Х19Ф3 на общем токе 180 А с обдувом тела штока воздухом 0,2 МПа формируется структура покрытия эвтектического типа (рис. 2,а). Металлографически выявляется незначительное количество первичных карбидов M_7C_3 в количестве 3,2% (рис. 2,б) со средним размером в поперечнике 16,4 мкм. Наличие этих карбидов обусловлено некоторым смещением степени эвтектичности в сторону заэвтектических составов ($S_3 = 1,3606$).

Аустенит полностью находится в эвтектических колониях пластинчатого и розеточного строения. Межпластинчатое расстоя-

ние карбидных частиц в эвтектике составляет 1,2 мкм, а ориентация главного направления роста их колоний перпендикулярна к металлу подложки, что и предопределяет высокую микротвёрдость такой эвтектики и износостойкость покрытия в целом.

Очевидно, что при проплавлении подложки дугой сварочная ванна образуется за счёт частиц присадочного порошка, а также ферритных и перлитных зёрен металла подложки, находящихся вдоль линии сплавления. При этом цементитные пластинки перлита не успевают раствориться в жидкой фазе сварочной ванны, а только лишь коагулируют и всплывают на некоторую высоту, оставаясь в наплавленном металле. Отсутствие металлографически различных коагулированных частиц цементита в средней зоне наплавленного металла подтверждает предположение о попадании цементита в покрытие из металла подложки, так как высвободившийся из оплавленных перлитных зёрен цементит по мере перемешивания в средней части покрытия растворяется и становится металлографически неразличимым. К тому же хромованадиевые чугуны при содержании хрома 18,61% и ванадия 3,25% обладают полностью инвертированной структурой, в которой цементит образовываться при кристаллизации не должен [4, 5].

Наличие цементита в покрытии негативно сказывается на его износостойкости и эксплуатационных свойствах в целом, поэтому необходимо обеспечить режимы наплавки, при которых подмешивание металла подложки будет минимальным.

Наплавка на токе 180 А с введением принудительного охлаждения наплавленного металла позволяет производить бездеформационную наплавку штоков малого диаметра, а в зоне сплавления сформировать структуру с плавным переходом свойств от подложки к наплавленному металлу, благодаря формированию кристаллизационной прослойки высоколегированного аустенита и избеганию образования мартенсита в зоне сплавления.

Список литературы

1. Нефедьев С.П. Особенности структуры и свойства поверхностных слоёв углеродистых сталей с плазменным упрочнением и наплавкой комплексно-легированным белым чугуном: дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 136 с.

2. Сравнение структуры и свойств литых и наплавленных износостойких материалов / Емелюшин А.Н., Нефедьев С.П. и др. // Литейные процессы. – 2012. – №11. – С.141–145.
3. Гнусов С.Ф., Дегтерёв А.С. Влияние режимов плазменной наплавки на микроструктуру карбида ванадия в покрытиях на основе порошка ПР-Х18ФНМ // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т.324. – № 2. – С. 63–71.
4. Емелюшин А.Н., Нефедьев С.П., Гусева Е.Н. Повышение эксплуатационной стойкости деталей подшипниковых узлов клетей прокатных станков // Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – С. 109–113.

УДК 669.58

И.А. Булойчик

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ФОРМИРОВАНИЯ ЦИНКОВЫХ ДИФфуЗИОННЫХ СЛОЕВ НА СТАЛИ В РАЗЛИЧНОМ СТРУКТУРНОМ СОСТОЯНИИ

Одним из альтернативных направлений в сфере получения защитных цинковых покрытий на стальных изделиях является способ термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДЦ) [1]. Преимущественной особенностью данного способа является возможность замены процессом ТДЦ ряда операций термической обработки деталей (отпуска), что ведет к снижению затрат на термическую и антикоррозионную обработку изделий. При формировании интерметаллидных слоев на основе цинка важное значение имеет структура стальной основы, на которой происходит диффузионное взаимодействие атомов насыщающего элемента и насыщаемой основы. В большинстве случаев при антикоррозионной обработке стальных изделий данным способом формирование диффузионного слоя происходит на ферритно-перлитных структурах с низким содержанием легирующих элементов [2]. С учетом традиционного температурного интервала протекания процессов ТДЦ (380–420°С) формирование диффузионного

цинкового слоя на стальных изделиях возможно также после заковки на мартенсит [3]. В этом случае процесс происходит в условиях распада пересыщенного твердого раствора (мартенсита).

Цинкованию подвергали образцы из стали 65Г в структурном состоянии перлит зернистый (состояние поставки проволоки из стали 65Г), мартенсит и отожженном состоянии при 830°C, структурно соответствующему ферритно-перлитной смеси (Ф+П). Формирование слоя производили термодиффузионным цинкованием во вращающемся контейнере и в стационарных тиглях с применением порошковых насыщающих сред на основе чистого цинка без использования активаторов при различной длительности выдержки. С применением вращающегося контейнера длительность выдержки образцов составляла 30 и 50 мин. Длительность выдержки образцов с применением стационарных тиглей была до 2,5 ч. Толщина цинковых диффузионных слоев, полученных способом во вращающемся контейнере составляла порядка 20 мкм для каждого типа подложек (рис. 1–3).

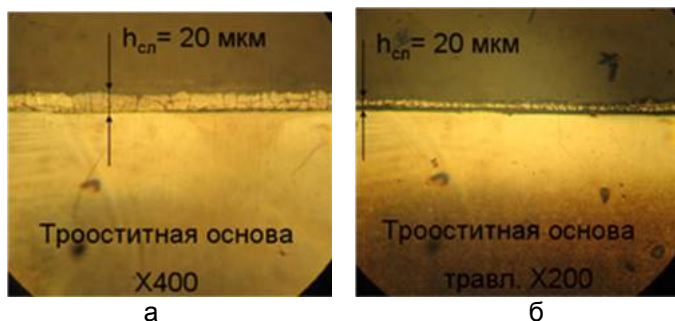


Рис. 1. Диффузионный цинковый слой, полученный на стали 65Г после заковки. Исходная структура стальной основы: мартенсит тетрагональный и аустенит остаточный. Цинкование 410°C, 30 мин: а – шлиф не травлен; б – травление 3% HNO_3

Повышение качества цинковых диффузионных слоев, сформированных на мартенситной подложке, отмечено только при формировании диффузионных слоев сравнительно небольшой толщины (20 мкм).

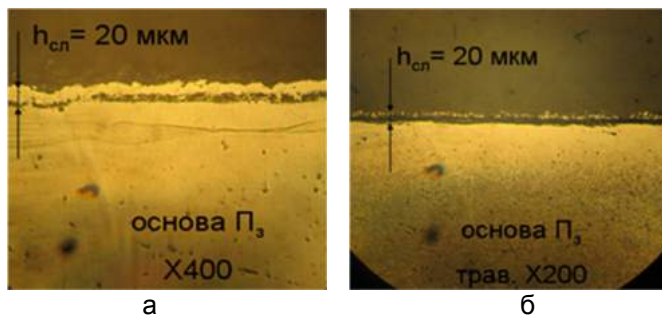


Рис. 2. Подложка перлит зернистый. Цинкование 410°С, 30 мин:
а – шлиф не травлен; б – травление 3% HNO₃

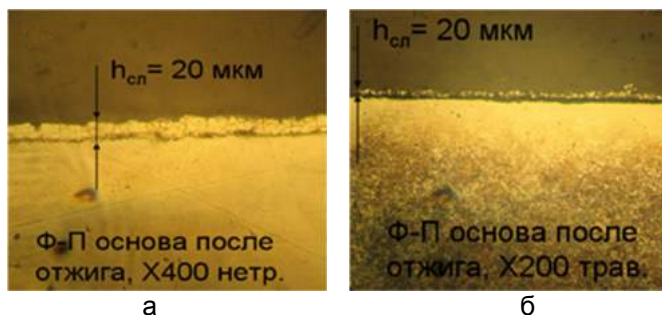


Рис. 3. Подложка Ф+П(пластинчатый). Цинкование 410 °С, 30 мин:
а – шлиф не травлен; б – травление 3% HNO₃

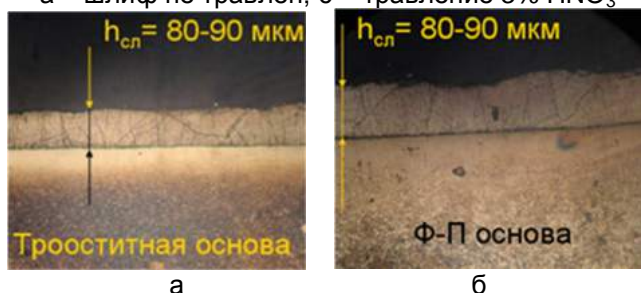


Рис. 4. Сравнение цинковых диффузионных слоев, сформированных термодиффузионным цинкованием в стационарных тиглях на мартенситной (а) и ферритно-перлитной основах (б), x200

Сравнительный анализ микроструктур цинковых диффузионных слоев большей толщины, полученных при цинковании в стацио-

нарных тиглях и увеличении времени выдержки до 2,5 ч, не выявил различия в качестве формируемых диффузионных слоев на подложках различного типа (рис. 4). Толщина диффузионных слоев, сформированных на ферритно-перлитной и мартенситной подложках, составляла порядка 80–90 мкм.

Данные микрорентгеноспектрального анализа свидетельствуют об одинаковом среднем содержании цинка и железа по сечению диффузионного слоя (рис. 5, 6). Однако для образцов с основой Пз характерно более плавное (постепенное) изменение концентраций цинка и железа в зоне порядка 20 мкм, захватывающей нижние слои цинкового диффузионного слоя и часть стальной основы, представленной твердым раствором цинка в железе. Для образца с основой Пз характерно неравномерное распределение концентраций Zn и Fe по сечению д.с., что может свидетельствовать о различном фазовом составе диффузионных слоев, сформированных на стальных основах в структурном состоянии перлит зернистый и троостит.

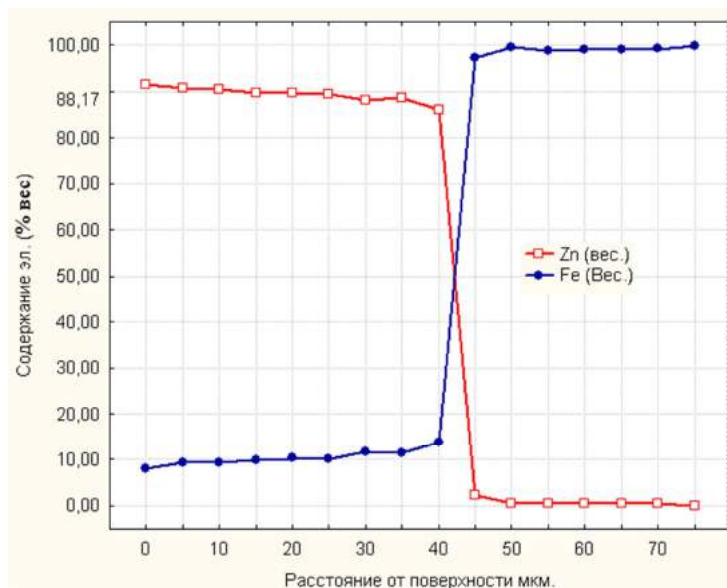


Рис. 5. Распределение содержания цинка и железа по сечению диффузионного слоя для образца с трооститной основой (распавшийся мартенсит)

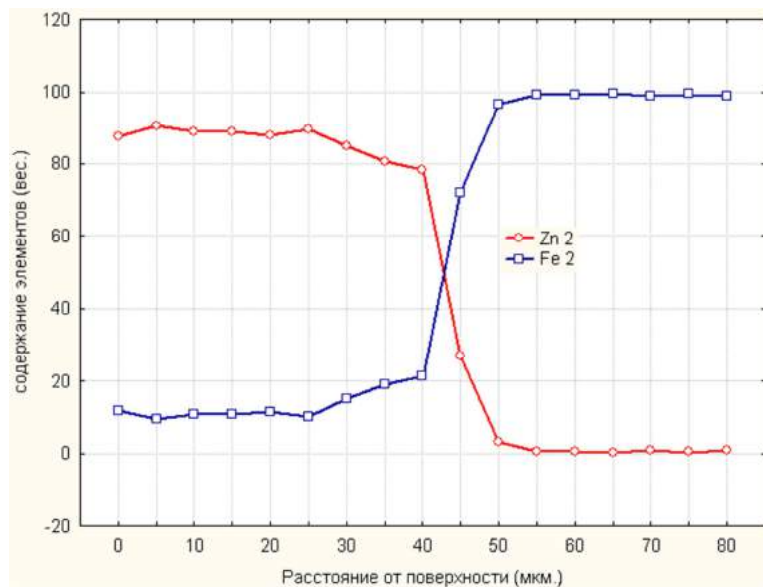


Рис. 6. Распределение содержания цинка и железа по сечению диффузионного слоя для образца с основой перлит зернистый

Таким образом, исходная структура стального изделия перед процессом цинкования может оказывать существенное влияние на характер формирования диффузионного слоя. Наличие мартенситной структуры стальной основы влияет на качество формирования цинковых диффузионных слоев толщиной не более 20 мкм. Для цинковых диффузионных слоев, сформированных на ферритно-перлитных и перлитных основах, характерна неравномерность формирования слоя по периметру среза шлифа, что может быть связано с более низкой активностью протекания диффузионных процессов на данном типе стальной основы.

Список литературы

1. Проскуркин Е.В., Горбунов Н.С. Диффузионные цинковые покрытия. – М.: Металлургия, 1972. – 248 с.
2. Сотсков Н.И., Жуков Б.М. Исследование физико-химических и технологических процессов при термодиффузионном

- цинковании // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №5. – С. 28–31.
3. Константинов В.М., Булойчик И.А. Особенности реализации процессов термодиффузионного цинкования при антикоррозионной защите термообработанных стальных изделий // Материалы 3-го Республиканского научно-технического семинара «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий». – Минск: БГТУ, 2013. – С. 66–70.

УДК 621.785.5

Г.А. Ткаченко

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ОСОБЕННОСТИ ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Широко используемые процессы термической и химико-термической обработки металлов и сплавов, основанные на однократном нагреве и охлаждении, наиболее распространены в промышленном производстве. Цементация, азотирование, закалка и отпуск изучены, отработаны и обеспечивают требуемые окончательные свойства сплава. Недостатком стационарных процессов является их ограниченное влияние на микро- и субструктуру материала, а следовательно, на комплекс эксплуатационных свойств готового изделия.

Целью настоящей работы является создание технологии повышения эксплуатационных свойств изделий за счет установленных закономерностей структурообразования поверхности и сердцевины сталей при термоциклическом режиме ТО и ХТО стальных изделий.

Процесс термоциклирования основан на чередовании стадий нагрева и охлаждения, которые могут повторяться с разной интенсивностью в количестве от двух и более раз. Основными параметрами термоциклической обработки являются

скорость нагрева и охлаждения, диапазон температур, в которых осуществляется процесс. Применительно к сталям циклический нагрев можно проводить с полной фазовой перекристаллизацией или с неполным превращением ферритоперлитной структуры в аустенит. Схема с полной фазовой перекристаллизацией основана на протекании полиморфной реакции образования аустенита из феррита, а также диффузионном превращении перлита в аустенит на стадии нагрева. Стадия охлаждения заключается в снижении температуры до полного распада аустенита на ферритокарбидную смесь.

Термоциклирование выше критической точки A_{c1} и охлаждение ниже точки A_{g1} эффективно для заэвтектоидных сталей. Такой нагрев обеспечивает неполное растворение вторичных карбидов, что способствует получению мелкозернистого аустенита и исключает рост зерна (в случае изотермической выдержки). В силу специфики процессов структурообразования (фазовый наклеп, напряжения, неполная растворимость карбидов, неоднородность аустенита), карбидная составляющая стали претерпевает процесс измельчения и сфероидизации [1–5]. Доэвтектоидные стали при циклическом нагреве с неполным превращением испытывают большие внутренние напряжения (рекристаллизация зерен проходит не полностью), требуется большее число циклов для формирования мелкого зерна (в процессе не задействовано превращение феррита в аустенит).

Традиционная термоциклическая обработка с печным нагревом направлена на измельчение зерна стали и не имеет ограничений по количеству циклов. Мелкодисперсное строение получают многократными фазовыми превращениями ферритоперлитной структуры в аустенит с последующим распадом в ферритокарбидную смесь. Чем больше количество превращений, тем выше дисперсность конечной структуры. Печное термоциклирование позволяет получить структуру 10–13 баллов за 6–8 циклов. Этот процесс весьма длительный и энергоемкий.

Повысить интенсивность измельчения структуры и сократить продолжительность цикла обработки можно за счет индукционного нагрева. Скорость нагрева является определяющим фактором, оказывающим влияние на эффективность циклической обработки сталей. Известно [1], что чем выше скорость нагрева, тем мельче

формируется аустенитное зерно, поэтому число циклов может быть сокращено. Немаловажным условием сохранения мелкой структуры является скорость на стадии охлаждения. Эта характеристика должна быть такой, чтобы исключать мартенситное, бейнитное превращение. Распад аустенита должен всегда завершаться образованием ферритокарбидной смеси. Слишком медленное охлаждение (большая садка) может привести к неравномерному увеличению зерен аустенита. Быстрое снижение температуры сохранит мелкозернистую структуру, но при этом фазовые напряжения, возникающие при индукционном нагреве, будут наследоваться, накапливаться от цикла к циклу. В результате мелкозернистая структура будет наклепана и металл упрочнится, что при определенных условиях может привести к снижению ударной вязкости [6].

Главные задачи изучения структурообразования при индукционном циклическом нагреве:

- динамика измельчения структуры;
- механические характеристики структуры;

Изучение процессов структурообразования в условиях циклического индукционного нагрева проводили на образцах конструкционных сталей марок 40X и 20. Предварительно все образцы были подвергнуты диффузионному отжигу с целью формирования крупнозернистой структуры.

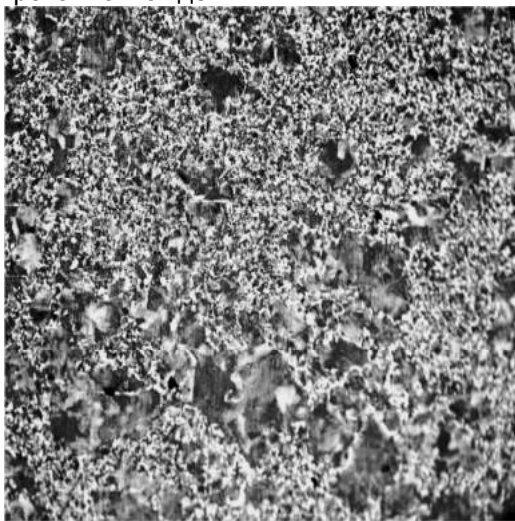
Термоциклирование проводили с применением индукционного нагрева в режиме полной фазовой перекристаллизации. Скорость нагрева 30–40°С/с и охлаждения в циклах составила 5°С/с. Установлено, что индукционная ТЦО (4 и более циклов) измельчает перегретую структуру 5 баллов до 9 (сталь 20) и 13 (сталь 40X) баллов. Динамика измельчения зерна при термоциклировании с индукционным нагревом сложна и не определяется зависимостью 1 цикл = 1 балл структуры. Интенсивность измельчения определяется количеством карбидной составляющей. Структура низкоуглеродистых сталей измельчается медленно. Наиболее интенсивно процесс протекает в первых 2 циклах, где каждый цикл обеспечивает уменьшение структуры на 1–2 балла. Дальнейшая обработка уменьшает балл зерна менее интенсивно (1 цикл = 1 балл). В среднеуглеродистых сталях за 1 цикл зерно уменьшается на 2–3 балла, но только в первых 3–4 циклах. В высокоуглеродистых сталях желательнее

проводить термоциклирование с неполными фазовыми превраще-превращениями, так как при полной аустенизации интенсивность измельчения зерна резко снижается. Структура долго остается крупнодисперсной.

Авторские исследования позволили определить, что индукционная ТЦО в выбранном диапазоне скоростей нагрева и охлаждения имеет ограничение по числу циклов. Низкоуглеродистые и среднеуглеродистые стали не следует подвергать индукционному ТЦО свыше 4–6 циклов. Ограничение вызвано накоплением в структуре напряжений.

Таким образом, было установлено, что термоциклирование от 4 и более циклов приводит к разнорзерности структуры (рис. 1). Это явление обусловлено объемными полиморфными превращениями, вызывающими напряжения, накопление которых происходит от цикла к циклу. Накопление напряжений вызвано их неполной релаксацией в цикле нагрева и охлаждения [6–8].

Дополнительно от цикла к циклу накапливаются и термические напряжения. Наличие термических напряжений обусловлено разностью температур по сечению образца, разностью коэффициента термического расширения фаз, скоростью нагрева и охлаждения.



×100

Рис. 1. Микроструктура стали 40X после восьми циклов ТЦО

Подтверждением образования структуры с микронапряжениями подтверждает параметр решетки (рис. 2). Фазовые превращения приводят к увеличению микроискажений кристаллической решетки с каждым циклом от 0,02 (отжиг) до 0,06 (6 циклов). При циклическом нагреве наблюдается тенденция к уменьшению параметра кристаллической решетки на 0,0003 Å в сравнении с отожженным образцом. Таким образом, можно говорить о том, что зерна подвергаются микропластической деформации, степень которой зависит от количества циклов. При многократной ТЦО (верхняя температура цикла постоянна) снижение температуры рекристаллизации отдельных зерен может привести не только к первичной, но и вторичной рекристаллизации. В структуре стали 40X после 4 циклов (см. рис. 1) на поверхности образца можно заметить укрупнение отдельных зерен перлита на фоне мелких зерен размером 10–16 мкм. Эффект разнотерности был установлен и изучен на низкоуглеродистой стали марки 20 [6–8].

Таким образом, было установлено, что циклический нагрев стали эффективнее измельчает действительное зерно аустенита, чем печной циклический нагрев. Однако длительное термоциклирование (более 6 циклов) может вызывать фазовый наклеп и рекристаллизацию зерен. Что в значительной мере влияет на формирование структуры и механических свойств.

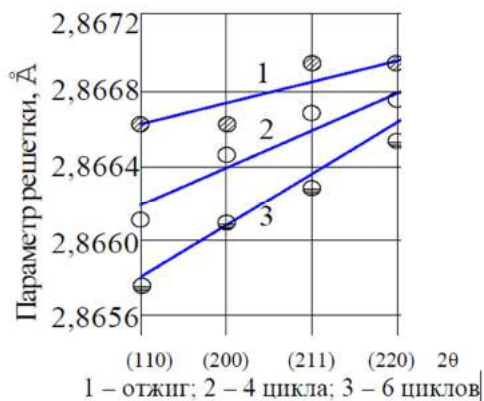


Рис. 2. Параметр решетки стали после ТЦО

Влияние циклического нагрева на физико-механические свойства в отличие от стационарных процессов обеспечивает практически двукратное увеличение характеристик. Индукционный циклический нагрев не исключение.

В работе было установлено, что циклический индукционный нагрев оказывает существенное влияние на количество избыточной цементитной фазы в диффузионных слоях. При многократных фазовых превращениях, сопровождаемых растворением и выделением цементита, в высокоуглеродистом аустените происходят процессы перераспределения углерода и выделения цементита во время охлаждения. При повторном нагреве выделившиеся частицы цементита практически не растворяются при максимальной температуре, так как скорость нагрева высока и времени для их растворения недостаточно. В результате площадь цементитной фазы в диффузионном слое заметно больше (4 цикла), нежели в слое после стационарного режима насыщения. Наименьший размер цементитных включений составил 2 мкм (рис. 3).

В результате мелкодисперсный цементит в твердой мартенситной матрице обеспечивает твердость диффузионному слою 66–68 HRC. Таких результатов не удастся получить при печной термоциклической обработке. Высокая твердость, как правило, сопровождается падением ударной вязкости. Однако индукционный нагрев (до 4 циклов) обеспечивает ненапряженную мелкодисперсную структуру, которая хорошо сопротивляется ударным нагрузкам.

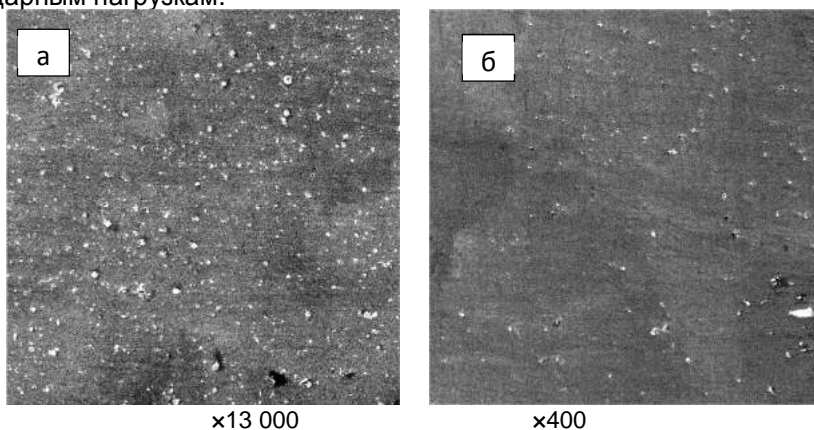
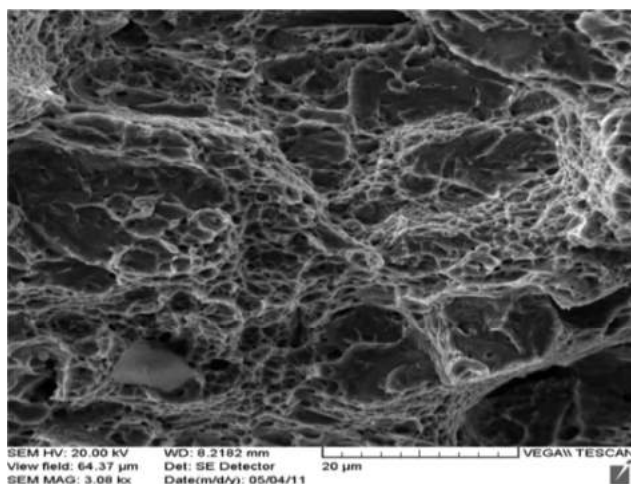


Рис. 3. Электронная сканирующая микроскопия диффузионного слоя стали 40X:

а – циклическая ТО, закалка; в – закалка, низкий отпуск

При проведении механических испытаний (ГОСТ 9454-78) было установлено, что ударная вязкость образцов сталей 40X после нитроцементации, индукционного ТЦО, закалки и низкого отпуска повышается в 1,5 раза в сравнении с обработкой без ТЦО. Излом стали получается фарфоровидный, мелкокристаллический (рис. 4). Максимальная ударная вязкость была получена за 2–4 цикла нагрева. Дальнейшее термоциклирование проводить нецелесообразно, так как появляется разнотернистость в структуре, что снижает механические характеристики [7].



×3000

ХТО с последующей ТЦО, закалкой и низким отпуском (40X)

Рис. 4. Фактографии изломов конструкционных сталей

Таким образом, индукционная циклическая термическая обработка перед закалкой и низким отпуском позволяет повысить ударную вязкость мартенситной структуры (сталь 40X) до 35–45 Дж/см².

Технология индукционной циклической термической обработки была практически реализована для упрочнения оборотных долот и крепежных элементов корпусов плугов, а также для ножей газонокосилок. Технология внедрена в производство в 2011 году на РУП «МЗШ», где до сих пор работает участок упрочнения деталей почвообрабатывающих машин.

Выводы:

1. Индукционный циклический нагрев эффективно измельчает перегретую микроструктуру стали. За 3–4 цикла можно получить зерно 12–14 баллов. При печном нагреве аналогичный результат получить за аналогичное число циклов невозможно.

2. Индукционный циклический нагрев после цементации позволяет увеличить число карбидной составляющей в диффузионном слое. Твердость слоя достигает 66–68 HRC. Такой высокой твердости обычная обработка не обеспечивает.

3. Среднеуглеродистая сталь после цементации, индукционного циклического нагрева, закалки и низкого отпуска имеет высокую ударную вязкость 35–45 Дж/см².

4. При разработке технологии индукционной циклической обработки следует учитывать установленный и теоретически обоснованный факт. Число циклов не должно быть больше 4–6. Большее число циклов сопровождается образованием рнзозернистости структуры.

Список литературы

1. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Знание, 1989. – 241 с.
2. Тихонов А.С., Белов В.В. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов. – М.: Наука, 1984. – 168 с.
3. Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г., Хараев Ю.П. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей // Ползуновский вестник. – Ч. 2. – 2005. – №2. – С. 36–44.
4. Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г. Циклическое тепловое воздействие при ТО и ХТО инструментальных сталей // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – Барнаул: АГТУ, 2005. – № 3. – С. 37–46.
5. Забелин С.Ф. Основы технологии и кинетической теории процессов диффузионного насыщения сталей в условиях термоциклического воздействия на материал : дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.01. – Чита, 2004. – 254 с.
6. Константинов В.М., Ткаченко Г.А. Образование структуры рекристаллизации при термоциклической обработке конструкционных сталей // Проблемы и перспективы

-
- развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств: материалы X Междунар. научн.-практ. конф., Барнаул, 19–20 ноября 2009 г. / АлтГТУ ; рекол.: А.М. Гурьев [и др.]. – Барнаул, 2009. – С. 61–65.
7. Константинов В.М., Ткаченко Г.А. Циклическое воздействие индукционных токов на конструкционную сталь при цементации // Энергоэффективные: материалы Междунар. молодежного форума, 19–23 сентября 2011 г. / ГЭТУ «ЛЭТИ». – СПб., 2011. – С. 21–25.
 8. Ткаченко Г.А. Конструкционная прочность и структурообразование углеродистых сталей при термоциклической обработке // Респб. межведом. сб. науч. тр. Metallургия / БНТУ. – 2011. – Вып. 33. Ч 2. – С. 119 – 133.

Раздел 4

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ

УДК 621.74.047

С.В. Дидович, А.М. Столяров

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

Е.П. Лозовский, Д.В. Юречко

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

ПОДБОР ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША СОВРЕМЕННОЙ СЛЯБОВОЙ МНЛЗ

На современных машинах непрерывного литья слябовых заготовок (МНЛЗ) широко применяются шлакообразующие смеси. Данные смеси используются для наведения покровного шлака в промежуточном ковше МНЛЗ и в кристаллизаторах (рис. 1).

К покровным шлакам, наведенным в результате присадки шлакообразующих смесей в промежуточный ковш и кристаллизатор, предъявляется целый ряд требований [1, 2].

Одинаковыми требованиями к покровному шлаку в промежуточном ковше и кристаллизаторе являются:

- надежная тепловая защита жидкого металла;
- защита металла от контакта с атмосферным воздухом, взаимодействие с которым вызывает вторичное окисление металла и его азотирование;
- высокая ассимилирующая способность шлаком всплывающих неметаллических включений, что позволяет существенно повысить качество отливаемых слябов;
- низкое агрессивное воздействие на огнеупорную футеровку и стопора-моноблоки промежуточного ковша (для покровного шлака в промежуточном ковше), а также аналогичное воздействие на огнеупорный погружной стакан, рабочую поверхность кристаллизатора, подвеску под кристаллизатором и роликтовую проводку (для шлака в кристаллизаторе МНЛЗ).

Покровные шлаки в промежуточном ковше и кристаллизаторе



Рис. 1. Участки использования шлакообразующих смесей на слябовой МНЛЗ

Дополнительным и очень важным, пожалуй, даже наиглавнейшим, требованием к шлаку в кристаллизаторе является его высокая смазывающая способность для снижения трения между вытягиваемой затвердевшей оболочкой сляба и рабочей поверхностью качающегося кристаллизатора, что позволяет избежать подвисания заготовки с образованием поперечных трещин и даже аварийных прорывов жидкого металла под кристаллизатором.

Рассмотрим подробнее шлакообразующие смеси, применяемые в промежуточном ковше современной слябовой МНЛЗ.

В настоящее время известны два подхода к использованию шлакообразующих смесей в промежуточном ковше.

Первый подход заключается в том, что в ковше совместно применяется две отдельных смеси: нижняя смесь – для ассимиляции неметаллических включений, верхняя – для теплоизоляции металла в ковше. Многие производители теплоизолирующих смесей в качестве базового соединения используют кремнезем SiO_2 , входящий в состав золы рисовой лузги и составляющий не менее 70–75% (отн.).

Второй подход предполагает наличие только одной универсальной смеси, отвечающей всем основным требованиям.

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» является одним из немногих металлургических предприятий нашей страны, имеющим в своем составе производственные мощности для изготовления собственных шлакообразующих смесей, как порошкообразных, так и гранулированных. На предприятии накоплен большой опыт по разработке и использованию шлакообразующих смесей различного состава для промежуточного ковша МНЛЗ криволинейного типа и аналогичного типа машин с вертикальным участком. На основании приобретенного опыта можно сформулировать следующие основные критерии, которыми руководствуются при выборе из уже имеющихся смесей или при разработке новой шлакообразующей смеси для промежуточного ковша слябовой МНЛЗ:

– Приемлемая себестоимость материала. При этом следует учитывать, что импортные смеси примерно вдвое дороже смесей собственного производства. Затраты при производстве собственной смеси во многом зависят от того, какой вид будет иметь смесь: порошкообразной массы или гранул. При производстве порошкообразных смесей их себестоимость снижается с увеличением доли своих отходов, используемых в производстве. Однако при этом труднее получить узкие пределы содержания компонентов в шлакообразующей смеси, что исключает возможность применения таких смесей при отливке слябов с высокими требованиями к качеству металла.

– Минимальное содержание фтора в смеси, который оказывает агрессивное воздействие на огнеупоры промежуточного ковша (рис. 2). В импортных шлакообразующих смесях содержание фтора не превышает 2,0%, а в некоторых из них он вообще отсутствует. Основной функцией вводимого в состав смеси фтора

является снижение температуры ее плавления, вследствие чего возрастает жидкоподвижность покровного шлака.

– Содержание углерода в смеси, зависящее от сортамента разливаемого металла. С понижением содержания углерода в стали должно уменьшаться и содержание углерода в смеси. При разливке среднеуглеродистой стали в смеси может быть до 10% углерода. Ультранизкоуглеродистую IF-сталь необходимо разливать с использованием смеси, содержащей уже всего 1–2% углерода.

– Основность универсальной смеси, характеризующая отношение содержания оксида кальция CaO к содержанию кремнезема SiO_2 , может изменяться в интервале от 1,0 до 2,0, а для двухкомпонентных (ассимилирующей и теплоизолирующей) смесей – 2,5–3,5.

– Температура плавления смеси, которая может быть в широком диапазоне от 1200 до 1500°C.



Рис. 2. Износ стопора промежуточного ковша после испытаний шлакообразующих смесей разного состава

– Содержание глинозема Al_2O_3 в смеси, которое может достигать до 15%. При возрастании содержания данного компонента в смеси ухудшается ее ассимилирующая способность, так как значительная доля всплывающих включений представлена оксидами алюминия.

С использованием вышеперечисленных критериев в ООО «Шлаксервис» был разработан состав универсальной шлакообразующей смеси для промежуточного ковша криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком, эксплуатирующейся в кислородно-конвертерном цехе, с целью замены импортных смесей. Исходная шлакообразующая смесь собственного производства имела в своем составе 3–4% фтора, 3–5% углерода, менее 10% глинозема. Основность смеси равнялась 1,0–1,5, а температура плавления составляла 1250–1350°C.

Эффективность применения импортной смеси и смеси собственного производства оценивалась по величине изменения температуры металла в промежуточном ковше в процессе разливки, по степени развития дефектов макроструктуры отлитых слабовых заготовок, по показателям переработки металла в прокатных цехах. Значения сравниваемых параметров были практически одинаковыми. Однако существенным недостатком использования смеси собственного производства оказалось высокое агрессивное воздействие шлака на стопора промежуточного ковша (рис. 3), что вызвало увеличение удельного расхода огнеупоров и себестоимости непрерывнолитых слабов.

На основании результатов анализа проб расплавленного шлака с определением его химического состава было установлено повышенное содержание в шлаке оксидов железа. С учетом данных о стандартном расходе смеси и малой толщины шлакового покрытия повышение окислительной способности шлака может объясняться низкой температурой плавления шлакообразующей смеси. Для снижения агрессивного воздействия шлака на стопор ковша и повышения температуры плавления смеси было предложено снизить содержание фтора в смеси до уровня, соответствующего его содержанию в импортной смеси.

В результате корректировки номенклатуры и расхода исходных шихтовых материалов была изготовлена шлакообразующая смесь с содержанием фтора около 2,0–2,5%, имеющая температуру плавления на 50 °C выше по сравнению с

исходной смесью собственного производства. Опробование данной смеси позволило уменьшить износ стопоров.



Рис. 3. Критический износ стопора промежуточного ковша МНЛЗ

Таким образом, разработан состав собственной шлакообразующей смеси для промежуточного ковша слябовой МНЛЗ кислородно-конвертерного цеха ОАО «ММК», имеющей меньшую себестоимость и дающей сопоставимые потребительские результаты по сравнению с импортной смесью.

Список литературы

1. Лейтес А.В. Защита стали в процессе непрерывной разливки. – М.: Металлургия, 1984. – 200 с.
2. Паршин В.М., Буланов Л.В. Непрерывная разливка стали. – Липецк: ОАО «НЛМК», 2011. – 221 с.

УДК 621.74.043.2+621.7.079

А.М. Михальцов

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А.А. ПивоварчикГродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно

РОЛЬ СМАЗОК ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТЕРЖНЯ И ОТЛИВКИ В МОМЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЕЕ ИЗ ПРЕСС-ФОРМЫ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Известно [1, 2], что при удалении отливки из полости пресс-формы она перемещается по охватываемым ею поверхностям (стержням). Это сопровождается появлением сил трения на границе раздела отливка–стержень. Осциллограммы процесса выталкивания отливки из пресс-формы, представленные в работе [1], свидетельствуют о том, что съём отливки со стержня происходит одномоментно, импульсно, если стержень установлен без перекосов и на его поверхности отсутствуют задиры.

При изучении процесса удаления отливки из пресс-формы рассматривали [2,3] схему сил, приведенную на рис.1.

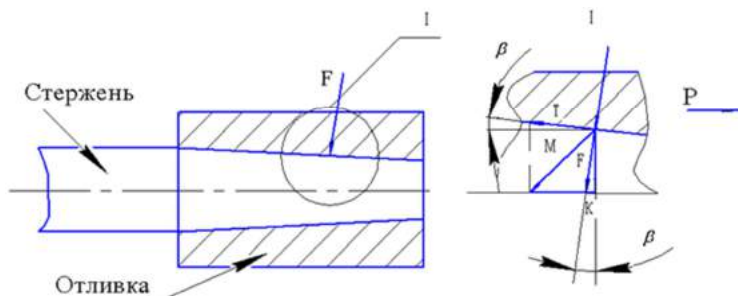


Рис. 1. Схема сил, действующих при удалении отливки со стержня

Условие равновесия сил P , действующих при съёме отливки со стержня, спроектированных на горизонтальную ось, можно выразить следующей математической зависимостью:

$$P = T \cos \beta - F \sin \beta,$$

где T – сила трения между отливкой и стержнем;

F – реакция нормального давления со стороны отливки, вызванная усадкой сплава;

β – литейный уклон стержня.

Если предположить, что стержень будет иметь идеально гладкую поверхность ($R_a \rightarrow 0$), а сила трения между отливкой и стержнем T будет стремиться к нулю, то

$$P = -F \sin \beta.$$

Следовательно, при усадке сплава под действием реакции нормального давления F со стороны отливки возникает усилие, которое способствует съему отливки со стержня. В свою очередь, наличие технологического уклона β на гладкой поверхности стержня приводит к тому, что усилие T , обусловленное трением и возникающее при съеме отливки со стержня в начальный момент, должно стремиться в дальнейшем к нулю.

Данное положение подтверждает элементарный математический расчёт. Например: при уклоне стержня в 1° и перемещении отливки на 0,1 мм между отливкой и стержнем должен образоваться зазор, равный 1,7 мкм. При уклоне в 3° величина зазора при том же перемещении отливки относительно стержня возрастает до 5,1 мкм, т.е. произойдёт разделение поверхностей. В отсутствие контакта поверхностей усилие, обусловленное их трением, равно нулю. Однако на практике усилие $F \cdot \sin \beta$ намного меньше силы трения T между отливкой и стержнем, что обусловлено наличием шероховатости на поверхности стержня.

Согласно ГОСТ 2789–73 [4] существует 14 классов чистоты поверхности. Каждому из них соответствует определенное среднеарифметическое отклонение профиля от средней линии.

В работе [2] отмечается, что коэффициент трения при контакте металлических поверхностей находится в пределах от 0,05 до 0,8. Для случая литья под давлением при расчёте усилия удаления стержня из отливки коэффициент трения предлагается принимать равным 0,2–0,25 [5].

Однако при этом не учитывается влияние шероховатости поверхности стержня, значения технологического уклона на контактирующих поверхностях.

В настоящей работе проведены исследования по определению влияния шероховатости поверхности элемента

пресс-формы (стержня), величины его технологического уклона на процессы разделения поверхностей отливки и стержня в первоначальный момент извлечения отливки из пресс-формы. Влияние указанных факторов оценивали с использованием типовых профилграмм опорных поверхностей, снятых с эталонных образцов для 7-го ($R_a = 1,25$ мкм), 8-го ($R_a = 0,63$ мкм) и 9-го ($R_a = 0,32$ мкм) классов чистоты поверхности.

Выбор вышеуказанных профилей опорных поверхностей обусловлен, прежде всего, тем, что шероховатость поверхностей пресс-форм, включая стержни, как правило, закладывается на уровне 9 класса чистоты поверхности ($R_a = 0,32$ мкм).

В реальных условиях выдержать заложенные параметры не всегда удаётся, поэтому рассматривали также варианты, когда шероховатость поверхности соответствует 8-му и 7-му классам чистоты.

Принято допущение, что металл отливки заполняет все микронеровности на поверхности стержня при отсутствии на нём смазки. Это допущение обусловлено особенностями процесса литья под давлением: высокой скоростью заполнения формы расплавом и наличием подпрессовки. Оба указанных фактора будут способствовать более полному заполнению неровностей и формированию поверхности отливки идентичной поверхности стержня. Указанное допущение подтверждено при изучении шлифов зоны контакта стержня и отливки, изготовленной без использования разделительного покрытия.

При съёме затвердевшей отливки со стержня возможно пересечение образовавшегося профиля отливки с профилем стержня. Этот процесс моделировали, используя стандартный пакет программного обеспечения «Компас» компании АСКОН. Принятые профили опорных поверхностей служили границей раздела отливки и стержня и располагались под углом 1, 2 и 3° к оси стержня.

При перемещении профиля отливки относительно профиля стержня на некоторую длину l , в сторону съёма, образуются зоны возможного взаимного пересечения и свободные зоны (рис. 2). Зоны возможного взаимного пересечения профилей отливки и стержня будут отвечать за торможение отливки на стержне, т.е. будут создавать усилие T , которое необходимо преодолеть при её съёме. Чем больше площадь зон взаимного пересечения отливки и

стержня, тем выше усилие, которое необходимо приложить для съёма отливки.

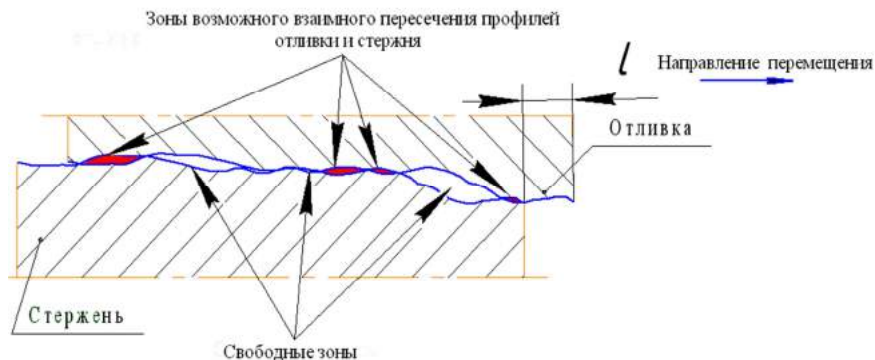


Рис. 2. Схема образования зон возможного взаимного пересечения профилей и свободных зон (зазоров) при перемещении отливки относительно стержня (фрагмент)

Расчет суммарной площади зон возможного взаимного пересечения профилей при перемещении отливки относительно стержня осуществляли с применением программных средств Demo-Version «Компас» компании АСКОН, используя следующие математические модели:

$$A = \sum_{i=1}^N \Delta S_i(x_i), \quad (1)$$

где $\Delta S_i(x_i)$ – площадь i -й зоны возможного взаимного пересечения, мкм^2 ;

x_i – шаг измерения при перемещении поверхности отливки относительно поверхности стержня, мкм .

При этом площадь i -й зоны возможного взаимного пересечения определяли по следующей формуле:

$$\Delta S_i(x_i) = \int_{x_i}^{x_i+1} [\varphi_1(x_i) - \varphi_2(x_i)] dx, \text{ если } \varphi_1(x_i) \geq \varphi_2(x_i),$$

где $\varphi_1(x_i)$ и $\varphi_2(x_i)$ – соответственно функции опорных профилей поверхности отливки и стержня.

По аналогичной схеме проводили вычисление площадей свободных зон, образующихся при пересечении профиля отливки и стержня.

На рис. 3 показан один из этапов расчета площади взаимного пересечения профилей при перемещении отливки относительно стержня на 5 мкм при угле поверхности последнего в 1° .

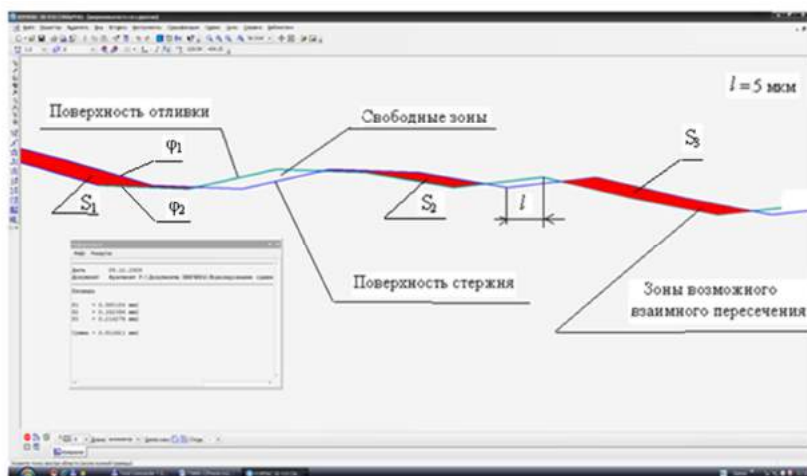


Рис. 3. Пример расчета площади зон возможного взаимного пересечения поверхности стержня и отливки, при использовании программного обеспечения «Компас»

Установлено, что при увеличении класса шероховатости поверхности стержня от 0,32 до 0,64 Ra площадь зон взаимного пересечения поверхностей возрастает вследствие большего числа максимальных выступов на поверхности стержня, по которым происходит деформационное торможение материала отливки. Увеличение литейного уклона стержня от 1 до 3° способствует скорейшему разделению контактирующих поверхностей.

Площадь свободных зон при перемещении отливки относительно стержня возрастает интенсивней и, в любой момент времени, превышает площадь зон взаимного пересечения, что создаст условия для пластического оттеснения материала отливки в обра-

зующиеся «пустоты». Наличие разделительного покрытия в указанных зонах должно облегчить процессы оттеснения материала отливки без его разрушения.

При уклоне стержня 1° и несмазанной поверхности оснастки разделение поверхностей происходит на длине участка для 0,32 Ra – 75 мкм; 0,63 Ra – 100 мкм. При уклоне стержня 2° для 0,32 Ra на участке длиной в 55 мкм; 0,63 Ra – 60 мкм. Если уклон стержня составляет 3° , то для 0,32 Ra разделение поверхностей происходит на длине в 35 мкм; 0,63 Ra – 50 мкм.

При наличии на поверхности оснастки разделительного покрытия (смазки) целесообразно рассмотреть три возможных варианта:

- 1) разделительное покрытие заполняет микронеровности оснастки до максимальной высоты выступов;
- 2) разделительное покрытие частично смыто, но заполняет микронеровности профиля оснастки до какой-то величины;
- 3) разделительное покрытие полностью удалено с поверхности пресс-формы.

Если толщина смазочного слоя находится на уровне высоты максимальных выступов на поверхности стержня, т.е. реализуется вариант 1, то имеет место гидродинамическое трение и отливка свободно извлекается из пресс-формы.

Если струя жидкого металла на выходе из питателя подведена перпендикулярно поверхности стержня, то сохранение смазочного слоя в этом месте весьма проблематично и будет зависеть от длительности и интенсивности воздействия, а также свойств смазочного слоя. При этом создаются условия для реализации третьего варианта с высокой вероятностью образования т. н. «задиров».

На участках поверхности пресс-формы, подвергшихся менее интенсивному воздействию жидкого металла, возможно сохранение смазочного слоя по второму варианту; при этом возможен граничный режим трения в сочетании с гидродинамическим, что приемлемо для успешного извлечения отливки из пресс-формы.

Необходимо отметить, что полной деструкции продуктов разделительного покрытия на поверхности пресс-формы после ее заполнения металлом не происходит вследствие кратковременности процесса и дефицита кислорода на границе раздела отливка-стержень. При этом разделительное покрытие присутствует здесь

в пароконденсированном состоянии, создавая парожидкостный промежуточный слой, который препятствует затеканию расплава в микронеровности на поверхности стержня, что может облегчить процесс разделения стержня и отливки.

Также можно предположить, что под воздействием высоких давлений со стороны затвердевающей отливки смазка частично перетекает из микровпадин на поверхности микровыступов оснастки. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить фактическую площадь контакта поверхностей, а следовательно, разделительное покрытие будет способствовать более легкому оттеснению материала отливки в момент его деформационного торможения.

С целью подтверждения либо опровержения возможности миграции смазки и, как следствие, облегчения съема отливки со стержня без образования задиров была проведена серия экспериментов, заключающихся в измерении электрического сопротивления на границе раздела отливка-стержень в момент заливки и затвердевания сплава.

Расплавленный металл (сплав АК12М2) заливали в прогретый до температуры 200 °С и установленный на стенде алундовый тигель. Температура заливки металла составляла 620 °С. Через отверстие в крышке в тигель проставляли стальной стержень, к которому крепилась клемма измерительной схемы. Перед установкой стержень обезжировали и прогревали в сушиле до температуры 250 °С. Вторую клемму подсоединяли к стальной пластине, которая также устанавливалась в тигель. При заливке металла и его кристаллизации происходило обжатие стержня, вызывающее изменения в состоянии смазки и приводящие к изменению сопротивления на границе раздела стержень-отливка. Это фиксировалось с помощью микропроцессорного программ-мируемого устройства сбора и обработки информации ICD (в дальнейшем – устройства) и измерительной схемы. Полученные данные по изменению сопротивления в зоне контакта отливки и стержня представлены на рис. 4 и 5.

Видно, что при использовании несмазанного стержня (см. рис. 4) сопротивление вначале снижается, что обусловлено увеличением площади контакта при заполнении тигля расплавом. Достигнув значения 2000 мОм, сопротивление немного возрастает, а затем плавно снижается.

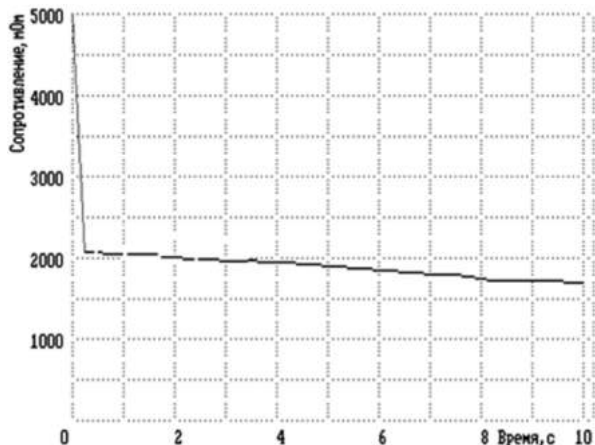


Рис.4. Изменение сопротивления в зоне контакта отливки и стержня без использования разделительного покрытия

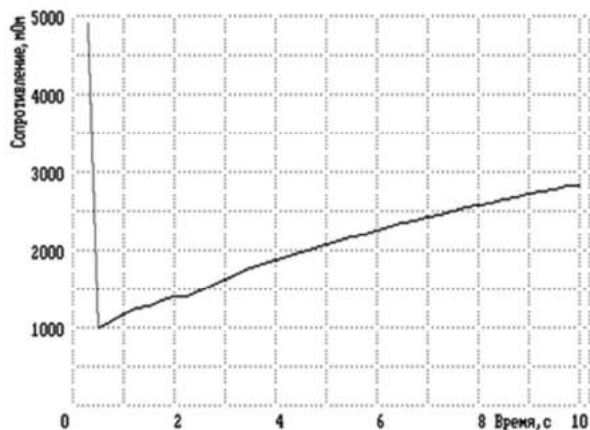


Рис.5. Изменение сопротивления в зоне контакта отливки и стержня при использовании разделительного покрытия

Наличие существенного сопротивления на границе отливка – стержень в первом случае обусловлено окислением поверхности стержня, а снижение сопротивления – увеличением площади контакта на поверхности раздела отливка – стержень в результате усадки сплава.

Снижение сопротивления практически до 1000 мОм на границе раздела во втором случае, очевидно, обусловлено созданием восстановительной атмосферы в результате деструкции компонентов смазки.

Повышение сопротивления при дальнейшей выдержке отражает продолжающиеся процессы миграции слоя смазки, вытесненного из микронеровностей на поверхности стержня по границе раздела стержень-отливка, что обусловлено усадкой отливки при ее охлаждении (см. рис.5).

Выполненные результаты компьютерного моделирования подтверждают проведенные экспериментальные исследования по изучению возможности миграции смазки в момент затвердевания отливки. Расчеты показали, что в случае присутствия разделительной среды разделение контактирующих поверхностей при угле стержня 1° происходит на длине участка при шероховатости литейной оснастки $0,32 Ra - 34$ мкм; $0,63 Ra - 52$ мкм. При угле стержня 2° для $0,32 Ra$ на участке, равном $19,7$ мкм; $0,63 Ra - 36,4$ мкм. Если угол стержня составляет 3° , то для $0,32 Ra$ разделение поверхностей происходит на длине в $14,2$ мкм; $0,63 Ra - 23,1$ мкм

На рис. 6, 7 показан вид рабочей поверхности стержня, полученной после нанесения и без нанесения разделительного покрытия.



Рис. 6. Вид рабочей поверхности стержня с использованием разделительного покрытия



Рис. 7. Вид рабочей поверхности без использования разделительного покрытия

Выводы

1. Установлено, что при съеме отливки со стержня разделение контактирующих поверхностей зависит от величины технологического уклона стержня, его класса шероховатости и наличия разделительной среды. Наличие разделительного покрытия на поверхности технологической оснастки снижает в среднем длину участка, на котором происходит разделение контактирующих поверхностей более чем в 2 раза.

2. Показано, что смазывание технологической оснастки разделительными покрытиями снижает вероятность образования задиров на поверхности отливки и технологической оснастки, за счет пластического оттеснения и последующего проскальзывания по поверхности стержня затекшего в микровпадины оснастки металла в момент удаления отливки из пресс-формы.

Список литературы

1. Зеленов В.Н., Кисиленко Л.Е. Смазка для форм литья под давлением. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 12–18.
2. Пушмашёв П.И., Зубакин А.М. Определение усилия извлечения стержня из отливки, получаемой литьём под давлением // Литейное производство. – 1975. – №12. – С. 22–23.
3. Михальцов А.М., Пивоварчик А.А., Бежок А.П. Контактные процессы на границе раздела стержень-отливка при литье под давлением алюминиевых сплавов // Литье и металлургия. – 2009. – №4. – С. 48 – 54.
4. Шероховатость поверхности термины и определения: ГОСТ 25142–82. – Введ. 01.01.83. – М.: Государственный Комитет СССР по стандартам, 1982. – С. 3–4.
5. Михальцов А.М., Пивоварчик А.А. Исследование газотворной способности материалов, используемых при разработке разделительных покрытий для пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением // Литье и металлургия. – 2012. – № 2. – С. 43–45.

УДК 621.74.047

С.В. Дидович, А.М. Столяров

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

Д.В. Юречко

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

О КАЧЕСТВЕ СТАЛИ, РАЗЛИТОЙ НА СЛЯБОВЫХ МНЛЗ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ УЧАСТКОМ

В мировой металлургии имеется четко выраженная тенденция широкого применения криволинейных МНЛЗ с вертикальным участком для отливки слябовых заготовок. Новые машины строятся основными фирмами-производителями металлургического оборудования «SMS-Demag», «VAI», «Danieli» и др., а существующие криволинейные МНЛЗ подвергаются реконструкции. Фирмы выдают гарантии, что наличие вертикального участка, большого (не менее 10 м) базового радиуса изгиба технологической оси МНЛЗ, системы мягкого обжата, динамической системы вторичного охлаждения заготовки и др. обеспечит получение высочайшего качества литого сляба и прокатной металлопродукции. Эти гарантии основываются на том, что при наличии вертикального участка улучшаются условия для удаления путем всплывания из лунки жидкого металла неметаллических включений, а при большом базовом радиусе МНЛЗ снижаются критические напряжения при разгибании кристаллизующейся заготовки, вызывающие образование поверхностных ребровых трещин.

В ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» накоплен большой опыт эксплуатации слябовых машин непрерывного литья заготовок, имеющих вертикальный участок. Первая такая МНЛЗ была пущена в 2006 году в электросталеплавильном цехе, а в конце 2009 года в кислородно-конвертерном цехе была введена в эксплуатацию современная машина фирмы «SMS-Demag». Некоторые параметры технических характеристик этих МНЛЗ представлены в табл. 1.

В процессе эксплуатации этих МНЛЗ было подтверждено, что увеличение базового радиуса машины оказывает благоприятное воздействие на качество отливаемых слябов. Так, на поверхности слябов из низколегированной стали, разлитой на МНЛЗ №5

с базовым радиусом 8 м, часто встречаются дефекты в виде ребровых трещин, в то время как на слябах, отлитых на МНЛЗ №6 с бóльшим на 37,5% (отн.) радиусом (11 м), такой дефект практически отсутствует.

Таблица 1
Характеристика слябовых МНЛЗ с вертикальным участком

Параметр	Слябовая МНЛЗ	
	№5	№6
Проект	Уралмаш	SMS-Demag
Цех	ЭСПЦ	ККЦ
Длина вертикального участка, м	2,8	2,7
Базовый радиус, м	8	11
Количество ручьев, шт.	2	1
Металлургическая длина, м	31,685	34,2
Отметка разливочной площадки, м	13,03	13,8

Появление вертикального участка на слябовой МНЛЗ не может быть оценено однозначно положительно, как это рекламируется фирмами-изготовителями МНЛЗ.

К отрицательным моментам появления вертикального участка на слябовой машине относятся следующие:

1. Усложняется конструкция МНЛЗ и соответственно повышается стоимость оборудования.

2. Требуются серьезные капитальные затраты при реконструкции существующих криволинейных МНЛЗ из-за необходимости увеличения высоты машины на 2,5–3,0 м (рис. 1) с подъемом балок, ревизией кранов и т.д. либо заглупления оборудования, затрудненного уже имеющимися магистралями, тоннелями и др.

3. Усложняется ремонт после аварийного восстановления МНЛЗ, так как в случае прорыва корочки сляба под кристаллизатором выводится из строя весь вертикальный участок машины, а не первые секции классической криволинейной машины. При этом вертикальный участок роликового аппарата, находящийся под кристаллизатором, намного тяжелее и геометрически больше стандартных роликовых секций.

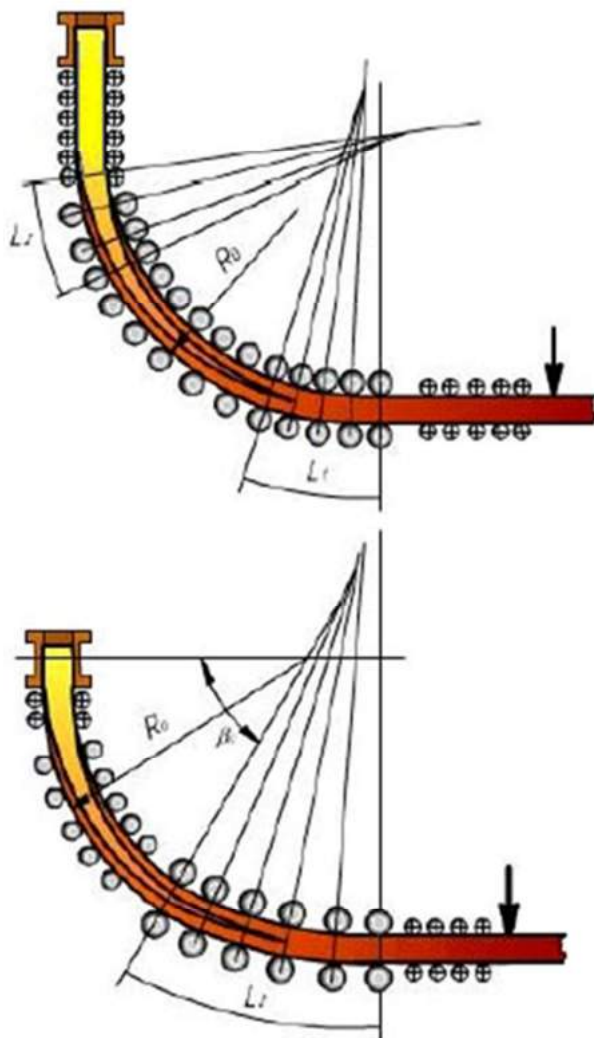


Рис. 1. Схема технологических каналов
слябовой криволинейной МНЛЗ
с вертикальным участком (вверху) и без него (внизу)

4. Появляется дополнительный источник деформации кристаллизующейся заготовки в начале участка загиба – при переводе ее из вертикального в радиальное положение. При этом нивелируется положительный эффект от равномерного нарастания корочки на вертикальном участке машины. Для слябов, отлитых на машине с вертикальным участком, характерно наличие продольных трещин на середине верхней стороны слябов, особенно при разливке перитектической стали. Так, в период освоения технологии на современной МНЛЗ №6, спроектированной «SMS-Demag», доля слябов с продольными трещинами составляла до 15,8% (рис. 2).

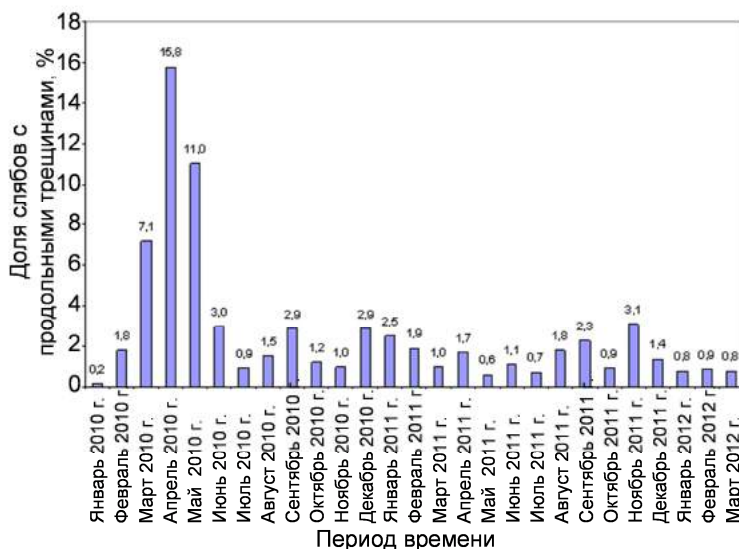


Рис. 2. Данные о доле слябов с поверхностными продольными трещинами, отлитых на МНЛЗ №6 в период освоения технологии (начало 2010 года) и в более поздний период времени

Из рисунка видно, что доля слябов с продольными трещинами постепенно снижалась и достигла величины менее 1,0% в начале 2012 года. Однако это оказалось возможным в результате проведения целого ряда мероприятий, направленных как на подготовку металла к разливке, так и оптимизацию параметров технологии разливки, и даже вследствие конструктивных изменений самой

МНЛЗ. Следует отметить, что продольные трещины могут явиться причиной аварийных прорывов металла под кристаллизатором, что часто происходило на МНЛЗ №6 с вертикальным участком в период освоения технологии. Аналогичные дефекты на криволинейных машинах практически отсутствовали.

Главным достоинством вертикального участка слябовой МНЛЗ считается существенное повышение качества литого металла в результате уменьшения его загрязненности неметаллическими включениями. Это достигается за счет того, что большее количество неметаллических включений успевает всплыть в вертикальной части лунки жидкого металла, длина которой должна быть не менее 2,5 м, и ассимилироваться покровным шлаком в кристаллизаторе (рис. 3).

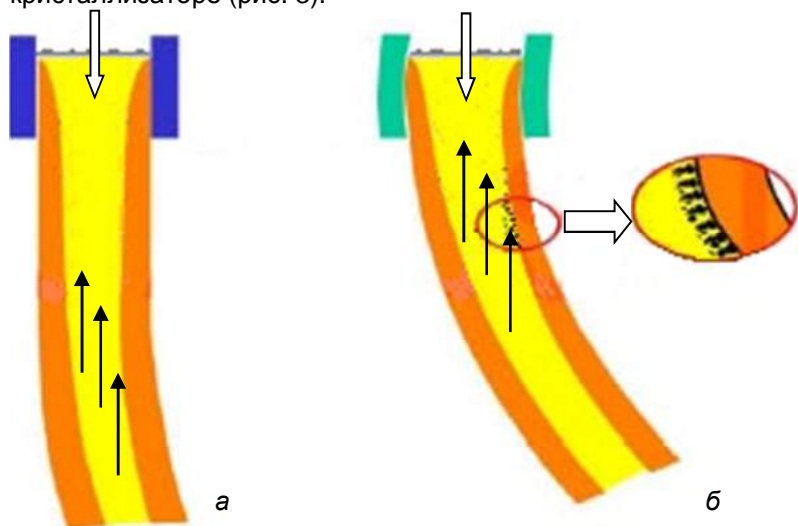


Рис. 3. Схема удаления из лунки жидкого металла слябовой заготовки неметаллических включений при разливке стали на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком (а) и без него (б)

Сравнение качества макроструктуры слябов, оцениваемой визуально после горячего травления согласно ОСТ 14-4-71 и по серным отпечаткам, при разливке стали на разных машинах показывает положительное влияние наличия вертикального участка на

снижение степени развития дефекта точечная неоднородность, образующегося в местах расположения относительно крупных (75–100 мкм) неметаллических включений в литом металле. В табл. 2 приведены данные о средних и максимальных значениях степени развития дефекта точечная неоднородность в заготовках, отлитых на классических криволинейных машинах и на аналогичного типа МНЛЗ с вертикальным участком. Наибольший эффект получен при разливке низколегированного металла.

Таблица 2
Результаты оценки степени развития точечной неоднородности (ТН) непрерывнолитых слябов

Номер МНЛЗ	Тип МНЛЗ	Степень развития ТН (среднее значение/максимальное значение), баллы	
		Низкоуглеродистая сталь	Низколегированная сталь
1–4	Криволинейная	1,08/2,5	0,94/2,5
5	Криволинейная с вертикальным участком	0,40/1,0	0,12/1,0
6	Криволинейная с вертикальным участком	0,32/1,0	0,01/0,5

Однако при изучении качества холоднокатаного проката, произведенного из непрерывнолитых слябов, оказалось, что существенного снижения отсортировки металла по неметаллическим включениям не происходит, особенно на низкоуглеродистом и ультра-низкоуглеродистом сортаменте. При этом основные соединения, приводящие к получению несоответствующей по качеству металлопродукции, в низколегированной стали представляют собой остатки шлакообразующей смеси и продукты раскисления на основе кальция, кремния и алюминия, в низкоуглеродистой стали – это также остатки шлакообразующей смеси и оксиды алюминия. Все обнаруженные неметаллические включения имеют небольшой размер (10–15 мкм).

Таким образом, наличие вертикального участка на криволинейной слябовой МНЛЗ еще не гарантирует получения высокой чистоты металла по неметаллическим включениям небольшого

размера. Для достижения этой цели необходимо совершенствовать технологию подготовки металла к разливке, производить правильный выбор футеровки промежуточного ковша МНЛЗ, рациональных параметров технологии разливки стали. Особое внимание должно быть уделено подбору рационального состава шлакообразующих смесей для промежуточного ковша и кристаллизатора, так как в кристаллизаторе МНЛЗ с вертикальным участком покровной шлак быстрее ассимилирует большее количество всплывающих неметаллических включений, что ведет к изменению его состава и свойств.

УДК 621.74.047

Д.Д. Пугач, А.М. Столяров

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ IF-СТАЛИ В ККЦ ОАО «ММК»

IF-сталь (Interstitial free steel) относится к новому классу сталей без элементов внедрения с очень низким содержанием углерода и азота (их суммарное содержание не должно превышать 0,005%). Широко используется микролегирование IF-стали сильными карбидо- и нитридообразующими элементами – титаном и (или) ниобием. Такая сталь обладает хорошей штампуемостью, а сочетание высокой пластичности и прочности позволяет сохранять высокую конструктивную прочность изделий в аварийных ситуациях.

В ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» IF-сталь выплавляется в 370-т кислородных конвертерах с верхней продувкой кислородом. Ковшевая обработка производится на вакууматоре циркуляционного типа [1] и на агрегате «ковш-печь». В настоящей работе рассматриваются особенности технологии непрерывной разливки ультранизкоуглеродистой стали в кислородно-конвертерном цехе ОАО «ММК». С этой целью проанализирован массив данных из 35 плавов стали марки 006/IF.

На рис. 1 представлены данные о доли металла, разлитого на различных МНЛЗ кислородно-конвертерного цеха. Из него видно, что разливка осуществлялась на четырех из пяти машин,

имеющихся в цехе. Почти две третьих количества ультра-низкоуглеродистой стали было разлито на МНЛЗ №4. Эта машина криволинейного типа с кристаллизатором высотой 1200 мм может работать в двух режимах: на два и четыре ручья [2, 3].

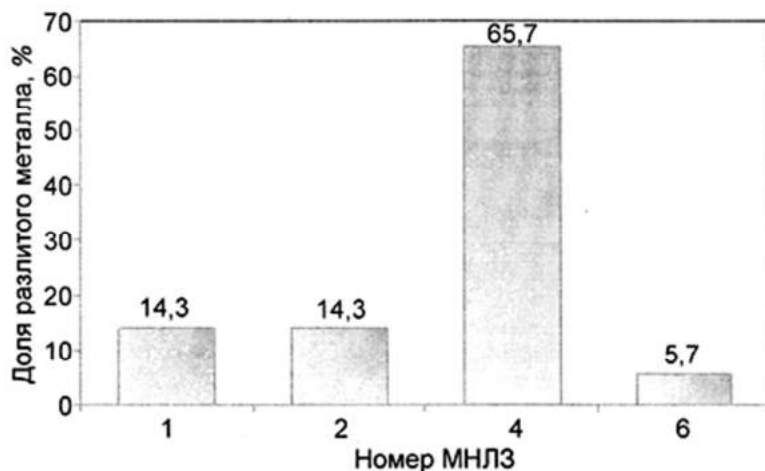


Рис. 1. Данные об относительном количестве IF-стали, разлитой на разных МНЛЗ кислородно-конвертерного цеха

Все отлитые слябы имели толщину 250 мм и ширину от 1200 до 1850 мм. Средняя ширина слябовых заготовок равнялась 1540 мм (рис. 2). Следовательно, первая и четвертая МНЛЗ в процессе разливки IF-стали эксплуатировались в двухручьевом режиме.

Разливка стали на МНЛЗ производилась через промежуточные ковши, футерованные периклазохромитовыми огнеупорами или торкрет-массами периклазового состава.

Температура жидкого металла в промежуточном ковше изменялась в диапазоне от 1551 до 1563°C. Зависимость скорости вытягивания слябовой непрерывнолитой заготовки от величины перегрева металла в промежуточном ковше над температурой ликвидус представлена на рис. 3.

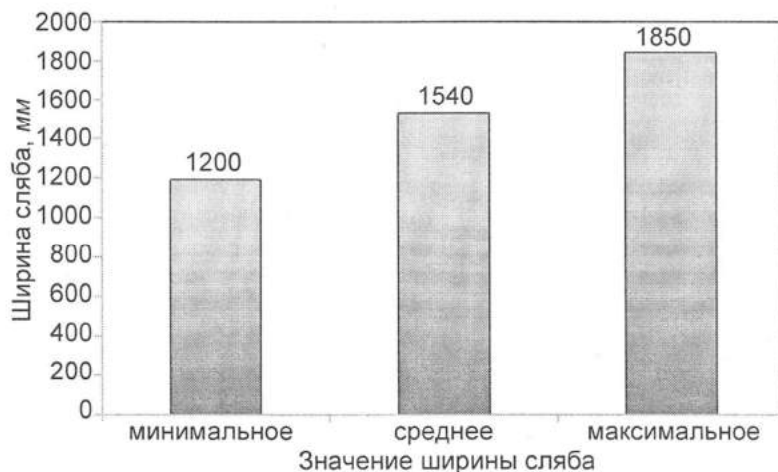


Рис. 2. Ширина непрерывнолитых слябов толщиной 250 мм из IF-стали

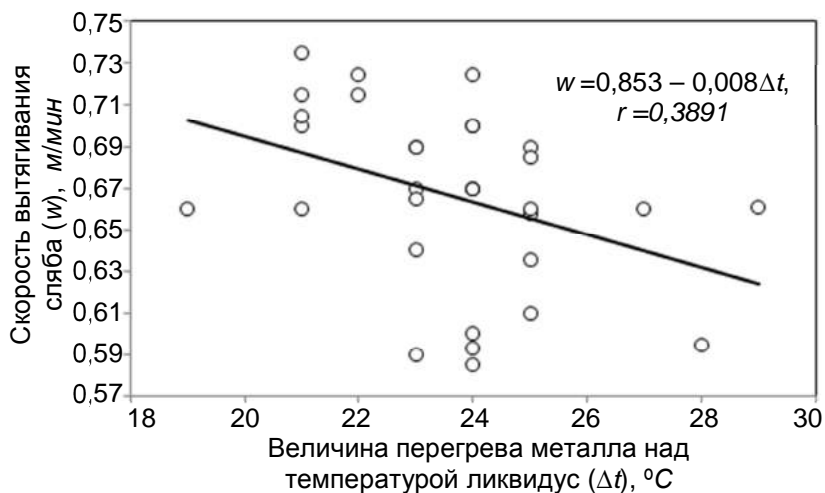


Рис. 3. Зависимость скорости вытягивания слябов из кристаллизатора от величины перегрева IF-стали в промежуточном ковше над температурой ликвидус

На поле рисунка приведено уравнение линейной зависимости скорости вытягивания заготовки от величины перегрева, статистически значимой с вероятностью 95% (критическое значение коэффициента парной корреляции равно 0,3345). Скорость вытягивания слябов изменялась в интервале 0,58–0,74 м/мин.

Отбор маркировочных проб металла производился пробоотборниками для ультразвукоуглеродистых сталей из кристаллизатора. В таблице представлены данные о среднем химическом составе металла маркировочных проб и требованиях стандарта.

Сравнение химического состава металла из кристаллизатора и из сталеразливочного ковша перед отдачей на МНЛЗ показывает, что в процессе разлива происходит науглероживание и азотирование IF-стали. Увеличение содержания углерода и азота в среднем происходит на величину 0,0006 и 0,0004% (абс.) или на 15,8 и 8,9% (относ.) соответственно. Причиной науглероживания металла является переход углерода в сталь из шлакообразующей смеси (ШОС). В процессе разлива металла в промежуточный ковш и в кристаллизаторы вводится шлакообразующая смесь с массовой долей углерода не более 3%.

Химический состав металла маркировочных проб и требования стандарта

Химический элемент	Среднее содержание элемента, %	Требование стандарта
Углерод	0,0044	≤ 0,007
Кремний	0,0081	≤ 0,020
Марганец	0,1218	0,10...0,18
Сера	0,0079	≤ 0,010
Фосфор	0,0051	≤ 0,012
Хром	0,028	≤ 0,03
Никель	0,018	≤ 0,03
Медь	0,0205	≤ 0,05
Алюминий	0,0451	0,030...0,060
Титан	0,062	0,048...0,078
Ниобий	0,041	≤ 0,065
Азот	0,0049	≤ 0,007

Из отлитых слябов вырезались темплеты для оценки качества макроструктуры металла. На рис. 4 показаны данные о средней величине степени развития осевой рыхлости, трещин, перпендикулярных граням заготовки, и точечной неоднородности.

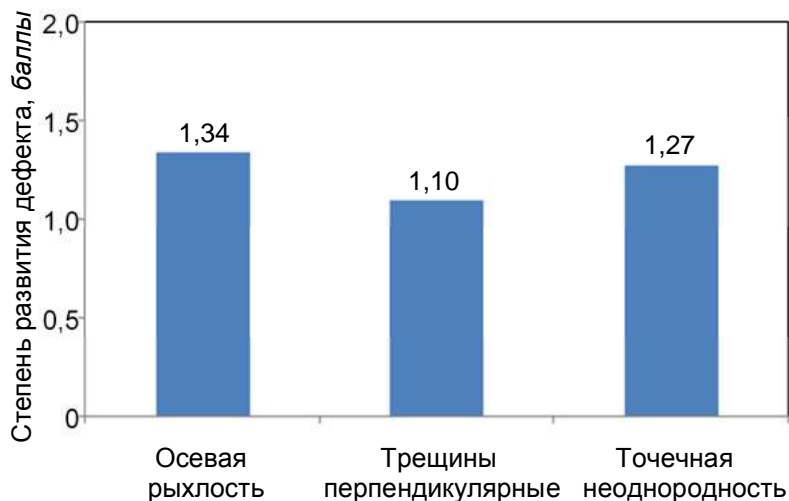


Рис. 4. Данные о средней степени развития внутренних дефектов макроструктуры слябов из IF-стали

В работе проанализировано влияние на степень развития таких внутренних дефектов, как осевая рыхлость, осевая химическая неоднородность, трещины, перпендикулярные граням заготовки, гнездообразные трещины, точечная неоднородность различных параметров: содержания основных химических элементов в маркировочной пробе металла, скорости вытягивания сляба из кристаллизатора, величины перегрева металла в промежуточном ковше МНЛЗ. Установлены прямолинейные возрастающие зависимости осевой рыхлости (ОР, баллы) и трещин, перпендикулярных граням (ТП, баллы), от величины перегрева металла в промежуточном ковше над температурой ликвидус (Δt):

$$ОР = 0,0392\Delta t + 0,5254, \quad r = 0,566; \quad (1)$$

$$ТП = 0,070\Delta t - 0,5195, \quad r = 0,477. \quad (2)$$

С увеличением температуры металла в промежуточном ковше степень развития осевой рыхлости и трещин, перпендикулярных граням заготовки, возрастает.

Средний выход годного металла в процессе разливки стали марки 006/IF составил 98,4%.

С целью снижения поступления углерода в IF-сталь рекомендуется использовать низкоуглеродистую шлакообразующую смесь как в промежуточном ковше, так и в кристаллизаторе в минимально допустимом количестве (не более 0,3 кг/т). Для повышения качества макроструктуры литого металла следует разливать металл, имеющий величину перегрева в промежуточном ковше над температурой ликвидус не более 25°C.

Список литературы

1. Мошкунов В.В., Столяров А.М., Валова Е.Ю. Изучение условий декарбонизации в процессе вакуумно-кислородного рафинирования IF-стали // Наука и производство Урала. – 2014. – №10. – С. 61–63.
2. Столяров А.М., Селиванов В.Н. Непрерывная разливка стали. Ч. 1. Конструкция и оборудование МНЛЗ: учеб. пособие. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. – 154 с.
3. Столяров А.М., Селиванов В.Н. Технология непрерывной разливки стали: учеб. пособие. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 78 с.

УДК 669.194:621.74

В.П. Чернов

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ВЯЗКОСТЬ ОСТЕКЛОВАННЫХ ОТЛИВОК ИЗ ОКСИДНЫХ СПЛАВОВ

Поскольку в большинстве случаев шлакокаменные отливки затвердевают в остеклованном виде и их кристаллизацию приходится проводить после затвердевания, знание вязкости

играет большую роль. Для силикатных расплавов были рассмотрены критериальные зависимости вязкости [1]. Была сделана попытка установить аналогичную зависимость для остеклованных отливок. в качестве критериев были взяты коэффициент структуры анионов (КСА) [2], пироксеновый модуль [3].

Шелудяков Л.Н. [2] исследовал зависимость вязкости расплавов от коэффициента структуры анионов (КСА)

$$КСА = \frac{O}{Si + 0,75Al},$$

где O – количество ионов кислорода;

Si – количество ионов кремния;

Al – количество ионов алюминия.

Ошибки расчетов вязкости в зависимости от КСА в ряде случаев превышают 200 %. Кроме того, достоверная связь получается в том случае, если экспериментальные данные получены при одной и той же температуре.

Как видно из приведенных данных, пока не удалось найти надежную зависимость вязкости и химического состава, хотя такая связь очевидна и неоспорима [1, 3, 4].

Тем не менее, идея получения критерия, позволяющего описывать изменение вязкости в зависимости от химического состава и температуры очень привлекательна. С этой целью нами были обработаны данные собственных исследований и других исследователей по вязкости стекол. Содержание элементов колеблется в следующих пределах (мас. %): 16,8- 74,8 SiO_2 ; 0-35 Al_2O_3 ; 0-45 CaO ; 0-29 MgO ; 0-41,6 FeO ; 0-24,4 Fe_2O_3 ; 0-3,27 MnO ; 0-12,6 TiO_2 ; 0-8,7 K_2O ; 0-37,7 Na_2O ; 0-3,98 Cr_2O_3 ; 0-11,6 F ; 0-8,4 S ; 0-11,47 B_2O_3 ; 0-21,56 BaO ; 0-12,46 ZnO ; 0-2,77 PbO .

Было обработано более 1200 экспериментальных данных. Были использованы уже известные критерии - КСА и пироксеновый модуль. Кроме того, поскольку указанные показатели не учитывают силы связи между элементами и кислородом, дополнительно были введены такие параметры, как сила ионной связи и энергия диссоциации оксидов. Силу ионной связи определяли в соответствии с электроотрицательностью элемента и кислорода по Полингу [5], причем за исходную величину брали значение электроотрицательности, приходящееся на один ион. В качестве параметра использовали силу ионной связи,

приходящуюся на один г-ион кислорода сплава. Принципы расчета силы ионной связи приведены в таблице.

Расчет силы ионной связи

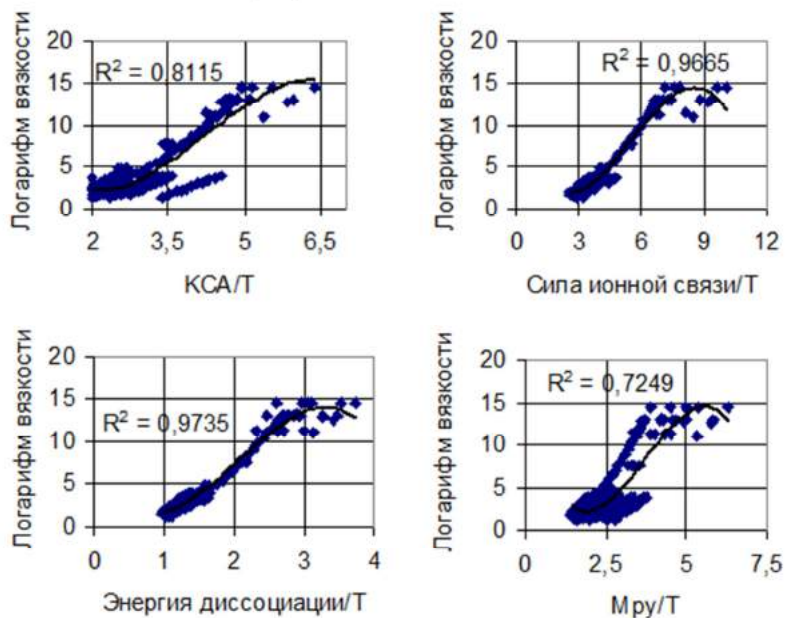
Элемент	Ион	Значение электроотрицательности	Разность E-O	Значение электроотрицательности на одну валентность	Сила связи на одну валентность	Сила связи на один ион
O		3,5		1,75		
Si	Si ⁴⁺	1,8	1,7	0,45	1,3	5,2
Al	Al ³⁺	1,5	2	0,5	1,25	3,75
Ca	Ca ²⁺	1	2,5	0,5	1,25	2,5
Mg	Mg ²⁺	1,2	2,3	0,6	1,15	2,3
Fe ²	Fe ²⁺	1,65	1,85	0,825	0,925	1,85
Fe ³	Fe ³⁺	1,8	1,7	0,6	1,15	1,15
Mn	Mn ²⁺	1,4	2,1	0,7	1,05	2,1
Ti	Ti ⁴⁺	1,6	1,9	0,4	1,35	5,4
K	K ⁺	0,8	2,7	0,8	0,95	0,95
Na	Na ⁺	0,9	2,6	0,9	0,85	0,85
Li	Li ⁺	1	2,5	1	0,75	0,75
Cr ³	Cr ³⁺	1,6	1,9	0,533333	1,216667	3,65
B	B ³⁺	2	1,5	0,666667	1,083333	3,25
F	F ⁻	4	-0,5	4	-2,25	-2,25
Zn	Zn ²⁺	1,5	2	0,75	1	2
P	P ⁵⁺	2,1	1,4	0,42	1,33	3,99
S	S ²⁻	2,5	1	0,625	1,125	2,25
Sr	Sr ²⁺	1	2,5	0,5	1,25	2,5
Zr	Zr ²⁺	1,4	2,1	0,35	1,4	2,8
Ba	Ba ²⁺	0,85	2,65	0,425	1,325	2,65
Pb	Pb ²⁺	1,6	1,9	0,8	0,95	1,9

Параметры энергии диссоциации оксидов использовали Сан [6, 7] и Роусон [8]. при этом за отправную точку они брали энергию диссоциации, приходящуюся на одного соседа, находящегося с элементом, образующим оксид. Этим параметром они оценивали стеклообразующую способность оксида. Однако для

характеристики вязкости такой подход, по-видимому, не совсем правомерен, поскольку не учитывает силу взаимодействия элементов (ионов). Нами взята в качестве параметра энергия диссоциации, приходящаяся на один грамм-ион вещества.

Как уже было сказано, попытки использовать критерии для описания вязкости при разных температурах не принесли успеха. Применяемые критерии в той или иной степени характеризуют структуру расплава в статичном положении, т.е. в каком-то стабилизированном состоянии и не учитывают изменение этой структуры при изменении температуры.

На это указывают и другие исследователи [2, 7]. Поэтому указанные критерии нами были модифицированы, по аналогии с критерием Роусона [8], только в нашем случае эти показатели отнесли к фактической температуре отливки (стекла) (К) [1]. При этом показатели КСА, Мру и силы ионной связи для удобства представления умножили на 1000. Критериальные зависимости вязкости показаны на рисунке.



Критериальная зависимость вязкости остеклованных отливок

Как видно из рисунка, использование модифицированных критериев позволяет применять их в более широких диапазонах температур, т.е. можно сказать, что эти параметры являются универсальными – при одинаковых их значениях должна быть одна и та же вязкость независимо от температуры и химического состава стекла.

Сопоставляя ранее приведенные данные о вязкости силикатных расплавов [1], можно отметить, что у стекол наблюдается более тесная связь между вязкостью и приведенными параметрами, чем у расплавов.

Это объясняется тем, что у стекол все связи соединены между собой, и если у расплавов существует какой-то минимальный уровень связи, ниже которого она практически не оказывает влияния на вязкость, то у стекол связи любого уровня (любой силы) влияют на вязкость. Поэтому зависимость вязкости от силы ионной связи и энергии диссоциации оксидов наиболее тесная.

Коэффициент структуры анионов не учитывает силы связи одновалентных и двухвалентных катионов. Помимо этого, он не учитывает влияния трех- и четырехвалентных элементов, кроме кремния и алюминия, вследствие чего трудно оценить полное влияние всех компонентов на вязкость стекол. Пироксеновый модуль учитывает только наличие одно-, двух- и четырехвалентных элементов и не учитывает наличие трехвалентных элементов. Сила взаимодействия компонентов никак не учитывается. Поэтому связь этих двух параметров с вязкостью менее тесная, хотя и достоверная.

Таким образом, предлагаемые критерии энергии диссоциации и силы ионной связи позволяют, зная химический состав отливки, спрогнозировать ее вязкость при любых температурах, что облегчает выбор параметров кристаллизации.

Список литературы

1. Чернов В.П. Использование численных критериев для оценки вязкости петругических расплавов // Литейщик России. – 2005. – № 7. – С. 21–23.
2. Шелудяков Л.Н. Состав, структура и вязкость гомогенных силикатных и алюмосиликатных расплавов. – Алма-Ата: Наука, 1980. – 155 с.

3. Хан Б.Х., Стороженко М.Б. Оценка технологических характеристик петругических расплавов при использовании пироксенового модуля // Проблемы каменного литья: сб. науч. тр. – Киев: ИПЛ, 1975. – С. 22 – 35.
4. Вязкость силикатных стекол в зависимости от их химического состава / В.Т. Славянский, М.П. Новикова, Л.В. Исаева и др. // Оптико-механическая промышленность. – 1958. – №1. – С. 53 – 58.
5. Голутвин Ю.М. Теплоты образования и типы химической связи в неорганических кристаллах. – М.: АН СССР, 1962. – 95 с.
6. Безбородов М.А. Вязкость силикатных стекол. – Минск: Наука и техника, 1975. - 352 с.
7. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. – М.: Стройиздат, 1979. – 360 с.
8. Роусон Г. Неорганические стеклообразующие жидкости: пер. с англ. – М.: ИЛ, 1970. – 322 с.

Раздел 5

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 338.3+658.562

Е.П. Фет

Карагандинский государственный индустриальный
университет, г. Темиртау, Казахстан

УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ НА КАЧЕСТВО ЧЕРЕЗ РЕАЛИЗАЦИЮ ПРИНЦИПОВ СМК НА ПРИМЕРЕ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Как известно, системы менеджмента качества, построенные по требованиям МС ИСО 9001, функционируют в соответствии с определенными принципами менеджмента качества [1].

Соответственно поход и разработка организационного механизма по управлению затратами на качество на любом предприятии, имеющем сертифицированную систему менеджмента качества, должен опираться на эти же восемь принципов, а именно: ориентация на потребителя; лидерство руководства; процессный подход; системный подход; принятие решений, основанное на фактах; вовлечение работников; постоянное улучшение; взаимовыгодные отношения с поставщиками.

В работе [2] авторами проанализированы причины неэффективности внедрения систем управления затратами на качество на промышленных предприятиях. В частности, отмечается, что одной из важнейших проблем является отсутствие единого универсального классификатора этих затрат. В настоящее время известно несколько классификаций затрат на качество: А. Фейгенбаума, Ф. Кросби, Э.Деминга, концепция TQM и другие.

При этом признаками классификации затрат могут быть:

- целевое назначение затрат;
- экономический характер затрат;
- возможность учета;
- стадии жизненного цикла продукции;
- отношение к производственному процессу;

- возможность оценки;
- объект формирования и учета и т.д.

На наш взгляд, дополнительными признаками классификации затрат могут являться принципы менеджмента качества, что, в свою очередь, будет способствовать и их практической реализации.

Авторами были изучены затраты на качество в прокатном производстве, проведена их идентификация, сбор и учет, а также классификация. На основании этого были разработаны и представлены в виде таблицы рекомендации по реализации принципов СМК при управлении затратами на качество. В таблице также приведены некоторые примеры затрат.

Реализация принципов менеджмента качества при разработке, внедрении и осуществлении процесса управления затратами на качество на примере прокатного производства

Принцип	Содержание принципа	Реализация принципов менеджмента качества в рамках управления затратами на качество	Примеры
1. Ориентация на потребителя	Организации зависят от своих потребителей и поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания	Цель управления затратами на качество связана с увеличением конкурентоспособности предприятия и ростом удовлетворенности ее потребителей. Управление затратами на качество способствует тому, что предприятия поставляют потребителю качественную продукцию, имеющую отличительные характеристики и полезные свойства при более низкой цене	Затраты на возмещение потерь от рекламаций; затраты, связанные с потерей клиента и рынка
2. Лидерство руководства	Руководители устанавливают единство цели и направления деятельности организации. Им следует создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач организации	Руководство должно способствовать распространению идеологии «качество без лишних затрат» на всех уровнях предприятия, быть инициатором и организатором процесса управления затратами на качество, а также принимать обоснованные решения по ее результатам	Затраты на анализ со стороны руководства результативности и эффективности СМК

Продолжение таблицы

Принцип	Содержание принципа	Реализация принципов менеджмента качества в рамках управления затратами на качество	Примеры
3. Принятие решений, основанное на фактах	Эффективные решения основываются на анализе данных и информации	На основе данных, полученных в процессе управления затратами на качество, должны разрабатываться и реализовываться эффективные управленческие решения по уменьшению потерь от несоответствующего качества, минимизации затрат на поддержание СМК (без ущерба для качества), увеличению эффективности самих затрат	Затраты на коррекцию и корректирующие действия; затраты на верификацию и валидацию; затраты на ремонт оборудования
4. Процессный подход	Желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом	В ходе управления затратами на качество акцент делается на определение и оценку данных затрат, возникающих в различных процессах предприятия. При этом само управление затратами на качество для наиболее эффективного осуществления должно рассматриваться как процесс	Затраты на управление процессным подходом
5. Системный подход	Выявление, понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системой вносят вклад в результативность и эффективность организации при достижении ее целей	Направления работы при управлении затратами на качество и его результаты играют определенную роль для организации как системы в целом, а также для составляющих ее процессов и уровней системы	Затраты на согласование входов и выходов процессов
6. Вовлечение работников	Работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности	Данный принцип реализуется путем определения лиц, выполняющих работу, связанную с осуществлением затрат на качество, и ответственных за общее руководство, координацию и гарантию того, что поставленные цели в данном направлении устанавливаются и достигаются; привлечением сотрудников к оценке затрат, связанных с обучением персонала и его мотивацией. Каждый сотрудник должен понимать значение управления затратами на качество как для успеха и роста предприятия, так и для каждого работника	Затраты на персонал (заработная плата, обучение, поощрение и т.п.)

Окончание таблицы

Принцип	Содержание принципа	Реализация принципов менеджмента качества в рамках управления затратами на качество	Примеры
7. Постоянное улучшение	Постоянное улучшение деятельности организации в целом следует рассматривать как ее неизменную цель	Постоянное совершенствование деятельности достигается в том числе и путем систематического осуществления процесса управления затратами на качество. Данные о затратах на качество, в свою очередь, влияют на процесс планирования и выбор новых целей по улучшению качества, соответствующих стратегическим целям предприятия, тем самым обеспечивая непрерывность процесса улучшения	Затраты на предупреждающие действия, модернизацию и реконструкцию
8. Взаимовыгодные отношения с поставщиками	Организация и ее поставщики зависят друг от друга, и отношения взаимной выгоды повышают способность обеих сторон создавать ценности	Оптимизация затрат и ресурсов при взаимодействии с поставщиками также достигается при непосредственном и систематическом осуществлении управления затратами на качество	Затраты на заключение договоров; командировочные расходы

Реализация рассмотренных принципов СМК в процессе управления затратами на качество позволит обеспечить повышение эффективности работы предприятия как в соответствующей области, так и в целом.

В заключение необходимо отметить, что в 2015 году планируется выход новой версии стандарта ISO 9001:2015, работа по подготовке которой началась в середине 2012 года. Версию 2015 года разрабатывали, в частности, для более удобного применения стандарта в сфере услуг, так как многие пользователи считали, что стандарт версии 2008 года ориентирован на промышленные предприятия [3].

В новой версии предусмотрено семь вместо восьми принципов менеджмента качества. Исключен пятый принцип – системный подход. Объясняется это тем, что он объединен с четвертым принципом – процессный подход. На наш взгляд, решение не совсем верное, потому как существует множество примеров использования процессного подхода и несистемно.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000 – 2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. Фет Е.П., Жабалова С.С. О некоторых проблемах внедрения системы управления затратами на качество // Материалы IX научно-практической конференции, София, 17–25 ноября. – София, 2013.
3. http://www.kpms.ru/Standart/ISO9001_2015_DIS.htm

УДК 658.58:657.3

Н.Т. Баскакова, С.В. Артемьева, О.А. Рыбина

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

В черной металлургии значение ремонтов металлургических агрегатов, ремонтного производства на предприятиях и их влияние на использование основных фондов особенно велико. Достаточно сказать, что в течение амортизационного периода капитальные ремонты металлургических агрегатов и оборудования порой требуют средств в несколько раз больше, чем их первоначальная стоимость.

Исходя из этого, можно сказать, что на всех металлургических предприятиях России весьма актуальна проблема организации и управления затратами на техническое обслуживание и ремонт (далее – ТОиР) основного технологического оборудования.

Рассмотрим организацию ремонтных работ на примере одного из ведущих предприятий черной металлургии – ОАО «ММК-МЕТИЗ».

Текущие (T_1 , T_2 , T_3) и капитальные ремонты механического оборудования и техническое обслуживание (ТО) осуществляются ремонтным персоналом цехов ОАО «ММК-МЕТИЗ» или ремонтным

персоналом подрядных организаций на основании заключенных договоров.

Учет затрат на ТОиР в ОАО «ММК-МЕТИЗ» ведется по следующим статьям:

- 1) *услуги сторонних организаций:*
 - услуги по сервису механического оборудования;
 - услуги ремонтного персонала подрядной организации на ремонт оборудования;
 - услуги специализированных сторонних организаций по ремонту и диагностике механического оборудования;
 - услуги подрядных организаций по восстановлению узлов и отдельных деталей;
- 2) *материалы для ремонта:*
 - запчасти и другие МПЗ на РЭН;
- 3) *заработная плата ремонтного персонала* со страховыми взносами для цехов ТОиР, который не передан подрядным организациям;
- 4) *сменное оборудование:*
 - расход сменного оборудования;
 - содержание сменного оборудования;
 - услуги по ремонту сменного оборудования.

Руководство работами по ремонту осуществляет начальник ремонта. Он несет персональную ответственность за проведение ремонта и допускает к его проведению подрядчика только при наличии:

- работы в месячном плане проведения ремонтных работ сторонними организациями, разработанных на основе утвержденного графика ТОиР;
- утвержденной сметы;
- утвержденной ведомости дефектов.

При заключении договора с подрядными организациями на проведение ремонтных работ ответственный по договору от предприятия определяет целесообразность применения материалов подрядчика. При использовании подрядчиком материалов, относящихся к сортаменту продукции, выпускаемой группой компаний ОАО «ММК», ответственный по договору обязан истребовать документы, подтверждающие законность приобретения материалов у предприятий-изготовителей для предотвращения оборота имущества, добытого с нарушением федерального законодательства.

Формирование стоимости ремонтных (подрядных) работ (услуг). Стоимость ремонтных работ определяется на основании сметы или протокола согласования цены.

Сметы составляются по формам, утвержденным Госстроем РФ. При составлении смет используется действующая в настоящее время система сметного нормирования и ценообразования, которая включает в себя:

- государственные сметные нормативы;
- территориальные сметные нормативы;
- отраслевые сметные нормативы;
- коэффициент удорожания.

Сметы составляются подрядные организации или Управление проектно-конструкторских работ (далее – УПКР) – по ремонту механического и энергетического оборудования и Управление капитального строительства и ремонтов (далее – УКСИР) – по ремонту зданий и сооружений на основании ведомости дефектов, составленной структурным подразделением-заказчиком.

Под видом работ понимается: капитальный или текущий ремонт механического оборудования; капитальный или текущий ремонт энергетического оборудования.

В ведомости дефектов указывается объект основных средств, его инвентарный номер, вид работ, описание установленных дефектов и неисправностей, объемы работ в физических величинах, перечень работ по устранению дефектов, оборудование и материалы.

Ведомость дефектов подписывается механиком (электриком) структурного подразделения (далее – СП), руководителем СП-заказчика и утверждается начальниками соответствующих служб по принадлежности.

Не позднее чем за 2 месяца до начала ремонта СП-заказчик направляет ведомость дефектов с сопроводительным письмом в УПКР для составления сметы.

Смета, составленная специалистами сметной группы УПКР, сметного бюро УКСИР по направлениям за месяц до начала ремонта, утверждается, подписывается и визируется. Далее смета с приложенной ведомостью дефектов и сопроводительным письмом СП-заказчика передается на утверждение главному инженеру. После утверждения один экземпляр копии сметы передается СП-заказчику, второй – в курирующую службу по принадлежности,

подлинный экземпляр сметы остается в сметной группе УПКР, сметном бюро УПКР по принадлежности и хранится 3 года.

При оформлении сметы наименование объекта, его инвентарный номер и вид работ должен соответствовать данным, указанным в ведомости дефектов.

СП-заказчик передает утвержденную смету подрядчику не позднее чем за месяц до начала ремонта.

Стоимость ремонтных работ может определяться протоколом согласования договорной цены, которая обосновывается конкурентной картой.

Порядок оформления ремонтных работ, выполненных подрядчиками. Ремонтные работы, выполненные подрядными организациями, оформляются следующими документами:

– Акт-отчет о расходовании полученных материалов при выполнении работ материалами заказчика;

– Акт о приемке-сдаче отремонтированных, реконструированных, модернизированных объектов ОС;

– Счет-фактура. Не допускается подписание Акта, если общая стоимость выполненных работ с учетом этого акта окажется выше сметной стоимости ремонта. Приемка работ в этом случае возможна лишь после составления и утверждения дополнительной ведомости дефектов и дополнительной сметы.

На основании данных Акта о приемке выполненных работ подрядной организацией заполняется Справка о стоимости выполненных работ и затрат.

Справка предусматривает отражение стоимости работ и затрат:

– нарастающим итогом с начала проведения работ, включая отчетный период;

– нарастающим итогом с начала года, включая отчетный период;

– за отчетный период.

При выполнении ремонтных работ подрядным способом с использованием материалов заказчика материально-ответственное лицо СП-заказчика передает материалы уполномоченному представителю подрядчику по Акту сдачи-приемки материальных ценностей на основании представленной доверенности. Прием и передача материалов подтверждается в акте подписями

материально-ответственного лица и представителя подрядной организации.

После окончания работ с использованием материалов заказчика представитель подрядчика составляет Акт-отчет о расходовании полученных материалов. Возврат неиспользованных материалов заказчика производится в соответствии с количеством материалов, полученных от заказчика и количеством материалов, указанных в Акте-отчете о расходовании полученных материалов.

Акт-отчет является основанием для списания фактически израсходованных материальных ценностей с материально-ответственного лица СП-заказчика, под отчетом которого они числятся. Неиспользованные материалы подлежат возврату.

При выполнении ремонтных работ без материалов заказчика в Акте о приемке выполненных работ после перечня работ производится запись: «Материалы заказчика не использовались». При этом в Акт включается полный перечень материалов подрядчика, их количество и стоимость.

Для оформления и учета приема объектов ОС из ремонта составляется Акт о приеме-сдаче отремонтированных, реконструированных, модернизированных объектов ОС.

Акт составляется на основании подписанного Акта о приемке выполненных работ, затем подрядчик выставляет заказчику счет-фактуру.

Материальные ценности (в том числе отходы), полученные при ремонте (демонтаже) ОС и подлежащие оприходованию, оформляются Актом об оприходовании материальных ценностей, отходов, лома драгоценных металлов. Акт составляется комиссией, назначенной распоряжением по структурному подразделению в одном экземпляре и предоставляется в ГБ.

Услуги подрядной организации и списание материалов, израсходованных на ремонтные работы, отражаются в том отчетном периоде, в котором они фактически произведены.

Запрещается проводить работы, не предусмотренные графиком ТОиР. При аварийных ремонтах ведомость дефектов и смета оформляется после устранения аварийной ситуации в течение 10 дней.

Существуют следующие **формы организации ремонта**:

1) *Децентрализованная* – ремонты проводятся силами цеховых ремонтных подразделений, а оборудование и запасные ча-

сти приобретаются. Данная форма ранее применялась на большинстве предприятий, но она имеет ряд недостатков. Выполнение всего объема работ основными производственными цехами не обеспечивало эффективного использования всех материальных и денежных ресурсов. Численность ремонтного персонала, как правило, устанавливали в зависимости от трудоемкости крупных ремонтов. Поэтому в период между ремонтами этот персонал не был полностью загружен. Механизация трудоемких работ была недостаточной.

2) *Централизованная* – ответственность за изготовление запасных частей и ремонт оборудования полностью возложена на службу главного механика. Ремонтный и дежурный персонал основных цехов осуществляет, главным образом, техническое обслуживание и мелкий ремонт оборудования.

На каждом крупном предприятии создаются специализированные цехи по ремонту металлургического, прокатного, литейного, горного и коксохимического оборудования. Ремонтные цехи снабжаются запасными частями цехами службы главного механика. Имеющийся в ремонтных цехах небольшой станочный парк используют для изготовления мелких деталей оборудования. Ремонты проводятся персоналом слесарей и монтажников ремонтного цеха с привлечением ремонтного персонала основного цеха, оборудование которого ремонтируется. Капитальные и трудоемкие текущие ремонты проводятся с привлечением ремонтников других цехов завода, а также сторонних ремонтных организаций.

3) *Смешанная* – часть ремонтных работ выполняется персоналом специализированных ремонтных цехов и трестов, а также подрядными организациями. Наряду с этим ремонты оборудования некоторых видов производит персонал основных производственных цехов. На предприятиях черной металлургии в настоящее время смешанная форма организации ремонта является преобладающей. Однако уровень централизации непрерывно повышается.

В настоящее время на российском рынке начинают использоваться такие формы организации ремонта, как:

1) *Аутсорсинг* (outsourcing) – в дословном переводе с английского языка означает привлечение внешних ресурсов для удовлетворения собственных потребностей.

В деловой практике этот термин применяется при размещении длительных заказов на получение от других предприятий необходимых услуг либо при передаче некоторых производственных функций на стороннюю фирму. В основном это устойчивые и длительные деловые связи заказчика с подрядчиком на основе контрактных соглашений. При этом подрядчик адаптирует свои производственно-технологические средства или научно-технический и интеллектуальный потенциал в интересах заказчика за оплату, определяемую сложившейся стоимостью услуг, а не долей в прибыли.

Концепция аутсорсинга, в основном, сформулирована в работах западных ученых. Одно из самых распространенных определений аутсорсинга, а также его основные положения дал Дж. Хейвуд. Среди известных зарубежных работ по аутсорсингу выделяются труды И. Ансоффа, Т. Питерса, Р. Аалдреса, Д. Траута, С. Клементса, М. Доннеллана. Преимущества и недостатки перехода на аутсорсинг изложены Э. Йорданом и Д. Дойлом. В российской экономической литературе данное понятие появилось только в конце 90-х годов XX столетия [1, 2].

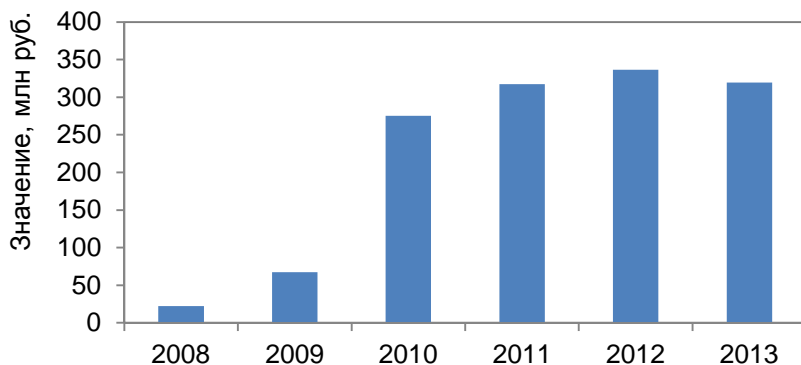
2) **Аутстаффинг** – это форма организации ремонта, сопряженная с передачей части штата работников в другую организацию, например, в кадровое агентство; одновременно происходит выведение работников за штат путем увольнения их в порядке перевода в кадровое агентство, которое заключает с ними трудовые договоры и выступает формальным работодателем при продолжении работниками трудовых отношений с организацией – прежним работодателем. Данная форма является относительно новой для нашей страны, в связи с чем не имеет законодательной базы и аналогов.

ОАО «ММК-МЕТИЗ» использует в своей деятельности аутсорсинг ремонтных работ с 2008 года. Среди сторонних организаций по оказанию услуг ремонтного характера в ОАО «ММК-МЕТИЗ» лидирующее положение занимает ООО «МАГУС» (95% от общего объема ремонтных работ).

ООО «Магнитогорские Услуги» («МАГУС») – сервисное предприятие, организованное на базе ремонтных цехов и служб ОАО «ММК-МЕТИЗ», специализирующихся на изготовлении электрического оборудования, оказании ремонтно-механических работ, изготовлении запасных частей для ремонта механического оборуду-

дования. ООО «МАГУС» организовано в декабре 2004 года для оказания клининговых услуг в ОАО «ММК-МЕТИЗ», в мае 2005 года организация начинает оказывать автотранспортные услуги, с августа 2009 года организация предлагает услуги по ремонту электрооборудования, металлообрабатывающего и основного оборудования цехов ОАО «ММК-МЕТИЗ».

При принятии решений о передаче ремонтных функций в руки компании – аутсорсера любой руководитель должен, в первую очередь, оценить экономический эффект данного перехода и исходя из проведенного анализа сделать соответствующие выводы. Так как ОАО «ММК-МЕТИЗ» заключил договор аутсорсинга с ООО «МАГУС» в 2008 году, можно провести оценку экономического результата за последние шесть лет. Динамика затрат на ремонт за 2008–2013 гг. представлена на рисунке и в таблице.



Динамика затрат на ремонт ОАО «ММК-МЕТИЗ» за 2008-2013 гг.

Оценка экономического результата перехода работ по ТОиР ОАО «ММК-МЕТИЗ» на аутсорсинг

Наименование	Базисные темпы роста, %					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Выручка от реализации	100,0	46,5	76,0	80,8	83,9	82,9
Себестоимость	100,0	50,6	77,0	82,2	82,9	81,5
Затраты на ремонт	100,0	304,5	12452,5	14353,0	15235,3	14448,0

В данном случае можно сказать, что переход на аутсорсинг не имеет должного эффекта, так как затраты на ремонт выросли в среднем в 7,7 раз. Конечно, это может быть вызвано и рядом других факторов, влияние которых трудно оценить.

Переход на аутсорсинг привлекает руководителей следующими *достоинствами* [4, 5]:

- прозрачность и оптимизация расходов на ремонт;
- уменьшение штата сотрудников ремонтных служб и затрат на его содержание;
- сокращение времени простоев оборудования;
- предоставление гарантий компанией – аутсорсером;
- повышение качества ТОиР.

Несмотря на существенные выгоды такой формы организации ремонтов, существуют также и *недостатки*:

- недостаточное качество оказываемых услуг в условиях низкой конкуренции;
- потеря контроля над производством ремонтных работ, а также утечка конфиденциальной информации;
- увеличение времени и трудности при организации внеплановых ремонтов;
- резкое увеличение документооборота.

Для организации оптимальной формы ремонтных работ необходимо тщательно проанализировать возможные результаты и последствия и руководствоваться следующими положениями [3]:

1) целесообразность применения аутсорсинга существует только на тех рынках, где представлено несколько фирм – конкурентов, оказывающих аналогичные услуги;

2) необходимо стремиться оплачивать не произведенные работы, а работоспособность оборудования после ремонта;

3) в любом случае на предприятии должен остаться небольшой штат ремонтников для выполнения оперативной и необременительной работы;

4) выводить на аутсорсинг целесообразно только самые сложные работы;

5) необходимо вовлекать как можно большее число сотрудников в обсуждение и реализацию перехода на аутсорсинг;

6) следует тщательно взвешивать каждое решение, которое хотите принять, потому что в таких делах спешка недопустима и влечет за собой серьезные последствия, порой весьма печальные для организации в целом.

Переход на аутсорсинг и аутстаффинг должен сопровождаться выделением «узких мест» в работе оборудования и технологического процесса в целом.

При определении «узких мест» и управлении затратами на ТОиР необходимо использовать современные методологии управления предприятиями, такие как теория ограничений и бережливое производство.

Использование теории ограничений требует составления таблиц приоритетности по определенному показателю. Таким показателем приоритетности является *поток прибыли*, равный разности цены и прямых затрат, умноженной на производительность «узкого места» при выпуске *i*-й продукции. Применение теории ограничений позволяет существенно увеличить прибыль предприятия.

С этой целью для каждого мероприятия по ТОиР рассчитывается продолжительность простоя «узкого места» из-за отсутствия этого мероприятия. Таблица приоритетности мероприятий по ТОиР составляется по критерию максимальных потерь [6–8]. В результате при составлении графиков ремонтов сокращаются мероприятия с наименьшим значением показателя приоритетности.

В настоящее время на многих металлургических предприятиях либо внедрено, либо внедряется бережливое производство. В его основе лежит, во-первых, стремление к снижению всех производительных потерь (потери, которые не являются необходимыми непосредственно для производства), которые обусловлены либо низкой надежностью узлов и деталей, либо несовершенством конструкции, либо недостатками в технологии и т.п., во-вторых, устранение непостоянства и, в-третьих, обеспечение гибкости деятельности предприятия.

Однако, наряду с большими достоинствами, бережливое производство имеет серьезный недостаток, связанный с тем, что задача управления производством разбивается на множество локальных задач, решая которые мы можем не получить глобального улучшения, так как не учитываем «узкие места» деятельности предприятия. Например, рост производительности вспомогательного оборудования в 2 раза не приведет ни к каким бы то ни было улучшениям, если это оборудование не является «узким местом».

И наоборот, определяя «узкие места», снижая их потери, концентрируя усилия по снижению простоев на «узком месте», можно увеличить продолжительность его работы, что позволит значительно

но снизить лимиты, установленные управлением экономики и получить весомый экономический эффект. Это доказывает целесообразность совместного использования теории ограничений и бережливого производства при бюджетировании и учете затрат на ТОиР.

Сравнивая бережливое производство и теорию ограничений можно сделать вывод о том, что эти два подхода успешно дополняют друг друга. В частности, теория ограничений фокусирует внимание на главном ограничении, а далее аппарат бережливого производства решает уже не множество локальных, а глобальную задачу.

Список литературы

1. Аникин Б.А., Рудая И.Л. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 288 с.
2. Аникин Б.А. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 187 с.
3. Баскакова Н.Т. Инновационные подходы в планировании ремонтов металлургического оборудования на основе теории ограничений: монография. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. – 133 с.
4. Розин М.В. Аутсорсинг ремонтов. За и против // Техническое обслуживание и ремонт. – 2011. – №7. – С.4–5.
5. Сидоров В.А. Аутсорсинг в ремонтном обслуживании производства. За и против // Техническое обслуживание и ремонт. – 2013. – №6. – С.4–7.
6. Совершенствование управления инновационным развитием производственных предприятий России: монография / Баскакова Н.Т., Симаков Д.Б., Пимонова Т.К., Баландина Т.А., Якобсон З.В. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. – 163 с.
7. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. – М.: Экономика, 2006. – 210 с.
8. Песин А.М., Салганик В.М., Жлудов В.В. Управление промышленным предприятием на основе теории ограничений: основы методологии и опыт использования. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. –199 с.

9. Баскакова Н.Т., Песин И.А. Совершенствование системы планирования ремонтов на основе теории ограничений // Литейные процессы. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2011. – Вып. 10. – С. 129–135.

УДК 574

З.М. Боброва, О.Ю. Ильина, Т.Ю. Зуева
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В г. МАГНИТОГОРСКЕ

«Комбинат всегда уделял и продолжает уделять большое внимание вопросам экологической безопасности производственных процессов и совершенствования системы управления охраной окружающей среды. В 2013 году, как и в предыдущие годы, приоритетные направления природоохранной деятельности оставались прежними – сокращение выбросов в атмосферу, защита водных ресурсов, утилизация промышленных отходов и рекультивация земель. Для решения этих задач на ММК была принята и реализуется Экологическая инвестиционная программа на период 2013–2015 гг.», – сообщает пресс-служба ОАО «ММК».

Федеральный закон об отходах производства и потребления определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую среду, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, размещению отходов.

В настоящее время известны способы обезвреживания, утилизации и ликвидации ТБО, представленные на схеме.

Процесс использования вторичного сырья превращен в большинстве стран в особого рода производственную деятельность, сектор бизнеса.

Главное в процессе рециклинга – селективный (избирательный) сбор, сортировка отходов и подразделение на категории. При разделении отходов по категориям выделяют:

- отходы, которые могут быть использованы для производства аналогичной продукции (стекло, бумага, металлы, пластмассы);
- отходы, содержащие опасные или особо ценные компоненты (аккумуляторы, батарейки, некоторые виды пластмасс).

Сепарация (разделение) определяет в большой степени успешность рециклинга. Внедрение предварительной сортировки позволяет вдвое сократить количество ТБО, направляемых на сжигание или захоронение. Так, во Франции в 2005 г. из макулатуры ТБО произведено до 56% бумаги.

Рециклизация предполагает двухступенчатую систему сбора и переработки, при которой отходы везут не на свалку, а на расположенные в черте города мусороперерабатывающие заводы (МПЗ). Там отходы сортируют, измельчают, уплотняют, прессуют, извлекают из них полезные материалы, а остатки направляют на свалки.

Вторичная переработка (реутилизация). Имеется много способов вторичной переработки различных типов мусора, причем постоянно предлагаются новые. К настоящему времени наиболее широко применяемые технологии таковы:

- извлеченную бумагу снова измельчают до состояния пульпы, из которой далее изготавливают различную бумажную продукцию; ее можно также перемалывать и продавать как целлюлозную изоляцию, измельчать и компостировать;
- стекло дробят, плавят и делают из него новую тару, дробят и используют вместо гравия или песка при производстве бетона и асфальта;
- пластмассу переплавляют и изготавливают из нее «синтетическую древесину», устойчивую к биодegradации и могущую использоваться как материал для различных ограждений, перил, столбов, настилов и других сооружений, эксплуатирующихся под открытым небом;
- металлы плавят и перерабатывают в различные детали; получение алюминия из лома позволяет экономить до 90% электроэнергии, необходимой для его выплавления из руды;
- старые покрышки переплавляют с последующим изготовлением новых резиновых изделий;
- текстиль измельчают и используют для придания прочности макулатурной бумажной продукции;
- пищевые отходы и садовый мусор компостируют с получением органического удобрения.



Способы обезвреживания и утилизации ТБО

Среди многочисленных подходов к решению проблемы в последнее время в развитых странах все большее внимание уделяют производству так называемых разлагаемых пластиков разного вида, которые, отслужив положенный срок в качестве упаковки или изделий другого назначения, затем разрушаются, так что горы пластиковой тары, казалось бы, должны таять на глазах.

Сегодня реализация государственной политики в сфере переработки отходов в соответствии с представленной схемой затруднена по нескольким причинам (причем, это касается переработки практически всех видов отходов независимо от их класса опасности и вида):

- несовершенная нормативно-правовая база;
- отсутствие единой информационной сети и базы данных по всем видам отходов, что затрудняет принятие правильных решений;
- недолжное исполнение и отсутствие контроля за исполнением уже существующих законов и иных нормативно-правовых актов;
- недостаточное финансирование работ.

Хотя количество размещаемых отходов (без пустой породы) увеличилось на 42 тыс. т (2,7%) и составило 1 609,8 тыс. т, удельное размещение отходов увеличилось на 6,2% по сравнению с 2012 годом и составило 150,9 кг на тонну металлопродукции.

Из анализа представленной схемы можно выявить недостаток внимания к таким направлениям, как неиспользование существующих способов рециклинга, отсутствие методологических разработок по внедрению технологии раздельного сбора ТБО, отсутствие экономической заинтересованности малого бизнеса подходов по созданию предприятий по переработке отдельных видов отходов 3–4 класса опасности. Функционирование на Урале 1–2 специализированных предприятий по обезвреживанию люминесцентных ламп можно рассматривать как первый шаг в решении этих проблем, однако, по массе и объему все возрастающий вклад в проблему накопления отходов вносят пластиковая тара и упаковка, стеклопосуда и др.

По информации пресс-службы ОАО «ММК» для реализации целей Экологической политики предприятия ежегодно устанавливаются целевые экологические показатели по системе экологического менеджмента (СЭМ). В разрабатываемых экологических программах комбината выделяются следующие направления деятельности:

- достижение значений ключевых показателей эффективности СЭМ, связанных с выполнением нормативов предельно допустимых выбросов и сбросов на уровне около 92%, а показателя «Рекультивация земель, нарушенных ведением хозяйственной деятельности ОАО «ММК» – на уровне 8%;
- уменьшение удельного выброса пыли на тонну выплавляемой стали;
- увеличение доли использования образующихся в производстве железосодержащих отходов до 80%;
- переработка отвальных шлаков 3 очереди в количестве 3,5 млн т;
- строительство полигона для размещения отходов 3 класса опасности.

Насущной необходимостью для большинства городов и сел РФ, в том числе и для Магнитогорска, являются:

1. Разработка и внедрение технологии раздельного сбора различных видов отходов.
2. Своевременный вывоз и их транспортировка.
3. Экономическое стимулирование предприятий малого бизнеса по переработке конкретных видов отходов, по использованию отхода в качестве сырья для получения товарной продукции.
4. Вовлечение отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

УДК 658.58:657.471

Н.Т. Баскакова, О.А. Рыбина, С.В. Артемьева

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

К ВОПРОСУ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Успешное управление металлургическим предприятием невозможно без эффективной организации работы по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР).

Проблемы бюджетирования ремонтов в условиях металлургического предприятия занимают особое положение и играют специфическую роль. При этом необходимо учитывать, что особенности металлургического предприятия, такие как прямая зависимость качества выпускаемой металлопродукции от состояния и надежности работы оборудования; существенные потери из-за брака и unplanned (аварийных) простоев агрегатов; уникальность, высокая стоимость агрегатов и достаточно продолжительный нормативный срок службы (до 25 лет), связаны с высокими затратами на ТОиР и снижением качества металлопродукции на предельных сроках эксплуатации и др.

Эти особенности металлургического производства существенно повышают важность и необходимость эффективного бюджетирования ремонтов и делают тему исследования актуальной.

Основой эффективной и безаварийной работы оборудования являются:

- эксплуатация оборудования, основанная на соблюдении технологических режимов, паспортных характеристик оборудования, руководств (инструкций) по эксплуатации или других документах;
- анализ технического состояния оборудования;
- выполнение систематического технического обслуживания оборудования в межремонтный и межсервисный период;
- диагностическое и прогностическое обслуживание оборудования;
- деятельность, направленная на выявление и устранение причин, приводящих к отказам и внеплановым остановкам оборудования, включая ТОиР.

Немаловажную роль в решении всех вышеперечисленных проблем играет бюджетирование затрат на ТОиР, что является на сегодняшний день актуальной проблемой для экономистов металлургических предприятий.

Сверхвысокая интенсивность использования оборудования, сверхвысокие сроки эксплуатации, а также ограниченность выделяемых на ТОиР денежных средств также делают работу по оптимизации бюджетирования чрезвычайно актуальной.

В ОАО «ММК-МЕТИЗ» бюджетирование было введено в 1998 году. Методология бюджетирования строится на встречном

планировании (проекты бюджетов разрабатываются подразделениями с последующей корректировкой службами аппарата управления). Порядок проектирования бюджетов регламентируется соответствующими положениями (инструкциями).

За каждым центром финансовой ответственности закреплен определенный бюджет. Таким образом, руководители каждого структурного подразделения формируют и исполняют свои бюджеты, являясь непосредственными участниками бюджетного процесса.

Немалую часть бюджета предприятия составляет бюджет ремонтов, так как затраты на поддержание работоспособности оборудования, на его техническое обслуживание и ремонт являются одной из самых существенных статей затрат любого металлургического предприятия.

В ОАО «ММК-МЕТИЗ» предусмотрен следующий порядок формирования «Бюджета ремонтов».

Управление экономики (далее – УЭ) разрабатывает и направляет в службу Центра технического обеспечения производства (далее – ЦТОП) лимит затрат на ремонты на планируемый год в целом по заводу, исходя из стратегии развития и финансового состояния предприятия в срок до 1 сентября года, предшествующего планируемому.

На основе годовых планов и лимитов УЭ служба ЦТОП формирует «Бюджет ремонтов» на планируемый год помесечно отдельно по структурным производственным подразделениям в срок до 1 октября года, предшествующего планируемому периоду.

В случае отсутствия производственной программы на планируемый год сроки предоставления лимитов и «Бюджета ремонтов» могут быть перенесены приказом по заводу.

После утверждения бюджета общества Советом директоров, УЭ направляет начальнику ЦТОП скорректированный лимит в части бюджета затрат на ремонты для изменения и утверждения годового графика ремонтов и «Бюджета ремонтов» на планируемый год. Начальник ЦТОП утверждает «Бюджет ремонтов» в течение 30 рабочих дней после утверждения бюджета общества советом директоров.

Планы ремонтов на месяц составляются соответствующими подразделениями: Управлением главного механика (далее – УГМ), Управлением главного энергетика (далее – УГЭ) и Отделом реконструкций зданий и сооружений (далее ОРЗиС) на основе годовых

планов работ и ежемесячных заявок цехов. В план на месяц могут включаться (при необходимости) ремонты, не предусмотренные годовым планом с разрешения начальника ЦТОП.

Ежемесячно за 36 дней до планируемого месяца УЭ направляет в адрес начальника ЦТОП лимиты в целом по заводу на материалы и услуги сторонних организаций в соответствии с утвержденным «Бюджетом ремонтов».

Служба ЦТОП в срок до 5-го числа месяца, предшествующего планируемому, распределяет лимиты на материалы и услуги сторонних организаций по цехам и направляет в УЭ для внесения в Корпоративную информационную систему (далее – КИС) и структурные подразделения.

Для формирования бюджета потребности в материалах и запчастях цеха на ремонтно-эксплуатационные нужды, содержание и ремонт основных производственных фондов структурные подразделения заносят заявки в КИС согласно выделенному лимиту и статьям затрат.

Для формирования бюджета услуг сторонних организаций по ремонтам ответственные в УГЭ, УГМ и ОРЗиС заносят в КИС в соответствии с лимитом, утверждают и направляют в УЭ заявки на работы и услуги сторонних организаций согласно регламенту планирования бюджета доходов и расходов.

Основная проблема такого планирования заключается в том, что всегда установленные денежные лимиты значительно меньше, чем требуемые суммы на включение всех работ в план ТОиР. И соответственно возникает проблема выбора установки приоритетов, какие работы включать план ТОиР, а какие нет.

Главным недостатком данного вида бюджета является то, что он составляется раз в год и в дальнейшем не допускается внесение изменений, хотя изменения объемов выпуска продукции и увеличения загрузки оборудования могут сильно повлиять на его износ и, следовательно, на необходимость внеплановых ремонтов.

Главными принципами бюджетирования на металлургическом предприятии должны быть:

- 1) *Прозрачность* – это четкое определение видов запланированных работ, объектов, нуждающихся в ТОиР и стоимости эти работ.

2) *Обоснованность* – это оптимальный выбор между затратами на ТОиР для поддержания оборудования в рабочем состоянии и возможными потерями в случае его отказа.

Консультационная компания ПАКК [1] предлагает следующие методики формирования бюджета ремонтов:

- *пообъектное планирование бюджета ремонтов;*
- *привязка затрат на ремонт к фактической загрузке оборудования;*
- *оценка рисков невыполнения ремонтов и система принятия решений на основе рисков.*

Рассмотрим каждую методику.

1. Пообъектное планирование бюджета ремонтов подразумевает оптимизацию способов определения и размера бюджета ремонтов:

а) Существуют следующие *способы определения бюджета ремонтов*:

- расчет бюджета ремонтов общей суммой на уровне всего предприятия как функции от одного или нескольких показателей (например, расчет бюджета ремонтов от фактических расходов на ремонт предыдущего периода, скорректированных на коэффициент инфляции);
- определение затрат на ремонт в рамках бюджетного процесса как процента от годового дохода предприятия;
- привязка бюджета ремонтов к прогнозируемой загрузке производственных мощностей.

Все вышеперечисленные методы не позволяют руководителю определить оптимальный вариант сокращения затрат на ремонт, так как они не подразумевают рационального распределения ресурсов для поддержания работоспособности оборудования, и руководитель зачастую просто не понимает за счет чего происходит экономия.

Еще одной проблемой в данном случае является то, что работы по ТОиР производятся размеренно по мере возникновения необходимости, но в конце планового периода может возникнуть ситуация, которая не допускает переноса на следующий год, а средства на ремонт уже израсходованы.

б) *Размер бюджета ремонтов* складывается из затрат на ремонт конкретного оборудования в несколько этапов:

- определение перечня и сроков ремонта оборудования;

- определение физических объемов ремонтов и обоснование их необходимости;
- составление смет по данным физическим объемам на основании нормативов их ресурсоемкости и реальной стоимости требуемых ресурсов;
- отбор в годовую программу ремонта наиболее критичных работ, совокупная стоимость которых и определяет размер бюджета ремонтов.

Так, в ОАО «ММК-МЕТИЗ» из совокупных затрат на ремонт в 2013 году 26,1% приходится на калибровочно-прессовый цех и 61,2% приходится на ТОиР механического оборудования. Следовательно, можно сделать вывод о том, что в КПЦ расположены капиталоемкие металлургические агрегаты, что позволяет назвать КПЦ «узким местом» данного предприятия.

При определении «узких мест» и управлении затратами на ТОиР необходимо использовать современные методологии управления предприятиями, такие как теория ограничений и бережливое производство.

Для использования методики пообъектного планирования бюджета ремонтов необходимо накопление достоверной статистики о неисправности оборудования и проведения его ремонтов.

Достоинством пообъектного планирования ремонтной программы является возможность:

- анализировать эффективность затрат на ремонт;
- сократить совокупную стоимость владения оборудованием (сколько действительно стоит поддержание работоспособности каждого конкретного объекта; что выгоднее: отремонтировать или заменить; как лучше выполнять ремонт: хозяйственным способом или привлекая подрядчиков; как изменится стоимость владения оборудованием при изменении схемы ремонтного обслуживания и т.д.);
- гибко управлять ремонтной программой по срокам, объемам работ и общему объему бюджета ремонтов;
- обеспечить взаимосвязь планов ремонта и планов закупки товарно-материальных ценностей под ремонт (повышается обоснованность закупки, сокращаются остатки на складах, предотвращаются срывы сроков выполнения ремонта по причине отсутствия ТМЦ);
- осуществить взаимоувязку планов ремонта, производственных и финансовых планов.

2. Привязка затрат на ремонт к фактической загрузке оборудования. Данная методика требует соблюдения следующих условий:

- планирование пообъектной загрузки оборудования в соответствии с прогнозом объемов производства продукции;
- определение величины эффективной наработки на отказ основного металлургического оборудования на основе статистики отказов оборудования и истории его ремонта;
- внедрение пообъектного планирования ремонтной программы;
- определение даты вывода оборудования в ремонт, исходя из фактической наработки на отказ его узлов и элементов при различных сценариях загрузки оборудования.

Данная методика позволяет перевести расходы на ТОиР из категории постоянных затрат в категорию переменных.

3. Оценка рисков невыполнения ремонтов и система принятия решений на основе рисков.

При отсутствии проведения своевременного ремонта может возникнуть необходимость внепланового ремонта либо, при худшем стечении обстоятельств, аварийная ситуация.

В случае проведения внепланового ремонта возникают следующие риски:

- увеличение стоимости ремонта;
- увеличение длительности простоя оборудования в ремонте;
- отсутствие или снижение выпуска продукции по заказам;
- потери сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и т. д.

При возникновении *аварийной ситуации* ко всему вышеизложенному добавляются риски возникновения дополнительных повреждений данного оборудования либо смежных объектов, экологические риски, риски нанесения ущерба здоровью и жизни людей и т.д.

Как правило, стоимость бюджета ремонтов превосходит финансовые возможности предприятия, и в этом случае возникает необходимость принятия решения об отказе от части работ. Для этого необходимо уметь грамотно оценивать возможные риски и упущенную выгоду предприятия.

Таким образом, использование вышеназванных методик в ремонтном хозяйстве металлургического предприятия и, в частности литейных заводов, позволяет оптимизировать затраты на ТОиР.

В результате внедрения предлагаемых методик ограниченные ресурсы на ТОиР используются наиболее эффективно. Применяя эти методики, руководитель ремонтной службы должен четко понимать, какое оборудование является «узким местом» для данного предприятия и ни в коем случае не допускать экономии средств на его ремонте, а какое является взаимозаменяемым и может подождать с ремонтом.

Список литературы

1. Баскакова Н.Т. Подсистема СМК планирования ремонтов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. – 2009. – №3. – С.55–57.
2. Баскакова Н.Т., Песин И.А. Совершенствование системы планирования ремонтов на основе теории ограничений // Литейные процессы. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – Вып. 10. – С. 129–135.
3. Подсистема менеджмента качества планирования ремонтов как рычаг роста конкурентоспособности металлопродукции / Песин А.М., Шмелев В.А., Баскакова Н.Т., Бойко Д.А., Леднева Г.А. // Сталь. – 2011. – №1. – С.79–84.
4. Романенко С.Е., Кондратьев Е.В. Прозрачность и обоснованность затрат на ТОиР // Техническое Обслуживание и Ремонт. – 2011. – №4. – С.5–7.
5. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. – М.: Экономика, 2006. – 210 с.
6. Песин А.М., Салганик В.М., Жлудов В.В. Управление промышленным предприятием на основе теории ограничений: основы методологии и опыт использования. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. – 199 с.

И.А. Пугачёв, А.А. Халяпин

Липецкий государственный технический университет (ЛГТУ)

СКМ ЛП LVMFLOW – ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение

На сегодня известно более десятка систем компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП). Из всего этого многообразия ЛГТУ имеет действующие лицензии на два отечественных программных продукта – «LVMFlow», «Полигон» и иностранный – «ProCAST». В настоящей работе рассматривается опыт освоения и практического применения программного пакета LVMFlow.

Возможности системы и практика применения

СКМ ЛП LVMFlow предоставляет широкие возможности моделирования различных видов и способов литья на обычных персональных компьютерах и при этом обеспечивает достаточно высокую производительность за счет поддержки многопроцессорных и многоядерных платформ. В основе математической модели LVMFlow лежит метод контрольных объемов (КО). Метод предполагает учет условий баланса рассчитываемых физических величин, а также геометрических параметров, описывающих моделируемый объект, и позволяет с необходимой степенью точности описать физику процессов, протекающих в отливке.

В процессе обучения студенты успешно осваивают моделирование следующих способов и видов литья – литье в песчано-глинистую форму; литье по выплавляемым моделям; литье в кокиль; в изложницу; литье под высоким давлением; литье под низким давлением. При этом они моделируют следующие физические процессы, протекающие в отливке – заполнение формы металлом; расчет температурных полей; расчет поля жидкой фазы; расчет поля скоростей; расчет конвективных потоков; расчет поля давлений; расчет сегрегации (хим. неоднородность); расчет усадочных

дефектов; расчет напряжений и деформаций; расчет параметров циклического процесса при литье в постоянные формы.

В основу работы LVMFlow положен модульный принцип.

Модуль «3D конвертер» используется для преобразования трехмерных твердотельных моделей отливок, созданных в CAD-системах и записанных в формате STL, во внутренний формат SVG пакета. При этом можно использовать любую систему твердотельного моделирования – AutoCAD, SolidWorks, AutodeskInventor, SolidEdge, Компас 3D и т.п.

Модуль «Начальные условия» является препроцессорным модулем. В нем формируется сетка КО модели, задаются материалы литейной формы и отливки, начальные и граничные условия теплофизических параметров, условия заливки, параметры Решателя и пр.

Модуль «Моделирование» является модулем Решателя системы LVMFlow. Модуль состоит из подмодулей: «Затвердевание», «Течение», «Полная задача». «Затвердевание» позволяет моделировать процесс затвердевания отливки в форме, заполненной металлом, без учета гидродинамики. «Течение», наоборот, позволяет моделировать гидродинамические процессы при заполнении формы жидким металлом без учета затвердевания. «Полная задача» – совместно моделируются процессы заполнения полости отливки расплавом с учетом тепловых потоков и затвердевания расплава с последующим расчетом дефектов усадочного происхождения.

Модуль «Банк Паспортов» является постпроцессорным модулем и служит для визуализации результатов расчетов.

Практику применения и основные этапы моделирования в программном комплексе LVMFlow проиллюстрируем на примере реальной отливки «Тройник с пожарной подставкой» (далее «Тройник») по номенклатуре ОАО «Свободный сокол», г.Липецк (рис. 1). Согласно информации технического отдела завод данная отливка характеризуется высоким уровнем брака по усадочным дефектам. Места локализации дефектов в основном сосредоточены в верхнем боковом фланце – на фото выделено овалом. На первом этапе было решено сначала промоделировать существующую заводскую технологию, чтобы оценить степень соответствия математической модели пакета реальности. А на втором, проанализировав полученные результаты, внести обходимые технологи-

ческие изменения для снижения уровня брака по усадочным дефектам.

3D-модель отливки «Тройник» с литниково-питающей системой была создана в CAD-системе SolidWorks (рис.2) и хранена в формате STL. Файл STL экспортирован в модуль «3D конвертер», где был преобразован во внутренний формат CVG кета LVMFlow. В этом же модуле была выполнена ориентация детали в пространстве относительно вектора гравитации – ось Z.



Рис. 1. Отливка «Тройник с пожарной дставкой»

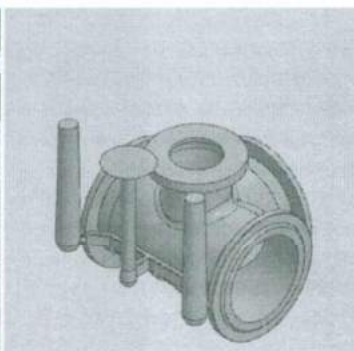


Рис. 2. 3D-модель отливки «Тройник» с литниково-питающей системой

Затем в модуле «Начальные условия» на модели была создана сетка КО (рис. 3); назначены материалы формы и отливки, а также начальные и граничные условия системы и «литниковая точка», т.е. место подвода расплава в форму. В соответствии с технологической картой завода в качестве материала отливки принят высокопрочный чугун марки ВЧ40 с температурой заливки расплава 1470°C; в качестве материала формы – ХТС на основе кварцевого песка с начальной температурой 20°C.



Рис. 3. Сетка КО

После задания всех необходимых параметров в модуле «Полная задача» было выполнено моделирование с расчетом следующих параметров литья - изменение температурных полей, скорости течения расплава в форме, изменение давления, расчет затвердевания и усадки, определение наиболее вероятных мест появления пористости в отливке. Всю динамику изменения перечисленных параметров можно наблюдать на экране монитора компьютера непосредственно в процессе расчета. На рис. 4 представлены некоторые результаты моделирования процесса заполнения формы в режиме визуализации температурных полей.

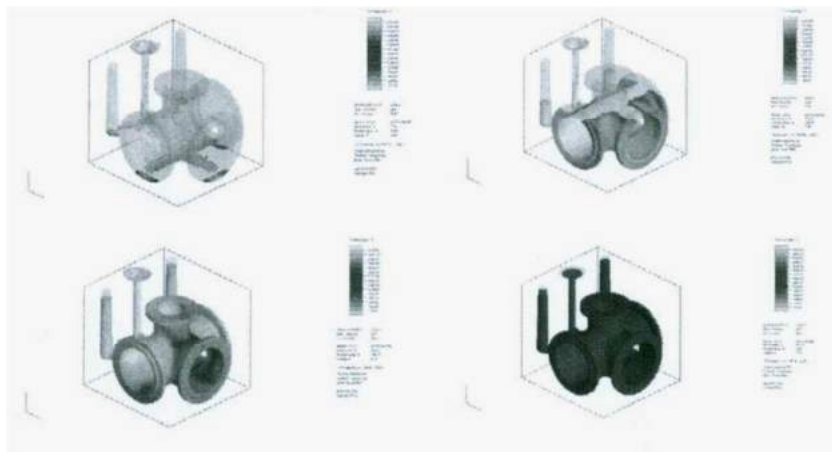


Рис. 4. Моделирование заполнения формы по существующей технологии

На рис. 5 – места наиболее вероятного появления усадочных дефектов. Результат моделирования существующей технологии показал, что характер и места расположения усадочных дефектов хорошо коррелируют с информацией, полученной от специалистов завода «Свободный сокол». Из чего можно сделать вывод, что степень соответствия математической модели пакета LVMFlow реальности достаточно высока.

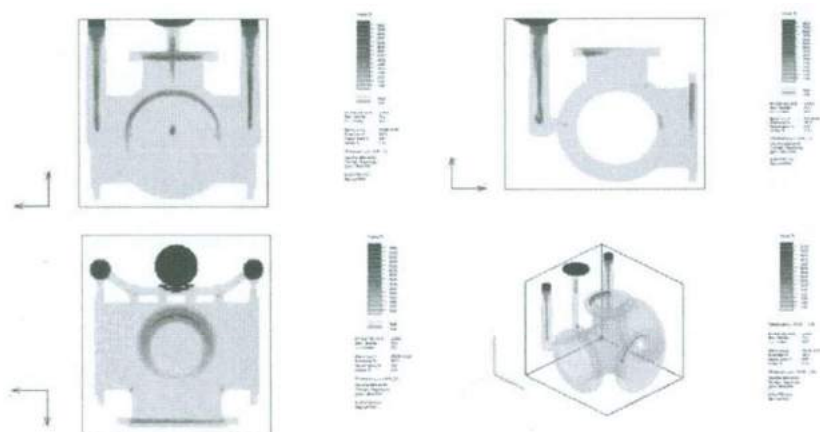


Рис. 5. Усадочные дефекты

Дальнейший анализ полученных результатов позволил предположить, что появление усадочных дефектов в верхнем боковом фланце связано с недостатком питания отливки в процессе затвердевания, вызванного малым гидростатическим напором в этом месте. Было сделано также предположение, что если повернуть отливку на 180 град относительно горизонтальной оси, с тем чтобы «проблемный» фланец располагался в нижней части формы, то увеличение гидростатического напора улучшит питание этой области отливки и позволит значительно сократить, а возможно, и полностью исключить появление усадочных дефектов.

Это предположение было решено проверить на модели. На рис. 6 представлена 3D-модель отливки «Тройник», отливаемая по новой технологии; на рис.7 – результаты моделирования процесса заполнения формы, а на рис. 8 – поля усадки.

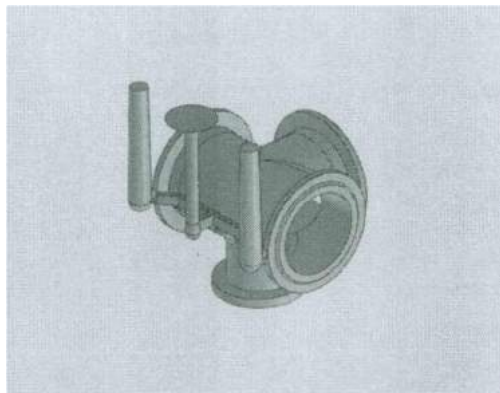


Рис. 6. 3D-модель отливки «Тройник» по новой технологии

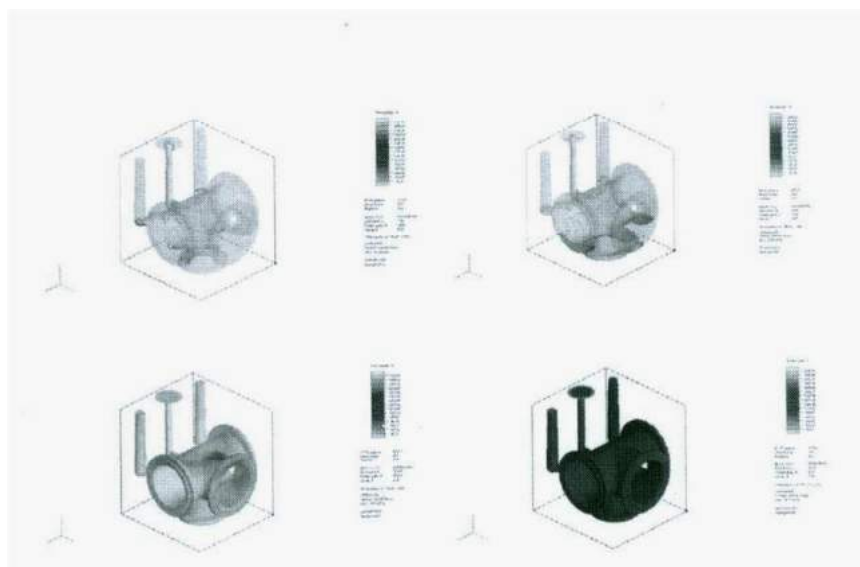


Рис. 7. Моделирование заполнения формы по новой технологии

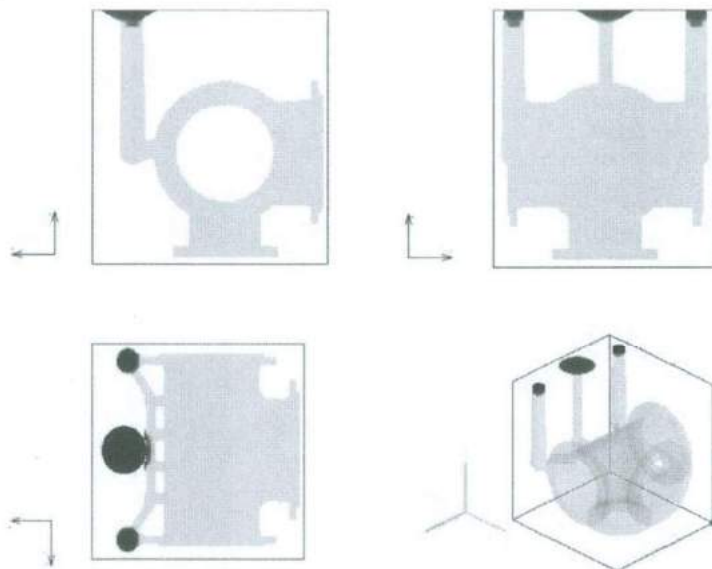


Рис. 8. Усадочные дефекты в отливке

Как показали результаты моделирования, усовершенствованная технология позволяет получить отливку с минимальными усадочными дефектами и существенно сократить время отработки техпроцесса без дополнительных «натурных» испытаний методом «проб и ошибок». Результаты моделирования переданы специалистам завода для практического применения и изменения технологии отливки «Тройник с пожарной подставкой» в производственных условиях. Кроме того, были получены необходимые данные о скорости охлаждения, кинетике затвердевания различных областей отливки, о распределении температурных полей в отливке и форме. В дальнейшем эти результаты планируется использовать в качестве исходных данных для моделирования таких процессов, как напряженно-деформационное состояние, расчет структурных составляющих, определение мест возможного размыва формы и т.д.

Выводы

Простота и интуитивно понятный интерфейс программного комплекса СКМ ЛП LVMFlow позволяют легко осваивать работу с

ним даже студентам, претендующим на получение степени бакалавра.

Вместе с тем система математических моделей, положенных в основу работы программного комплекса, позволяет с достаточной степенью точности описывать различные литейные процессы и успешно применять его не только в академических целях, но и моделировать получение отливок в условиях реального производства.

УДК 658.58:657.471

Н.Т. Баскакова, С.В. Артемьева, О.А. Рыбина

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Повышение уровня эффективности ремонтного производства на металлургических предприятиях и на этой основе лучшее и полное использование металлургических агрегатов, а следовательно, и основных фондов является весьма актуальной проблемой.

В последние годы заметно возросли масштабы и глубина исследования экономических и организационных проблем ремонтного производства и предприняты некоторые практические меры по совершенствованию организации и повышению эффективности ремонтных работ во всех отраслях промышленности, в том числе и черной металлургии.

При этом следует иметь в виду, что в современных условиях сложную и многогранную проблему эффективности ремонта металлургических агрегатов необходимо решать не с позиций осуществления отдельных организационных, технических и экономических мероприятий, а комплексно, во всей взаимосвязи определяющих факторов. Тем не менее, эффективность использования средств на проведение ремонтов и техническое обслуживание оборудования для поддержания его в работоспособном состоянии все еще не является предметом систематического изучения. Вопросам надежности и долговечности оборудования не уделяется

должного внимания при проектировании, производстве и эксплуатации металлургических агрегатов и машин.

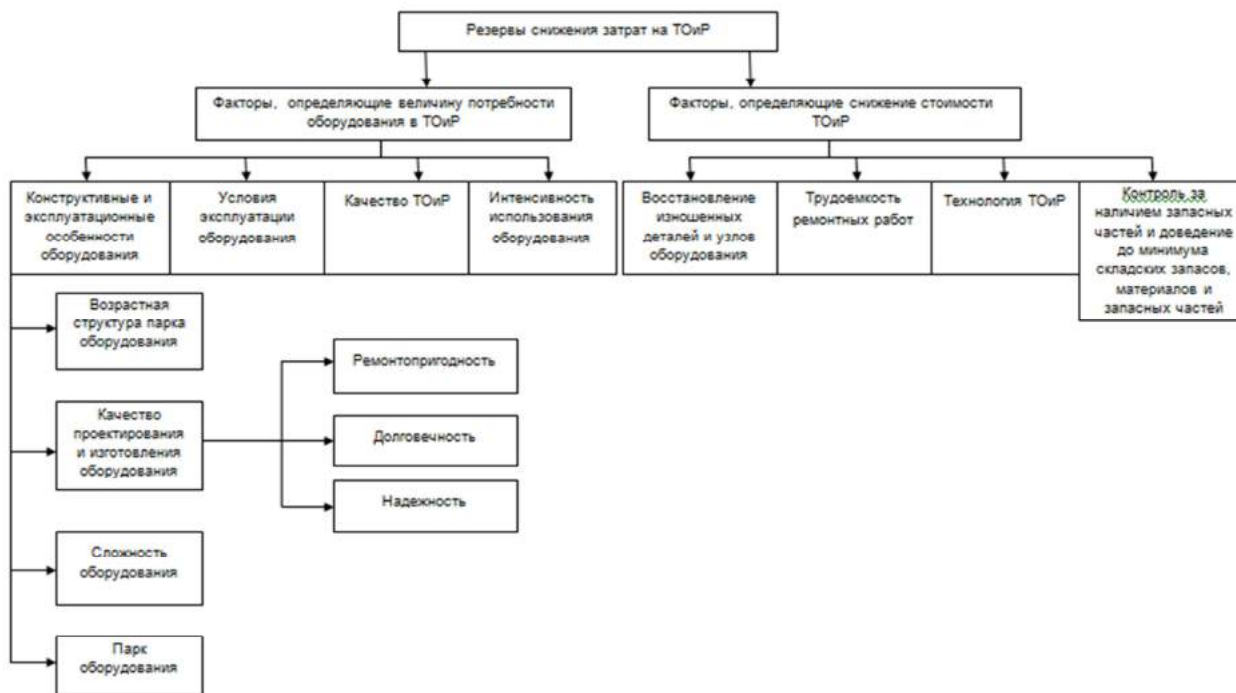
На сегодняшний день главной проблемой, возникающей перед экономистами промышленных предприятий, является возможность минимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования. Решая эту проблему, в первую очередь на ум приходит как можно большее сокращение затрат, что само по себе в корне неправильно. Здесь уместней употреблять словосочетание «оптимизация затрат». Для ее осуществления необходимо выявить существующие на предприятии резервы снижения затрат, что связано, в первую очередь, с совершенствованием системы технического обслуживания и ремонта оборудования и снижением издержек производства в разумных пределах. Последнее определяется технико-экономическими и организационными условиями работы металлургического предприятия и может достигаться, во-первых, за счет уменьшения потребности оборудования в ремонте и, во-вторых, за счет снижения прямых затрат на ТОиР (см. рисунок).

Для оценки эффективности как проведения, так и затрат на техническое обслуживание и ремонты оборудования, необходимо проанализировать выполнение плана путем сравнения плановых затрат с их фактическим уровнем, что и делают в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

Это простейший способ, к тому же в связи с ним возникает достаточно много упущений, связанных, в первую очередь, с тем, что фактические данные зачастую несопоставимы с плановыми, так как учет и планирование затрат ведутся в различных разрезах статей затрат и других характеристик. Можно предположить, что ни о каком углубленном и подробном анализе здесь речь не идет.

Может произойти даже так, что суммарные годовые затраты на ТОиР по факту и по плану будут различаться на весьма солидные суммы, а назвать и объяснить причины этого несоответствия не сможет даже главный механик, который непосредственно занимается ремонтами, что уж говорить об экономистах, функции которых заключаются только в расчете агрегированных показателей затрат.

Еще одной существенной проблемой, возникающей при оценке эффективности затрат на ТОиР, является отсутствие единой автоматизированной системы по планированию и учету затрат, которая бы изначально приводила их в сопоставимый вид и позволяла проводить анализ выполнения плана и уровня затрат более оперативно и действенно.



Резервы снижения затрат на ТОиР оборудования

Для решения этой проблемы целесообразно ввести информационные системы для автоматизации ТОиР, которая позволит также снизить риски выхода из строя критически важного оборудования, повысить качество его обслуживания, снизить периоды простоя, увеличить производительность ремонтных работ, сократить складские запасы, а также уменьшить число случаев аварийных работ.

В процессе реализации проекта составляются технологические карты по ТОиР, которые содержат последовательность операций при каждом цикле обслуживания, их частоту, необходимые материалы, нормативы, персонал и т.п. Далее, в зависимости от них происходит планирование ремонтов, а информационные системы агрегируют всю информацию, упрощают и ускоряют внутренние согласования, помогают принимать решения о ремонтах и проводить контроль их выполнения, дают возможность анализировать и совершенствовать внутренние процессы.

Для создания такой информационной системы, в первую очередь, необходимо провести паспортизацию и создать базу данных оборудования, из которой в дальнейшем можно будет извлечь информацию о том, какое оборудование находится в наличии на предприятии, в каком количестве, какова доля старого оборудования, степень его изношенности и многое другое. Хорошо поставленный учет оборудования самостоятельно влечет за собой позитивный эффект в организации ТОиР, а в сочетании с налаженным мониторингом технического состояния оборудования позволит получать данные о простоях, инцидентах, авариях и затратах на ремонт для разных типов оборудования, что позволит оперативно обнаруживать узкие места в организации ремонтов. Проекты паспортизации обычно занимают 6–8 месяцев в зависимости от степени детализации технических объектов и от того, как нужно представить структуру оборудования.

При принятии решения о переходе на новый уровень управления процессами ТОиР возникает проблема выбора системы. Она вытекает из того, что в черной металлургии России такие проекты слабо развиты и отсутствуют соответствующие опыт и знания у специалистов.

Возможны два варианта решения:

1) Если на предприятии уже внедрена ERP-система или ее внедрение планируется, то лучше использовать соответствующий

модуль для автоматизации ТОиР того же производителя. В России металлургическая промышленность в большинстве случаев прибегает к продукции компании SAP.

2) Если на предприятии нет развитой ERP-системы или же соответствующий модуль к ней не прилагается, можно выбрать специализированные системы управления основными фондами (ЕАМ), которые предоставляют широкие возможности для реализации процессов ТОиР.

Несмотря на то, какому варианту будет отдано предпочтение, не стоит забывать, что к проекту стоит привлекать квалифицированного партнера, который не только предоставит программное обеспечение, но и обеспечит поддержку функционирования внедренной системы, а также не откажет в консультациях. Партнер также должен иметь опыт разработки методологического обеспечения и нормативных документов. Все это в сочетании с заинтересованностью руководства предприятия служит гарантией успешного внедрения системы автоматизации и ее эффективного применения в будущем [1].

Внедрив систему автоматизации ТОиР, можно переходить непосредственно к анализу эффективности затрат. Для этого целесообразно применять обобщающий показатель, который позволит сравнить рост производительного эффекта, под которым понимаются результаты работы, достигнутые основным производством за счет совершенствования планирования, организации проведения ремонтных работ и управления ими, и затраты по ремонтному производству на его достижение.

Все обобщающие показатели, встречающиеся в литературе, можно разделить на 2 группы:

1) Показатели, в которых фигурирует прибыль ремонтного производства (например, уровень рентабельности, условный коэффициент рентабельности, рентабельность). Все эти показатели применимы к анализу тех ремонтных производств, которыми планируется прибыль.

2) Учитывают затраты ремонтного производства и время простоя оборудования в ремонте (сумма дополнительного выпуска продукции за счет сокращения простоев оборудования в ремонте и сокращения текущих затрат на ремонт, произведение коэффициентов времени простоя оборудования в ремонте и затрат на ремонтные работы).

Эффективность ремонтного производства характеризуется следующими группами показателей:

- 1) технический уровень ремонтного производства;
- 2) организация и управление ремонтным производством;
- 3) качество и затраты на ремонтные работы.

Основными показателями деятельности ремонтной службы являются себестоимость, трудоемкость и качество ремонта, простои оборудования в ремонте, а также производительность труда ремонтных рабочих.

Комплексный анализ и оценка эффективности ремонтного производства должны охватывать технико-организационный уровень и затраты на ремонтные работы, а также их влияние на экономические показатели предприятия. Наиболее полно отражает работу ремонтного производства с экономической точки зрения такой показатель, как **удельные затраты, приходящиеся на ТОиР на единицу ремонтной сложности**:

$$\text{Удельные затраты} = \frac{\Sigma Z_{\text{тоиР}}}{\text{ЕРС}}, \quad (1)$$

где $\Sigma Z_{\text{тоиР}}$ – затраты, связанные с содержанием парка оборудования;

ЕРС – единица ремонтной сложности оборудования.

Такие сравнения отражают специфику ремонтного производства при внутризаводском планировании, но не дают объективной оценки эффективности ремонтного производства отдельных предприятий при межзаводском анализе. Это связано с тем, что единая ремонтная система не полностью учитывает удельный объем ремонтов, сложность, вид и возраст оборудования.

Для достижения практических условий сравнения необходимо привести все оборудование, эксплуатируемое на предприятии, к простейшему виду, используя в качестве показателя условную единицу ремонтной сложности оборудования. Для этого необходимо использовать коэффициенты, учитывающие различные соотношения затрат на ремонтные работы в зависимости от вида, сложности, возраста и загрузки оборудования. При этом *количество условных единиц ремонтной сложности оборудования* определяется выражением

$$\sum УЕ = \sum К * К_1 * К_2 * \Pi, \quad (2)$$

где $\sum УЕ$ – суммарное количество условных единиц ремонтной сложности данного вида оборудования, принятых системой планово-предупредительных ремонтов;

$\sum К$ – суммарное количество единиц ремонтной сложности парка данного вида оборудования;

$К_1$ – коэффициент, учитывающий различный уровень затрат на материалы по моделям одного вида оборудования в зависимости от ремонтной сложности;

$К_2$ – коэффициент, учитывающий различный уровень затрат на материалы в зависимости от возраста оборудования;

Π – коэффициент загрузки определенного вида оборудования.

Применение приведенных коэффициентов позволяет определить суммарное количество условных единиц ремонтной сложности парка оборудования:

$$УЕ = \sum (\sum УЕ) * К_3, \quad (3)$$

где $К_3$ – коэффициент, учитывающий различный уровень затрат на материалы в зависимости от вида оборудования.

Количественные значения $К_1$, $К_2$, $К_3$ рассчитываются на основе анализа экономических показателей деятельности ремонтных служб предприятия.

Подставив показатели в формулу (1), получим показатель **экономической эффективности ремонтной службы предприятия**:

$$\text{Удельные затраты} = \frac{\text{Суммарные затраты}}{\text{УЕ}}, \quad (4)$$

где – Удельные затраты – удельные суммарные затраты, связанные с содержанием оборудования, руб./шт.;

Суммарные затраты – затраты, связанные с содержанием парка оборудования, руб.;

УЕ – количество условных единиц ремонтной сложности всего парка оборудования, шт.[2]

Список литературы

1. Филиппов. А., Шакирзянов Р. Дорогие ремонты (Затраты на ТОиР оборудования в металлургии) // Металлоснабжение и сбыт. – 2010. – №10. – С.82–85.
2. Лапун Д.П., Лускатова О.В. Оценка эффективности ТОиР // Техническое Обслуживание и Ремонт. – 2014. – №3. – С. 5–9.
3. Совершенствование управления инновационным развитием производственных предприятий России: монография / Баскакова Н.Т., Симаков Д.Б., Пимонова Т.К., Баландина Т.А., Якобсон З.В. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. – 163 с.
4. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. – М.: Экономика, 2006. – 210 с.
5. Песин, А.М., Салганик, В.М., Жлудов, В.В. Управление промышленным предприятием на основе теории ограничений: основы методологии и опыт использования. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. –199 с.

УДК 621.745.56

Г.А. Румянцева, Б.М. Немененок, Л.Я.Глушанкова, И.В.Прусова
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВЫБОР ВАРИАНТА ФЛЮСОВОЙ ОБРАБОТКИ СИЛУМИНОВ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Исследование характера пылегазовых выбросов, образующихся при плавке и рафинировании алюминиевых литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, показало [1], что основную экологическую опасность представляют процессы плавки неподготовленного возврата и рафинирующей обработки расплава. При этом выбросы пыли и газов во время рафинирования превышают данные показатели, отмечаемые по ходу плавки, в несколько раз. В большинстве случаев для рафинирования используют флюсы системы $\text{NaCl-KCl-Na}_3\text{AlF}_6$, что объясняет присутствие в отходящих

газах значительного количества хлоридов и фторидов, относящихся ко второму классу опасности. Из анализа патентной литературы следует, что в составах рафинирующих флюсов также используются карбонаты, оксиды, сульфаты и другие соединения щелочных и щелочноземельных металлов.

Для оценки эффективности новых рафинирующих препаратов применительно к электрическим тигельным печам САТ—0,15Б проводили исследования в условиях литейного цеха предприятия «Антонар» при плавке сплава АК5М2. В качестве шихты использовали чушковой сплав АК5М2 (57%) и возврат собственного производства (43%). После расплавления шихты и перегрева расплава до 720°C сухой рафинирующий флюс в количестве 1% от массы расплава наносили на зеркало металла, выдерживали 5 мин и после расплавления флюса его замешивали в расплав. Спустя 10 мин с поверхности металла снимали шлак и проводили заливку форм, а также отливали в кокиль разрывные образцы для определения механических свойств и пробы на пористость по шкале ВИАМ.

Запыленность в процессе рафинирующей обработки оценивали по трем пробам, которые отбирали в течение первых 6 мин после нанесения флюса на зеркало металла. Отбор осуществляли на горизонтальном участке вытяжной вентиляции с диаметром воздуховода 0,3 м при динамическом давлении 55 Па. Скорость отходящих газов составляла 6,7 м/с с температурой 60°C. В дальнейших расчетах использовали усредненные данные трех проб. Концентрацию NO_2 , NO_x , CO и SO_2 в отходящих газах определяли электронным газоанализатором MSI 150 «EURO» с зондом. Для измерения содержания хлоридов и фторидов в системе вытяжной вентиляции применяли фотоколориметрический метод.

Исследования проводили для трех составов рафинирующего флюса:

- 1) стандартного (47% KCl +30% NaCl +23% Na_3AlF_6);
- 2) оптимизированного карбонатного (13% KCl +55% NaCl +17% Na_3AlF_6 + 10% Na_2CO_3 + 5% $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$);
- 3) на основе SiO_2 (80% SiO_2 + 9,4% KCl + 6% NaCl + 4,6% Na_3AlF_6).

Анализировали процент брака «по течи», показатели механических свойств, балл пористости по шкале ВИАМ, количество образующегося шлака в процессе рафинирования, объем и состав пылегазовых выбросов. Данные по количеству отливок и проценту брака приведены в табл. 1.

Как следует из табл. 1, обработка расплава оптимизированным карбонатным флюсом обеспечила повышение герметичности отливок всех трех наименований по сравнению с заводской технологией (рафинирование стандартным флюсом), что свидетельствует о высокой рафинирующей способности флюса. Флюс на основе кремнезема показал худшие результаты при испытаниях на герметичность, что подтвердило данные лабораторных исследований.

Таблица 1
Результаты испытания отливок из сплава АК5М2 на герметичность

Наименование отливки	Результаты испытания на герметичность при обработке расплава флюсами								
	№ 1			№ 2			№ 3		
	Испытано	«Течь»		Испытано	«Течь»		Испытано	«Течь»	
		шт.	%		шт.	%		шт.	%
Корпус – 22	265	15	5,7	270	10	3,7	267	23	8,6
Корпус – 3240	180	9	5,0	175	6	3,4	165	13	7,9
Корпус – 208	315	18	5,7	308	12	3,9	300	25	8,3

Дегазирующее действие флюсов, содержащих криолит (Na_3AlF_6), объясняется тем, что такие флюсы, адсорбируя шлаковые включения, способствуют одновременному удалению из расплава водорода, образующего с частицами оксида алюминия комплекс $x\text{Al}_2\text{O}_3-y\text{H}_2$. Однако не следует исключать возможность дегазирующего действия флюса также вследствие термической диссоциации криолита. По данным работы [2], рафинирующее действие флюса возрастает по мере увеличения количества криолита до 15%, а дальнейшее повышение содержания криолита во флюсе эффекта не дает. Этим, очевидно, и объясняется более сильное рафинирующее действие карбонатного флюса.

Все варианты рафинирующей обработки обеспечили получение требуемых ГОСТ 1583-93 значений предела прочности при растяжении, относительного удлинения и твердости, а пористость соответствовала III баллу по шкале ВИАМ. Данные по количеству и составу пылегазовых выбросов приведены в табл. 2.

Таблица 2
 Результаты анализов пылегазовых выбросов при флюсовой обработке сплава АК5М2 в печи САТ-0,15Б

Рафинирующий флюс	Расход флюса, %	Средняя концентрация пыли, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т	В том числе		
				хлориды, кг/т	фториды, кг/т	СО, кг/т
Стандартный	1,0	2,053	2,584	0,17	0,09	–
Оптимизированный	1,0	0,613	0,771	0,096	0,048	0,32
На основе SiO ₂	1,0	0,445	0,560	0,026	0,025	–

Видно, что пылегазовые выбросы, образующиеся в результате флюсовой обработки сплава АК5М2 в тигельной печи САТ-0,15Б, существенно отличаются по составу и объему, что затрудняет оценку их степени вредности. Следует отметить, что при использовании оптимизированного карбонатного флюса наблюдается меньшее выделение пыли и в ее составе практически в 2 раза ниже содержание хлоридов и фторидов по сравнению со стандартным флюсом, но одновременно появляются выделения оксида углерода. Это связано с тем, что диоксид углерода, образующийся при диссоциации карбонатов, взаимодействует с жидким алюминием с образованием его оксида и СО.

Флюс на основе SiO₂ экологически более безопасен, т.к. при его вводе в расплав образуется минимальное количество пыли, хлоридов и фторидов, однако, как видно из табл. 1, он не обеспечивает требуемый уровень качества литья (в данном случае по герметичности).

При составлении экологических паспортов на предприятиях не всегда учитываются все компоненты выбросов, что связано с трудностью их определения и отсутствием соответствующего оборудования, а также информации о составе используемых материалов, особенно импортного производства.

Для оценки степени вредности флюсовой обработки стандартным флюсом и оптимизированным карбонатным рассчитывали сумму экологического налога для предприятия при выплавке 1000 т сплава. Поскольку большинство предприятий по производству алюминиевого литья оборудованы только циклонами, то об-

разующиеся газы полностью выбрасываются в окружающую среду, а очистка от пыли не превышает 90 %.

Согласно налоговому кодексу Республики Беларусь хлориды и фториды относятся к веществам II класса опасности и для них ставка налога составляет 1635215 руб./т. Выделяющаяся пыль относится к III классу опасности (540580 руб./т) и CO – к IV классу опасности (268610 руб./т).

Для расчета годового валового выброса загрязняющих веществ, образующихся при флюсовой обработке, использовали формулу

$$Q_B = 10^{-3} \cdot q \cdot P \cdot T(1 - n), \quad (1)$$

где q – удельное выделение вещества на единицу продукции, кг/т;

P – расчетная производительность печи, т/ч;

T – годовой фонд времени, ч;

n – степень очистки загрязняющих веществ, в долях от единицы.

Сумму экологического налога ($H_{\text{эк}}$) рассчитывали по формуле

$$H_{\text{эк}} = Q_B^{\text{II}} \cdot C^{\text{II}} + Q_B^{\text{III}} \cdot C^{\text{III}} + Q_B^{\text{IV}} \cdot C^{\text{IV}}, \quad (2)$$

где Q_B^{II} , Q_B^{III} , Q_B^{IV} – годовой валовой выброс загрязняющих веществ II, III и IV классов опасности соответственно;

C^{II} , C^{III} , C^{IV} – ставка экологического налога за 1 т загрязняющих веществ II, III и IV классов опасности соответственно.

$$H_{\text{эк}}^{\text{ст}} = 10^{-3} \cdot (0,17 + 0,09) \cdot 1000 \cdot 1635215 + \\ + 10^{-3} \cdot 2,584 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,9) \cdot 540580 = 564842 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{эк}}^{\text{оп}} = 10^{-3} \cdot (0,096 + 0,048) \cdot 1000 \cdot 1635215 + \\ + 10^{-3} \cdot 0,771 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,9) \cdot 540580 + 10^{-3} \cdot 0,32 \cdot 1000 \cdot 268610 = \\ = 363105 \text{ руб.}$$

Расчеты показали, что при использовании для флюсовой обработки сплава АК5М2 оптимизированного состава карбонатного флюса сумма экологического налога при выплавке 1000 т сплава уменьшится по сравнению с применяемой технологией в 1,56 раза,

что свидетельствует о его более высокой экологической безопасности.

Для сравнительной гигиенической оценки различных технологических процессов авторы работы [3] предлагают также использовать приведенные показатели, когда все составляющие загрязняющих веществ с учетом значений их ПДК пересчитываются на один из компонентов выбросов. В данном случае показатели удельных выбросов пересчитывали на приведенный выброс пыли ($q_{пр}$) по формуле

$$q_{пр} = q_{п} + \sum q_i \cdot \frac{ПДК_{п}}{ПДК_i}, \quad (3)$$

где $q_{п}$ – удельный выброс пыли, кг/т;

q_i – удельный выброс i -го компонента, кг/т;

$ПДК_{п}$ и $ПДК_i$ – значения среднесуточных предельно допустимых концентраций пыли и i -го компонента, мг/м³.

В табл. 3 приведены значения среднесуточных предельно допустимых концентраций некоторых составляющих пылегазовых выбросов.

Таблица 3

Значения среднесуточных ПДК некоторых составляющих пылегазовых выбросов

Вещество	ПДК, мг/м ³
Пыль неорганическая, содержащая SiO ₂ менее 70 %	100,0
Хлорид водорода	100,0
Фторид водорода	5,0
Оксид углерода	3000,0
Оксид азота	240,0

На основании данных табл. 2 и 3 были рассчитаны приведенные значения выбросов пыли для стандартного флюса ($q_{пр}^{ст}$) и оптимизированного ($q_{пр}^{оп}$):

$$q_{\text{пр}}^{\text{ст}} = 2,584 + 0,17 \cdot \frac{100}{100} + 0,09 \cdot \frac{100}{5} = 2,584 + 0,17 + 1,8 = 4,554 \text{ кг/т};$$

$$q_{\text{пр}}^{\text{оп}} = 0,771 + 0,096 \cdot \frac{100}{100} + 0,048 \cdot \frac{100}{5} + 0,32 \cdot \frac{100}{3000} = 1,834 \text{ кг/т}.$$

Отношение $q_{\text{пр}}^{\text{ст}}$ к $q_{\text{пр}}^{\text{оп}}$ составило примерно 2,5, т.е. при использовании оптимизированного состава флюса приведенные значения выбросов пыли в 2,5 раз ниже, чем для стандартного флюса, что также подтверждает его более высокую экологическую безопасность.

Список литературы

1. Повышение экологической безопасности процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов / С.П.Задруцкий [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 231 с.
2. Альтман М.Б. Неметаллические включения в алюминиевых сплавах. – М.: Metallurgia, 1965. – 126 с.
3. Экология литейного производства / Ю.С. Юсфин [и др.]. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2001. – 315 с.

УДК 669

В.М. Константинов, Д.В. Гегеня, М.И. Богданчик

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ОБЗОР РЫНКА ЦИНКА И ЦИНКОВЫХ ОТХОДОВ

По данным World Bureau of Metal Statistics (WBMS), добыча цинка в руде в мире в 2007 г. составила около 11 млн т, что на 3,9% выше, чем в 2006 г., благодаря росту ее в КНР, Перу, Австралии, Казахстане и Намибии [1]. Ведущими странами в добыче цинковых руд традиционно являются КНР, Австралия, Перу, Канада, США, Мексика и Казахстан.

По данным ILZSG (The International Lead and Zinc Study Group), спрос цинка в мире в 2007 г. вырос до 11,4 млн т (почти на

500 тыс.) против 10,9 млн в 2006 г. (рис. 1). При этом потребление цинка в Китае достигло 3,6 млн т (31,5% общего спроса) [2].

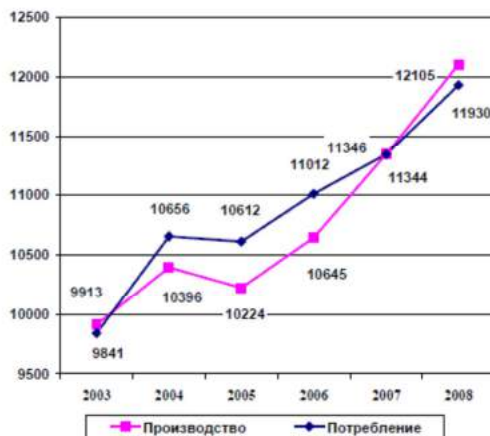


Рис. 1. Динамика мирового производства и потребления цинка в 2003–2008 гг., тыс. т [3]

Что касается мировых цен на цинк, то в 2001–2002 гг. на LME (London Metal Exchange) были отмечены достаточно низкие среднегодовые цены на рафинированный цинк – соответственно 778,7 и 885,8 долл./т. До этого (1998–2000 гг.) и несколько лет после (2003–2004 гг.) среднегодовая цена на цинк была в пределах 1017–1128 долл./т (рис. 2). С 2006 г. на рынке цинка отмечен рост цены до 3275 и 3242 долл./т соответственно в 2006 и 2007 гг. [3].

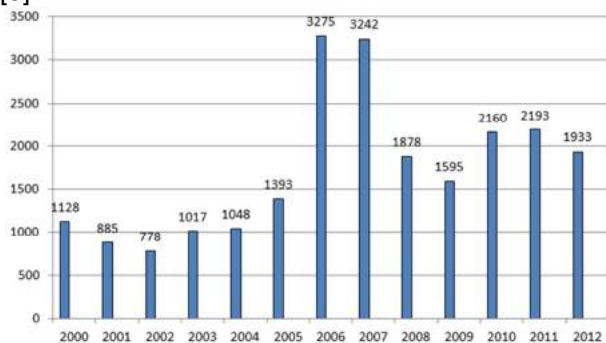


Рис. 2. Динамика среднегодовой мировой цены на цинк (2000 – 2012), долл./т [3]

Таким образом, производство и потребление металлического цинка на мировом рынке ежегодно возрастает. Максимальная стоимость цинка наблюдалась в 2007 году, после чего она снизилась до отметки в 2000 USD/т, однако по-прежнему остается достаточно высокой.

Отходы цинковой промышленности

Цинк и сплавы на его основе – единственный металл, обеспечивающий надежную долговечную защиту стали от атмосферной коррозии за счет электрохимической защиты, в которой цинк является анодным протектором.

Переработка металлолома имеет огромное экономическое и экологическое значение. Так как при учёте современного индустриального развития мира и объёмов металла, вовлечённого в сферу промышленного использования, становится ясно, что объём металла колоссален, то и объёмы постоянно поступающего в утиль металлолома также весьма велики.

Исходя из этого положения, во многих странах более ста лет существуют мощности по переработке отходов металла.

Основные стимулы и выгоды переработки металлических отходов:

- Сокращение нагрузки на месторождения металлов (к настоящему времени сильно истощённые).
- Улучшение экологической обстановки.
- Сокращение объёмов топлива для получения важнейших металлов.
- Уменьшение рассеяния и распыления металлов в глобальном масштабе.

Так как цинк является востребованным, находящим широкое применение в промышленности и дорогим металлом, целесообразно рассматривать вопросы о его переработке.

Цинковый отход существует в нескольких различных видах с различным содержанием цинка. На протяжении многих лет разрабатывались технологии, направленные на то, чтобы обеспечить

наиболее эффективные и экономичные методы восстановления цинка из этих отходов.

Полное восстановление цинка в мировой металлургии составляет 2,9 млн т, из которых 1,5 млн т – это первичный отход или технологические остатки и 1,4 млн т – вторичный отход. Источники для переработки цинка представлены в табл. 1.

Треть (31%) мировой цинковой продукции изготавливается из цинковых отходов. Основными поставщиками цинковых отходов является Европа и Азия, более (70%) всего отхода сосредоточено на евразийском континенте [5].

Отходы горячего цинкования занимают второе место в мировом производстве – 27% по удельному весу после отходов латунной промышленности – 41% (см. табл. 1). Но, в отличие от латуни, отходы горячего цинкования не могут быть повторно использованы при горячем цинковании.

Таблица 1
Источники цинковых отходов [5]

Источник	Первичный отход, млн т	Вторичный отход, млн т	Суммарно, млн т	%
Отход латуни	0,7	0,50	1,2	42
Отходы горячего цинкования	0,8	-	0,8	27
Литье	менее 0,1	0,4	0,4	15
Стальная промышленность	-	0,2	0,2	6
Листовой цинк / полуфабрикаты	менее 0,1	0,2	0,3	6
Химическая промышленность	менее 0,1	0,1		2
Другое	менее 0,1			1
Итого	1,5	1,4	2,5	100

Типичное соотношение масс цинка и отходов цинкования на предприятиях по горячему цинкованию представлено на рис. 3. При цинковании каждых 1000 кг стальных изделий образуется 10,1 кг гартцинка и 9,1 кг цинковой золы. Содержание металлического цинка в этих отходах 8,6 и 9,1 кг соответственно. Эти данные получены из источника [6], используя балансовую модель масс

Вилсса [7]. Предприятия по горячему цинкованию среднего размера ежемесячно обрабатывают порядка 1,5 т стали.



Рис. 3. Соотношение масс цинка и отходов в процессе горячего цинкования

Поэтому, когда эти отходы удалены и проданы на переработку сторонним торговым компаниям, феноменальное количество «хорошего» цинка теряется с отходами материала. Типичное производство цинкования может образовывать до 18 т золы и 12 т гартцинка каждый месяц. Если эти отходы содержат 80–90% металлического цинка, тогда это приравнивается к более чем 50 000 долл. в утерянном цинке ежемесячно. Таким образом, значительные финансовые потери причиняются предприятиям путем выбрасывания или складирования цинкового отхода.

Стоимость отходов горячего цинкования колеблется в пределах 50–80% от закупочной стоимости чистого цинка (табл. 2) [8].

Таблица 2
Анализ отходов горячего цинкования [8]

Вид отхода	Содержание цинка, масс. %	Стоимость от цены чистого цинка, %
Изгарь	70–80	35–45
Гартцинк	До 96	65–75

Республика Беларусь не имеет собственных металлургических ресурсов и, в частности, собственного цинка. Есть два крупных производства горячего цинкования «РМЗ», Речица и «Конус», Лида. Сумарная масса отходов горячего цинкования составляет около 300 т/год (табл. 3).

Таблица 3

Анализ гартцинка предприятий РБ

Предприятие	Химический состав, %			Объем отхода, т/год
	Zn	Fe	Al	
РМЗ	86	7	1,8	130
«Конус»	96	2,5	1,5	156

В процессе горячего цинкования образуется большое количество цинксодержащих отходов, которые в основном состоят из соединений Fe_nZn_m и могут быть использованы при изготовлении смесей для нанесения цинковых покрытий. Только на РУП «Речицкий метизный завод» в месяц получается 13 т гартцинка, 20 т изгары и около 8 т пусьеры.

На РДПП «КОНУС» г. Лида уже накопилось порядка 120 т цинксодержащих отходов. Разработка конкурентоспособной технологии цинкования на базе смесей, полученных из цинксодержащих отходов, позволит не только расширить применение этого метода, но и повысить качество покрытия и обеспечить переработку десятков тонн цинксодержащих отходов.

Поэтому встает вопрос о необходимости нахождения новых путей использования и переработки отходов цинковой промышленности, в особенности горячего цинкования.

Отсутствие собственных сырьевых металлургических ресурсов усугубляет проблему повышения стоимости цинка для отечественных производителей и требует рационального использования металлов для защитных покрытий, в частности цинка. Решением данных проблем может стать изготовление насыщающих смесей для термодиффузионного цинкования с использованием отходов производств горячего цинкования.

Список литературы

1. Материалы World Bureau of Metal Statistics (WBMS) [Электронный ресурс] / Statistic. – Режим доступа: <http://www.wbms.com> (дата обращения: 25.03.2014).
2. Материалы International Lead and Zinc Study group (ILZSG) [Электронный ресурс] / Published statistics of the IZSG. – Режим доступа: <http://www.izsg.org> (дата обращения: 09.04.2014).

3. Материалы London Metal Exchange (LME) [Электронный ресурс] / Zinc. – Режим доступа: <http://www.lme.org> (дата обращения: 09.04.2014).
4. Материалы Исследовательской группы ИнфоМайн [Электронный ресурс] / Обзор рынка цинка. – Режим доступа: <http://www.infomaine.ru> (дата обращения: 09.04.2014).
5. Zinc Recycling. The general Picture // International Zinc Association – Europe, 2011.
6. Krüger, Joachim et.al. (2001): Sachbilanz Zink, 68–70; Aachen.
7. Wills, B.A. (1992): Mineral Processing Technology, 5 Ed.: 163–176; Oxford.
8. Материалы IndiaMartCo [Электронный ресурс]/ Published price of the hardzinc. – Режим доступа: <http://dir.indiamart.com/impcat/zinc-dross.html> (дата обращения: 15.02.2014).

Раздел 6

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

УДК 378.1

Е.Ф. Шайхутдинова, Р.М. Янбаев, Ф.М. Янбаев

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА БАКАЛАВРОВ ПО ПРОФИЛЮ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ 151900.62

Важнейшим элементом современного высшего образования является многоуровневая профессиональная подготовка: бакалавр → магистр (см. рисунок). Быстрое развитие научных знаний, технологий и техники вызывает необходимость подготовки специалистов широкого профиля, а многоуровневая подготовка позволяет подготовить специалиста, ориентированного на большой круг потребителя.



Взаимодействие многоуровневой подготовки
с научной и производственной областью

Основными предприятиями-потребителями выпускников высших профессиональных заведений на территории Республики Татарстан являются:

- Зеленодольский завод им. Горького;
- Казанское авиационное производственное объединение им. С.П. Горбунова;
- Казанский вертолетный завод;
- КАМАЗ;
- Казанское моторостроительное производственное объединение;
- Электроприбор;
- Казанский турбокомпрессорный завод.

Кроме того, по целевому направлению в КНИТУ-КАИ обучаются студенты из соседних регионов (Башкортостан, Мари Эл и др.). Разнообразие выпускаемой научно-производственной продукции этих предприятий накладывает требования широкого диапазона для работников.

В ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» (КНИТУ-КАИ) готовят бакалавров и магистров по направлению 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по трем профилям:

- Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств;
- Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства;
- Конструкторско-технологическое обеспечение литейного производства.

Федеральный государственный стандарт третьего поколения* позволяет охватить целый спектр общекультурных и профессиональных компетенций: от освоения способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору пу-

* Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (квалификация (степень) «бакалавр»). Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24 декабря 2009 г. № 827.

тей её достижения, культурой мышления до способности участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний. Бакалавр может освоить профессиональные компетенции следующих групп:

- проектно-конструкторская деятельность;
- производственно-технологическая деятельность;
- организационно-управленческая деятельность;
- научно-исследовательская деятельность;
- сервисно-эксплуатационная деятельность;
- специальные виды деятельности.

Разделение по профилю для бакалавров, обучающихся по направлению 151900.62, начинается уже в математическом и естественно-научном цикле. Дисциплина «Прикладные компьютерные программы», входящая в базовую часть цикла, предусматривает раздельное преподавание по каждому профилю. Каждый профиль осваивает профессиональные компетенции в области информационных технологий в соответствии с видом технологии машиностроительных производств.

Вариативные дисциплины «Основы физико-технических методов обработки», «Инженерная реология», «Физико-химические основы литейных процессов» из данного цикла позволяет освоить использование законов естественно-научных дисциплин профессиональной деятельности не только в общенаучном смысле, но и в прикладном для каждого вида производства.

В профессиональном цикле большая часть дисциплин отведена под вариативную часть, в которой формируются навыки бакалавров для каждого профиля в отдельности для решения задач машиностроительного производства.

Кроме этого, в данном цикле предусмотрены такие базовые дисциплины, как «Технологические процессы в машиностроении», «Основы технологии машиностроения», «Процессы и операции формообразования», «Оборудование машиностроительных производств», «Технология машиностроения», «Метрологическое обеспечение машиностроительных производств», которые позволяют в дополнении к освоению производственно-технологической деятельности получить навыки в проектно-конструкторской для полно-

го цикла производства готового изделия машиностроительного производства.

Освоение научно-исследовательской деятельности отведено в самостоятельную работу и при изучении факультативных дисциплин и является подготовкой к переходу на следующий уровень обучения – магистр.

Общие навыки организационно-управленческой деятельности бакалавры получают в гуманитарном, социальном и экономическом цикле.

Таким образом, помимо производственно-технологической деятельности, учебный план и основная образовательная программа для бакалавров, обучающихся по направлению 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в КНИТУ-КАИ, предусматривают проектно-конструкционную, что обеспечивает подготовку специалиста широкого профиля для машиностроительных предприятий Республики Татарстан и соседних с ним регионов.

УДК 159.963

М. Столярова, Е.Д. Расщепкина

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ВЛИЯНИЕ СНА НА АКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МОЗГА

Многие люди хотели бы спать меньше, так как сон, по их мнению, – это потерянное для жизни время. Другие, наоборот, хотели бы спать больше, так как недостаточно хорошо себя чувствуют.

Наше современное общество сильно недосыпает, и это отражается на состоянии человека и общества, являясь в значительной мере причиной аварий и катастроф. Эта точка зрения подтверждается многочисленными исследованиями, свидетельствующими о негативных эффектах недосыпания на настроение испытуемых и выполнение ими психомоторных задач. С использованием различных психологических тестов показано, что если длительность ночного сна уменьшена на 1,3–1,5 ч, то это сказывается на

состоянии бдительности днем. Последние исследования по выяснению необходимой длительности сна показали, что потребность сна у молодежи в среднем составляет 8,5 ч за ночь. Продолжительность ночного сна в 7,2–7,4 ч является недостаточной, а сон менее 6,5 ч в течение длительного времени может подорвать здоровье. Другая точка зрения состоит в том, что у большинства людей нет хронического недосыпания, но они могут спать больше, также как мы едим и пьем свыше физиологических потребностей.

Эффект «накопления нехватки сна» полностью исчезает уже после первого 10-часового периода «восстановительного» сна. Поэтому хроническое недосыпание по рабочим дням и пересыпание по утрам в выходные – явления взаимосвязанные. Тем не менее в заявлении созданного в США комитета «Катастрофы, сон и общественная политика» подчеркивается, что даже небольшое хроническое недосыпание на 1–2 ч чревато серьезными нарушениями в работе, если она постоянно требует высокого уровня сосредоточенности и внимания.

Уже в самых ранних исследованиях механизмов сна четко намечаются две основные точки зрения на эту проблему. Первая – сон возникает в результате активного процесса, возбуждения определенных структур («центров сна»), которое вызывает общее снижение функций организма (активные теории сна). Вторая – это пассивные теории сна, или теории деафферентации, согласно которым сон наступает пассивно в результате прекращения действия каких-то факторов, необходимых для поддержания бодрствования.

Основные данные, полученные за годы многочисленных и разнообразных исследований сна, сводятся к следующему. Сон – не перерыв в деятельности мозга, это просто иное состояние. Во время сна мозг проходит через несколько различных фаз, или стадий, активности, повторяющихся с примерно полуторачасовой цикличностью. Сон состоит из двух качественно различных состояний, называемых медленным и быстрым сном. Они отличаются по суммарной электрической активности мозга (ЭЭГ), двигательной активности глаз (ЭОГ), тону мышц и многочисленным вегетативным показателям (частоте сердечных сокращений и дыхания).

Дельта-сон преобладает в первую половину ночи. При этом снижается мышечный тонус, становятся регулярными и урежаются

дыхание и пульс, понижается температура тела (в среднем на $0,5^{\circ}$), отсутствуют движения глаз.

Быстрый сон – самая последняя стадия в цикле сна. Усиливается мозговой кровоток, на фоне глубокого мышечного расслабления, быстрые движения глазных яблок при закрытых веках, мышечные подергивания в отдельных группах мышц, резкие изменения частоты сердечных сокращений.

Порог пробуждения колеблется от высокого до низкого. Именно в этой стадии возникает большая часть запоминающихся сновидений.

Весь ночной сон состоит из 4–5 циклов, каждый из которых начинается с первых стадий медленного и завершается быстрым сном. Каждый цикл продолжается около 90–100 мин. В двух первых циклах преобладает дельта-сон, эпизоды быстрого сна относительно коротки.

В отличие от многих животных, человек не просыпается после каждого цикла сна. Структура сна у здоровых людей более или менее сходна – 1-я стадия занимает 5–10% сна, 2-я – 40–50%, дельта-сон – 20–25%, быстрый сон – 17–25%.

Таким образом, каждую ночь 4–5 раз мы видим сны, и «разглядывание» сновидений занимает в общей сложности от 1 до 2 ч. Люди, утверждающие, что они видят сновидения очень редко, просто не просыпаются в фазе сновидений. Интенсивность самих сновидений, степень их необычности и эмоциональной насыщенности может быть различной, но факт их регулярного возникновения во время сна не вызывает сомнений.

Распространенное в прошлом представление о том, что сон необходим для «отдыха» нейронов головного мозга и характеризуется снижением их активности, исследованиями нейрональной активности не подтвердились. Во время сна в целом не происходит уменьшения средней частоты активности нейронов по сравнению с состоянием спокойного бодрствования. В быстром же сне спонтанная активность нейронов может быть выше, чем в напряженном бодрствовании.

Таким образом, можно утверждать, что мозг активен во время сна, хотя эта активность качественно иная, чем при бодрствовании, и в разных стадиях сна имеет свою специфику.

Сновидения издавна поражают и волнуют людей. В древности сновидения рассматривались как «врата в иной мир»; считалось, что через сновидения может происходить контакт с другими

мирами. Издавна люди пытались вызывать сновидения с помощью определенных ритуальных формулировок.

Результаты многочисленных исследований позволяют предполагать, что одной из основных функций сновидений является эмоциональная стабилизация. Это хорошо сформулировано Робертсом: «Человек, лишенный способности видеть сновидения, через некоторое время впадает в безумие, ибо масса несформировавшихся, обрывочных мыслей и поверхностных впечатлений будет накапливаться у него в мозгу и подавлять те мысли, которые должны целиком сохраняться в памяти».

Мощным импульсом к экспериментальному изучению сновидений послужило открытие быстрого сна и его связи со сновидениями. Появилась возможность получения отчетов о сновидениях сразу же после их завершения. Было обнаружено, к удивлению тех, кто считал, что не видит снов или видит их очень редко, что каждый человек видит сны несколько раз за ночь.

Существование двух крайних явлений (сновидений и сомнамбулизма) свидетельствует о том, что сон – это целый набор различных состояний, среди которых есть и глубокое погружение во внутренний мир и демонстрация активности.

Таким образом, результаты обширных исследований свидетельствуют не только о сложности и многообразии взаимодействия различных факторов в регуляции цикла «сон–бодрствование». Лучшим доказательством необходимости сна является то, что «вечно занятое и постоянно спешащее население современных городов не смогло освободиться от этой «привычки». Дж. Моруцци, отвечая на вопрос о том, почему мы спим, сказал, что главным считает восстановительные процессы мозга, но не быстрые, а медленные, тонические процессы, лежащие в основе обучения, восприятия и сознания.

Список литературы

1. Давыдова И.А. Секреты мозга. – М.: Эксмо, 2010. – 320 с.
2. Мақдональд М. Научи свой мозг работать. – М.: Эксмо, 2010.– 304 с.
3. Шереметьев К.П. Совершенный мозг. Как управлять подсознанием.– СПб.: Издательство «Крылов», 2008. – 2224 с.

УДК 378.14

Е.Д. Расщепкина

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД КАК ДОМИНАНТА ИННОВАЦИОННОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Концепция модернизации образования, направленная на обособованное слияние российской высшей школы в европейское образовательное пространство, требует качественно новых подходов к подготовке инженеров. В условиях функционирования рыночных отношений, появления новых профессий подготовка инженерно-технических работников, способных развивать высокотехнологичные отрасли производства, обеспечивать конкурентоспособность и обороноспособность страны, приобретает актуальное значение. При этом преобразование инженерного образования определяется миссией университетов, где приоритетными считаются задачи гибкого управления интеллектуальными и материальными ресурсами, стимулирования инновационной деятельности, позиционирования на рынке образовательных услуг и т.д., в совокупности обеспечивающие возникновение качественно новой системы, направленной на подготовку в технических вузах высококвалифицированных и конкурентоспособных специалистов.

Проведенный с этих позиций анализ психолого-педагогической и другой литературы указывает на отраженность в научных работах различных аспектов реализации компетентностного подхода в профессиональном образовании, где: исследованы виды компетентности (И.А. Абрамова, Б.Ш. Алиева, Н.А. Банько, И.Д. Белоновская, М.В. Бернавская, О.А. Валиханова, Л.В. Васяк, Г.М. Гаджиев, А.В. Гусев, Е.Б. Ерцкина, Г.И. Илларионова, О.А. Лискина, Д.М. Маллаев, М.М. Махмудова, И.В. Новгородцева, А.Н. Нюдюрмагомедов, Н.Н. Овчинникова, Н.А. Онищенко, Е.В. Ранцевич, С.Г. Рекунов, С.А. Татьянаенко, В.И. Томаков, Е.В. Панюкова, М.Ю. Порхачев, В.И. Часовских и др.); условия и дидактические основы формирования компетентности инженера (Н.В. АLEXина, М.Б. Бетуганова, М.А. Иванова, М.И. Глотова, А.В. Гусев, И.М. Наумова, С.И. Новоселова, Н.В. Пятаева, С.Г. Рекунов,

О.М. Самохвалова, Д.В. Ушаков и др.); практика реализации компетентностного подхода в информационно-образовательной среде (А.Х. Ардеев, Т.Г. Везиров, Е.Г. Зуева, Н.А. Кобиашвили, Д.С. Ломакин, В.В. Михаэлис, Н.А. Моисеенко, С.Л. Мякишев, А.Г. Прокофьева и др.).

Анализ научных трудов, в которых исследуются фундаментальные и частные проблемы высшей школы России, позволил сделать вывод об изменении основополагающих взглядов на цели профессионального и, в частности, инженерного образования.

На обеспечение качества профессиональной подготовки инженера в современной высшей школе согласно компетентностной парадигме во многом влияет выбор адекватных педагогических технологий. Так, выбор личностно-ориентированных технологий, устанавливающих субъект-субъектные отношения между участниками педагогического процесса ставят перед профессорско-преподавательским составом высшей школы сложные методологические вопросы: переосмысление целей и результатов образовательной деятельности вуза, описание их на языке компетенций, обоснование требуемых технологий формирования компетенций, разработка методик оценки результатов обучения и качества подготовки специалистов.

Анализ существующей практики позволил выявить, что инженерное образование перестраивается сегодня на основе компетентностного подхода во всех странах-участницах Болонского процесса, в рамках которого происходят серьезные изменения в стратегии и тактике образовательного процесса, в его структуре и содержании. При этом формируется единая система контроля качества академической и профессиональной подготовки бакалавров и магистров, развивается деятельность в области сертификации инженерно-технических образовательных программ, возрастает корпоративная активность в решении самых актуальных проблем высшей технической школы. Последовательное выполнение задач Болонского процесса в сфере инженерного образования является возможным благодаря тому, что все возрастающая часть преподавателей технических дисциплин приобретает необходимые для этого компетенции.

В контексте реализации компетентностного подхода педагогическая система инженерного образования ориентирована на создание условий для осуществления процесса целенаправлен-

ного, планомерного и организованного профессионального становления и развития личности путем развития профессиональных компетенций по инженерным специальностям и специализациям; на совершенствование инженерного образования и инженерной деятельности во всех их проявлениях, относящихся к учебному, научному и технологическому направлениям, включая процессы преподавания, консультирования, исследования, разработки инженерных решений, оказания широкого спектра образовательных услуг, обеспечения связей с общественностью, производством, наукой и интеграции в международное научно-образовательное пространство.

Сегодня необходимо в рамках профессионального образования подготовить инженера, способного создавать инновационный продукт. Педагогическая система подготовки такого инженера, отвечающая требованиям стандартов третьего поколения, является сложной педагогической проблемой. Для формирования инженера будущего необходимы дидактические системы нового поколения, позволяющие сформировать специалиста на более качественном уровне.

При дидактическом проектировании информационно-образовательной среды высшего инженерного образования требуется организовать ее, как многоуровневую комплексную деятельность различных групп разработчиков, согласованную по целям и задачам в их преемственности и взаимосвязи. Кроме того, необходимо реализовать процесс дидактического проектирования информационно-образовательной среды адекватно развивающимся информационным технологиям.

Это позволяет сделать вывод о том, что большинство моделей внедрения компетентностного подхода сосредоточены на структуре компетентности, как прогностической цели педагогического процесса, а в инженерных специальностях жизненно важным для дальнейшего профессионального развития специалиста является понимание динамики развития самой компетентности, т.е. прогнозирования социальных запросов, которые призвана удовлетворить система образования.

Существующие методики оценки компетентности рассматривают ее как интегральный показатель. По мнению некоторых исследователей, в качестве такой системы показателей могут быть предложены показатели трудоустройства выпускников, что подтверждено исследованиями мировой практики. Именно национальная система квалификаций позволяет синхронизировать тре-

бования рынка труда, развитие и модификацию программ профессионального (инженерного) образования, а также служит для повышения качества и производительности труда (в зависимости от результатов мониторинга потребностей рынка, вводятся новые квалификации и программы).

Дидактические основы компетентностного подхода в инженерном образовании обусловлены проектированием информационно-образовательной среды:

- внедрение электронных учебно-методических комплексов в педагогическую практику;
- поиск педагогических технологий организации самостоятельной работы будущих инженеров;
- отбор содержания для профессионально-ориентированной проектной работы в рамках специальных дисциплин.

Все это укрепляет межпредметные связи в реализуемых проектах.

Компетентностный подход в условиях инновационной системы инженерного образования реализуется посредством проектирования содержания от компетенций, укрупнения дидактических единиц, увеличения академической свободы вуза при выборе модулей и дисциплин, обеспечения вариативности образовательной траектории, обеспечения высокого уровня системности, целостности, междисциплинарности и интегративности, как необходимых нормативно заданных категорий образовательного процесса.

Список литературы

1. Агарков А. П. Управление качеством: учеб. пособие для вузов по спец. «Менеджмент организации». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Дашков и К, 2009. – 227 с.
2. Агранович Б. Л., Чучалин А. И., Соловьев М. А. Инновационное инженерное образование // Инженерное образование. – 2003. – № 1. – С. 11–14.
3. Алисултанова Э.Д. О компетентностном подходе в инженерном образовании // Педагогический журнал Башкортостана. – 2011. – №1. – С. 130–135.
4. Алисултанова Э.Д. О педагогической системе инновационного инженерного образования // Вестник развития науки и образования. – 2011. – № 2. – С. 99–104.

5. Ассоциация инженерного образования России. <http://www.aeer.ru>.
6. Болонский процесс: середина пути / под науч. ред. д-ра пед. наук, проф. В.И. Байденко. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Российский Новый Университет, 2005. – 379 с.
7. Гершунский Б.С. Философия образования для XXI века (В поисках практикоориентированных образовательных концепций). – М.: Совершенство, 1998. – 608 с.
8. Зенкина С.В. Информационно-образовательная среда как фактор повышения качества образования. – М.: Педагогика, 2008. – № 6. – С. 22–28.
9. Зимняя И.А. Компетентностный подход. Каково его место в системе современных подходов к проблемам образования? (теоретико-методологический подход) // Высшее образование сегодня. – 2006. – №8. – С. 21–26.

УДК 378

Л.В. Орнина

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПАТРИОТИЗМА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ: СИСТЕМНО-ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Понятие «экономический патриотизм» является относительно новой дефиницией и, будучи предметом научного анализа политологов и экономистов, связано в основном с процессами глобализации и протекционизма на современном рынке. Экономический «патриотизм» второго типа справедливо получил определение «ложный ответ глобализации» и проявляется в попытках возрождения более или менее скрытого протекционизма. Авторство термина «экономический патриотизм» принадлежит Б. Карейону – депутату национального собрания Франции от правящей партии «Союз за народное движение» (UMP), автора специальных докла-

дов о путях повышения конкурентоспособности французских предприятий, предусматривавших в числе прочего поддержку национального капитала. Данные события относятся к 2003 году – периоду рекордно низких за десятилетие (1997–2007 гг.) темпов прироста ВВП во Франции (1% в 2002 и 1.1% в 2003). По мнению автора, термин этот обозначал «не идеологию, а общественную политику». В других странах ЕС это явление менее изучено, хотя и существует на практике, так как правительство каждой страны защищает отечественный бизнес от иностранного капитала [1].

Актуальность данной темы на сегодняшний день очевидна, что особенно связано с экономической ситуацией в России и мире. Повсеместно введенные против России экономические санкции в сочетании с её публичной «травлей» и торгово-экономической блокадой позволяют говорить о необходимости формирования определенной системы ценностей у каждого россиянина. Системно-феноменологический подход к изучению данной проблемы проявляется, на наш взгляд, в том, чтобы, во-первых, сделать процесс формирования экономического патриотизма предметом изучения не только и не столько экономической науки, но и других отраслей научного знания: истории, культурологии, социологии, психологии и педагогики. Последнее предполагает, в частности, изучение феномена формирования экономического патриотизма у наиболее прогрессивной части общества – современной учащейся молодежи. Все последние нормативные документы, регламентирующие процессы гражданско-патриотического воспитания, делают ставку на студенческую аудиторию, что, в свою очередь, обусловлено тем, что процессы, происходящие в обществе, в том числе и негативного характера (события экстремистского толка, массовые волнения, геноцид и т.д.), являются индикаторами российского менталитета на сегодняшний день, и воздействие на умы наиболее прогрессивной и «продвинутой» части общества может принести ощутимые результаты уже в ближайшем будущем. Помимо необходимости междисциплинарного подхода, ключевым признаком системно-феноменологического подхода к изучению экономического патриотизма является также необходимость формирования у современной молодежи активной предпринимательской позиции, связанной с ориентации на отечественного производителя товаров и услуг. Данный аспект изучения проблемы тоже не вызывает никаких со-

мнений, т.к. обратной стороной введенных экономических санкций и ответных мер РФ в сторону стран ЕС является подъем на новый торгово-экономический уровень отечественного сельского хозяйства, а также федеральная поддержка набирающих на сегодняшний день фермерских немногочисленных хозяйств. Третьим ключевым признаком системно-феноменологического подхода в отношении проблемы формирования экономического патриотизма является ориентация на патриотическое отношение к своей стране в целом и к отечественным производителям товаров и услуг. В этом смысле нас интересует прежде всего видовое понятие ряда – «патриотизм». Согласно информации, полученной из словаря В.Даля, слово заимствовано непосредственно из французского языка или через немецкий язык в значении человека преданного и любящего свою Родину [2]. Время заимствования определяется по-разному. По одним источникам – XVI век. По другим – значительно позднее – у Петра I, во времена которого идея служения отечеству, и прежде всего военного, была особенно сильна. Поэтому в самом начале патриотизм как черта патриота имел значение военного патриотизма. Истоки находятся в латинском слове *patriota*, которое, в свою очередь, восходит к греческому – *patriōtēs* – *patria* – потомки, родственники, земля отцов. Поэтому исходный пункт всей этимологической цепочки – *patēr* – отец. В других источниках отмечается, что, попав в латынь из древнегреческого, оно имело значение и «земляк». Главное производное слово от слова «патриот» – патриотизм. В наше время оно означает любовь к своему Отечеству, преданность ему и народу, готовность к жертвам и подвигам во имя интересов Отечества. Появились и переносные значения – преданность чему-либо, горячая любовь к чему-либо. У патриотизма нет недостатков в сторонниках. Но есть и противники, которых никто никогда не воспринимал всерьез. Но среди них есть и выдающиеся личности. Например, Лев Толстой, который писал, что патриотизм, в котором главное – это любовь именно к своей стране (то есть отделение себя от других государств и народов), является причиной непрекращающихся войн. В этом аспекте Лев Толстой выделял «хороший» и «плохой» патриотизм.

Учитывая все вышесказанное, под экономическим патриотизмом на сегодняшний день понимают стремление защитить национального производителя, предпочесть отечественные това-

ры импортным. Проблематика экономического патриотизма полностью совпадает с проблематикой соотношения краткосрочных и долгосрочных последствий протекционизма как экономической политики. Остановимся на экономической составляющей данного понятия. Говоря об экономическом патриотизме, мы в первую очередь вспоминаем работы русского мыслителя П.Б. Струве, который, анализируя историческое развитие английской экономики, отмечал, что установление английской свободной торговли было обусловлено интересами расширения рынка сбыта для английских промышленных товаров. Именно во имя завоевания внешних рынков Англия отказалась от протекционной системы. Страна не боялась конкуренции в сфере промышленности, ибо была несомненным лидером в данной области. «А между тем ни в одной из соперничающих с Англией и на ее внутреннем рынке стран не установилась – вопреки ожиданиям и предсказаниям энтузиастов английского фритредерства! – свобода торговли. Свобода торговли в торгово-политическом смысле этого слова, т.е. свобода ввоза от нефискального, покровительственного обложения, так и осталась как система, и как принцип особенностью экономической политики Англии и не была усвоена ни одним крупным государством, до британских доминионов включительно», — утверждал П.Б.Струве [3]. «Абсолютная экономическая свобода, как все абсолютное, в реальных экономических условиях земной юдоли оказалась неосуществимой мечтой и обманчивым призраком. «Тысячелетнего царства» не принесла ни экономическая свобода вообще, ни свобода внешней торговли в частности. Тогда научная и практическая экономическая мысль вначале неуверенно, а потом достаточно категорично стала вносить в концепцию экономического либерализма серьезнейшие поправки и стала «реабилитировать» никогда на практике, впрочем, не исчезавшие государственное вмешательство, часто почти совершенно отрицавшееся «теорией». Следуя ему, «...идея разумного вмешательства государства не просто в хозяйственную жизнь, а в социально-экономические отношения – в интересах разумной поддержки экономически слабых – есть важное приобретение первой половины XIX века» [3].

Согласно данным, опубликованным Вестником ассоциации белорусских банков в 2007 году, глобализация, понимаемая как процесс трансформации человека и окружающего его мира под

влиянием и в интересах глобальной экспансии капитала, с особой остротой ставит вопрос о сохранении независимости и выживании личности, коллектива, народа и государства. Поскольку цели возрастания глобалистического капитала перманентно и повсеместно (в глобальных масштабах) вступают в противоречие с интересами личности, коллектива, народа и государства, все более актуальной становится проблема защиты этих интересов. В свою очередь, система адаптации к процессу глобализации должна строиться исходя из векторов воздействия этого процесса на мировое социально-экономическое пространство с целью его изменения в угоду целям обогащения собственников глобита. Эта трансформация мира под воздействием и в целях глобальной экспансии капитала осуществляется в экономической, военно-политической, социальной, культурной, экологической, технологической, психологической и демографической сферах. Она требует принятия системных, адекватных и неотложных мер по защите интересов личности, коллектива, народа и государства по каждому из направлений, которые, в свою очередь, должны включать мероприятия управленческого, идеологического и психологического характера. Одним из важнейших ресурсов и направлений работы по консолидации сил общества в деле противостояния угрозам глобализации, преодоления ее последствий и использования возможностей, возникающих в ходе этого процесса, является экономический патриотизм.

Это явление давно имеет место в реальной жизни, но не нашло до настоящего времени своего отражения в научной литературе, идейно-воспитательной работе и в практике государственного управления. Экономический патриотизм – это осознанное, основанное на личных убеждениях отношение человека к окружающей реальности, в основе которого лежит стремление к защите и продвижению экономических интересов своего социума, а также поведение личности, соответствующее этому отношению. В процессе своей жизнедеятельности человек производит материальные блага и потребляет товары, производимые и реализуемые другими людьми. Он выступает при этом, с одной стороны, как потребитель, а с другой – как производитель материальных и духовных благ, предназначенных для реализации. Для того чтобы облегчить процесс производства и реализации материальных благ, необходимых для удовлетворения собственных потребностей, человек объединяет свои усилия с другими людьми, вследствие чего у них возникают общие,

коллективные экономические интересы производства и потребления. Осознавая эти коллективные интересы, вставая на их защиту и организуя их продвижение в окружающем социо-экономическом пространстве, человек по отношению к своему социуму оказывается на позициях экономического патриотизма.

Таким образом, экономический патриотизм имеет две стороны, два направления для собственного проявления – экономический патриотизм производителя и экономический патриотизм потребителя. Экономический патриотизм производителя характеризует отношение человека к реальности, в основе которого лежит стремление к защите и продвижению экономических интересов близкого ему социума в процессе производства материальных благ, а также соответствующее этому отношению поведение. Экономический патриотизм потребителя представляет собой отношение человека к реальности, в основе которого лежит стремление к защите и продвижению экономических интересов близкого ему сообщества в процессе потребления материальных благ, а также соответствующее этому отношению поведение.

Результатом чрезмерного, гипертрофированного развития экономического патриотизма является экономический эгоизм – отношение человека к реальности, для которого характерным является крайнее стремление к продвижению своих собственных экономических интересов, а также интересов близкого ему сообщества, как правило, сопровождающееся нарушением норм морали и права, а также соответствующее этому отношению поведение. Состояние отсутствия чувства экономического патриотизма определяется как экономический нигилизм. Для него свойственно такое отношение человека к реальности, в основе которого лежит отсутствие осознания человеком собственных экономических интересов и/или интересов близкого ему социума, стремления к защите и продвижению этих интересов и соответствующее этому отношению поведение.

Таким образом, в рамках данной статьи нами предпринята попытка анализа феномена экономического патриотизма с точки зрения системно-феноменологического подхода и в соответствии с социально-экономическими реалиями современности.

Список литературы

1. Carayon B. Patriotisme économique et mondialisation // Defense Nationale. – 2006. – N 12. – P. 61.
2. Даль В. Словарь русского языка. – М., 1990. – В 3 т. – Т.1. – С. 131–132.
3. Струве П.Б. Дневник политика. – М., 2004.

УДК 37.047

Д.А. Окулова, Е.Д. Расщепкина

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

**ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ У СТАРШЕКЛАСНИКОВ
ОРИЕНТАЦИИ НА ПРЕСТИЖНЫЕ ПРОФЕССИИ**

Социально-экономические изменения, происходящие в нашей стране, усиливают интерес к проблеме самоопределения, самореализации личности. У старшеклассников в течение предшествующих лет развития сложились определенные отношения к различным областям труда, представления о профессиях, о своих возможностях, ориентировка в социально-экономической ситуации, представления о «запасных вариантах выбора профессии» [1].

Актуальность этой проблемы снова обозначилась в связи с продолжающимися реформами образования (профильное обучение, введение ЕГЭ). Наблюдаемый процесс окончательного принятия старшеклассниками решения о выборе профессионального учебного заведения, рода работы может представиться однократным, даже мимолетным (не прошел по конкурсу в один вуз – подал документы в другой). Но это лишь кажущаяся мгновенность. На самом деле все осуществляется по формуле: «мгновение плюс вся предшествующая жизнь».

Хронологически период выбора профессии совпадает как с подростковым, так и с юношеским возрастом, для которого характерно принятие ответственных решений, определяющих всю дальнейшую жизнь человека: нахождение своего места в жизни, опре-

деление смысла жизни, формирование мировоззрения и выработка жизненной позиции. Это связано с тем, что потребность в самоопределении является центральным моментом социальной ситуации развития старшеклассников [2].

На профессиональное самоопределение личности оказывают влияние многие факторы: социально-экономические условия, межличностные отношения в профессиональном коллективе, профессиональное развитие, возрастные и профессиональные кризисы и т.п.

Отечественные исследователи рассматривают формирование профессионального самоопределения личности не как единичный акт выбора, а как длительный процесс ее развития в рамках будущей профессиональной деятельности.

Изучением вопросов профессионального выбора, профпригодности, профотбора, особенностей личности, формирующихся в процессе профессионального самоопределения и развития, занимались многие авторы (Е.А. Климов, Н.С. Пряжников, Э.Ф. Зеер, В.Б. Шапарь, А.Г. Асмолов и др.).

Однако огромный информационный поток зачастую не только не помогает старшекласснику при выборе профессии, но и приводит его в состояние растерянности, неопределенности.

Процесс профессионального самоопределения охватывает длительный период жизни человека – от проявления зачатков профессиональных интересов и склонностей в детском возрасте до окончательного утверждения в избранной сфере профессиональной деятельности в годы зрелости. На протяжении этого периода происходит не только собственно профессиональное, но и социальное, а вместе с тем, и жизненное самоопределение личности [2].

Э.Ф. Зеер, обобщая проведенный анализ профессионального становления личности, выделяет основные моменты этого процесса:

1) профессиональное самоопределение — это избирательное отношение индивида к миру профессий в целом и к конкретной выбранной профессии;

2) ядром профессионального самоопределения является осознанный выбор профессии с учетом своих особенностей и возможностей, требований профессиональной деятельности и социально-экономических условий;

3) профессиональное самоопределение осуществляется в течение всей профессиональной жизни: личность постоянно рефлектирует, переосмысливает свое профессиональное бытие и самоутверждается в профессии;

4) актуализация профессионального самоопределения личности инициируется разного рода событиями, такими как окончание общеобразовательной школы, профессионального учебного заведения, повышение квалификации, смена местожительства, аттестация, увольнение с работы и др. [3].

Таким образом, профессиональное самоопределение чаще всего понимается как длительный процесс, занимающий значительную часть жизни человека. В настоящее время главной проблемой профессионального самоопределения является не только реализация своих интересов, способностей и склонностей, но и получение достойного заработка, занятие высокого положения в обществе. Все это осложняется нестабильной и чрезвычайно изменчивой ситуацией на рынке труда.

Выбор профессии – сложный и длительный процесс, в котором существуют опасности. Одна из них – затягивание и откладывание старшеклассниками профессионального выбора в связи с отсутствием сколько-нибудь выраженных и устойчивых интересов. Эта задержка часто сочетается с общей незрелостью, инфантильностью поведения и социальных ориентаций молодых людей. Что вполне понятно, если вспомнить, что профессиональное самоопределение – один из главных компонентов взросления и устойчивого образа Я, самоуважения и т.д. [2].

Индивидуальная ситуация выбора профессии при всем разнообразии у каждого старшеклассника конкретных жизненных обстоятельств имеет некоторую общую структуру. Так, Е.А. Климов выделяет восемь важнейших типов обстоятельств, которые старшеклассникам полезно «не забыть», принять, так или иначе, во внимание при обдумывании профессионального будущего:

1. Позиция старших членов семьи.
2. Позиция сверстников, «значимых других» из круга внесемейного общения.
3. Позиция учителей.
4. Способности, умения, достигнутый уровень развития учащегося как субъекта деятельности.

5. Уровень притязаний учащегося на общественное признание.
6. Уровень информативности.
7. Склонности к тем или иным видам деятельности.
8. Сложившиеся к данному моменту личные профессиональные планы учащегося (включая их полную неопределенность и случай отсутствия) [4].

Для процесса формирования будущих специалистов важное значение имеет знание уровня профессиональной направленности учащихся. Профессиональная направленность – интегративное качество личности, которое определяет отношение человека к профессии. Она придает всей учебно-трудовой деятельности учащегося глубокий личностный смысл, резко повышая тем самым качество усвоения профессиональных знаний, умений, навыков [1].

Рассмотрим конкретные составляющие профессиональной направленности. Ведущей среди них является система ценностных ориентаций, связанных с профессиональными устремлениями человека.

К профессионально-ценностным ориентациям относятся социальная значимость и престиж профессии, содержание профессионального труда, возможности совершенствования и самоутверждения.

Следующий компонент профессиональной направленности – профессиональные интересы, выражающие личную приязнь к конкретному виду труда, имеющему для человека эмоциональную привлекательность.

Под профессиональными интересами понимается динамический комплекс психических свойств и состояний, проявляющихся в избирательной эмоциональной, познавательной и волевой активности, направленной на предполагаемую профессию.

Также анализ исследования С.В. Фроловой позволил выявить влияния некоторых социально-демографических особенностей будущих абитуриентов на профессиональное самоопределение. Показано, что старшие дети в семье при поступлении в высшие учебные заведения в большей степени останавливают свой выбор на престижных профессиях типа «человек-знак», одним из ведущих мотивов при этом выступает возможность в последующем получить достойный заработок, обеспечить материально свою семью. Установлено, что младшие дети в семье чаще выби-

рают профессии типа «человек-человек». А единственные дети в семье выбирают престижные и технические профессии [6].

Таким образом, обобщая проведенный анализ психологических особенностей профессионального самоопределения старшекласников, можно выделить следующее: основу процесса профессионального самоопределения составляют проявление и развитие способностей и формирование интересов и склонностей, результатом которого становится выбор профессии, который следует рассматривать как сложный многоэтапный процесс. Конечным результатом профессионального выбора становится выработка и принятие решения на основе знания своих склонностей, интересов, способностей, возможностей и профессиональной пригодности.

Условиями, обеспечивающими оптимальный уровень профессионального самоопределения старшекласников, являются: личностная зрелость, адекватность самооценки способностей и интересов для овладения будущей профессией, степень полноты представлений о содержании будущей профессиональной деятельности, психолого-педагогическое сопровождение формирования профессионального самоопределения.

Научные публикации психологов, педагогов, социологов дают основание рассматривать проблему профессионального самоопределения как актуальную в целом и как проблему особой значимости для старшекласников. Сложившееся понимание профессионального самоопределения, как составляющей общего процесса развития личности, предполагает взаимодействие двух систем. С одной стороны, это личность как саморегулирующаяся система, с другой – система педагогических условий, способствующая профессиональному самоопределению старшекласника [5].

Ядром профессионального самоопределения, осуществляемого в течение всей профессиональной жизни, является оптимальный выбор профессии с учетом своих особенностей и возможностей, требований профессиональной деятельности и социально-экономических условий, в целом, представляющий собой избирательное его отношение к миру профессий и к конкретной выбранной профессии.

Профессиональное самоопределение старшекласников находится во взаимосвязи с личностным самоопределением, являясь важной характеристикой социально-психологической зрело-

сти личности, ее потребности в самореализации и самоактуализации [6].

Характер формирования профессионального самоопределения учащихся старших классов в большей степени зависит от внешних условий, к которым относятся:

- престиж профессии, продуцируемый СМИ;
- уровень оплаты труда специалиста в данной сфере в настоящее время;
- состояние современного рынка труда, востребованность той или иной профессии;
- социальный статус семьи, мнения и установки значимых взрослых (как правило, родителей).

Оптимальным вариантом выбора профессии является сознательный, свободный выбор, когда старшеклассник сам принимает решение. Несмотря на это, процесс выбора часто требует участия значительного числа взрослых (родителей, педагогов, психологов). Поэтому решение должно выступать как самостоятельное принятое, не как навязанное со стороны. То есть важным и необходимым результатом деятельности профессионального самоопределения является отчетливое сознание у старшеклассника того, что «я сам» выбрал профессию [4].

Остались в прошлом гарантии права на отдых и труд, на бесплатное высшее образование и достойную старость. Сами условия бытия настоятельно требуют, обязывают каждого россиянина стать хозяином жизни и ее творцом. В этом мы можем и должны помочь старшеклассникам: найти точку опоры в себе, веру в себя, познать себя и свои возможности, научиться разбираться в мире профессий, соотносить свои «хочу» и «могу» с рынком труда и научиться быть профессионалами.

Список литературы

1. Ананьина Е.В. Готовность старшеклассников к профессиональному самоопределению. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2006. – № 9.
2. Беляева Л.А. Построение "Я-Концепции" как важнейшее условие профессионального самоопределения старшеклассников // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2010. – № 91.

3. Зеер Э.Ф. Психология профессионального самоопределения в ранней юности: учеб. пособие. – Воронеж: МОДЭК, 2008.
4. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. – М.: Академия, 2010.
5. Новиков М.Г. Особенности влияния личностных качеств на профессиональное самоопределение молодежи // Мир психологии. – 2009. – № 3.
6. Фролова С.В. Факторы профессионального самоопределения старшеклассников // Высшее образование сегодня. – 2009. – №1. – С. 69–71.

УДК 173

О.С. Моторина, Т.С. Сычева

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ БЛАГОПОЛУЧИЯ МОЛОДОЙ СЕМЬИ

Семья – это малая социальная группа, которая основана на супружеском союзе и родственных связях (отношения мужа с женой, родителей и детей, братьев и сестёр), которые живут вместе и ведут общее домашнее хозяйство.

Издавна семье отводились важнейшие функции в развитии и становлении государства, ведь именно семья воспитывает граждан страны, закладывает в них основные морали и ценности. В настоящее время к созданию семьи подходят с небольшим желанием, ставя во главе жизненного пути другие цели. Так, например, многие девушки оттягивают создание семьи до 30 лет, объясняя это тем, что они:

- молоды;
- не могут найти достойного спутника жизни, в котором девушка будет уверена;
- желают быть финансово независимой от родителей и от партнера; желают сделать карьеру.

Но они не задумываются о том, что самый репродуктивный возраст женщины 22–26 лет. Ведь пока организм молодой, ему легче выносить плод и родить здорового младенца.

В основе семьи лежат брачные отношения, в которых находят проявление как естественная, так и социальная природа человека, как материальная (общественное бытие), так и духовная (общественное сознание) сфера социальной жизни.

Общество заинтересовано в устойчивости брачных отношений, поэтому оно осуществляет внешний социальный контроль за оптимальным функционированием брака с помощью системы общественного мнения, средств социального воздействия на индивида, процесса воспитания.

Э. Дюваль рассматривает развитие жизненного цикла семьи, который проходит почти каждая пара (см. таблицу).

Факторы семейного благополучия

Важнейшие предпосылки будущего семейного, в том числе супружеского, благополучия.

Психобиологическая совместимость. Речь идет о «неопределимой внутренней симпатии», в основе которой могут быть такие ясные причины, как восхищение талантом, достигнутым успехом, общественным положением или внешним эстетическим идеалом. Брак без спонтанного влечения обычно не гарантирует удачного супружества.

Факторы, оказывающие косвенное воздействие на благополучие супружеской жизни. Важно знать, какими были супружеские отношения родителей избранника, какие негативные явления наблюдаются в семье и характере родителей, т.к. многое передается по наследству, к тому же даже не большая семейная травма часто оставляет глубокий след, формируя у ребенка отрицательные взгляды.

Образование. Высшее образование не всегда повышает уровень стабильности семейных отношений. Даже в браке, заключенном между двумя молодыми людьми, окончившими высшие учебные заведения, могут возникнуть конфликты, которые, если их своевременно не решить, дадут повод к разводу. Однако интеллектуальный уровень и характеры партнеров не должны чрезмерно отличаться.

Развитие жизненного цикла семьи (по Э. Дювалю)

№	Стадия	Задачи, связанные с развитием семьи
1	Супружеские пары без детей	Брак, удовлетворяющий обоих супругов. Урегулирование вопросов, касающихся беременности и желания стать родителями
2	Появление в семье детей (возраст старшего ребенка – 30 месяцев)	Появление детей. Адаптация к ситуации их появления и забота о правильном развитии младенцев. Организация семейной жизни, удовлетворяющая потребности как родителей, так и младенцев
3	Семьи с детьми-дошкольниками (возраст старшего ребенка от 2,5 до 6 лет)	Адаптация к основным потребностям и склонностям детей-дошкольников с учетом необходимости содействия их развитию. Преодоление трудностей, связанных с усталостью и отсутствием личного пространства
4	Семьи с детьми (возраст старшего ребенка от 6 до 13 лет)	Присоединение к семьям с детьми школьного возраста. Побуждение детей к достижению успехов в учебе
5	Семьи с подростками (старшему ребенку от 13 до 20 лет)	Установление равновесия между свободой и ответственностью. Создание круга интересов, не связанных с родительскими обязанностями, и проблемы карьеры
6	Уход молодых людей из семьи (от ухода первого ребенка до момента, когда самый младший покинет дом)	Ритуализация освобождения молодых людей от родительской опеки. Сохранение духа поддержки как основы семьи
7	Средний возраст родителей (от "пустого гнезда" до ухода на пенсию)	Перестройка супружеских отношений. Сохранение родственных связей со старшим и младшим поколениями
8	Старение членов семьи (от ухода на пенсию до смерти обоих супругов)	Решение проблемы тяжелой утраты и одинокой жизни. Сохранение связей и адаптация к старости. Адаптация к уходу на пенсию

Трудовая стабильность. Люди, часто меняющие место работы, отличаются неустойчивостью, чрезмерной неудовлетворенностью, неспособностью налаживать длительные отношения.

Возраст определяет общественную зрелость партнеров, подготовленность к выполнению супружеских и родительских обя-

занностей. Наиболее оптимальным считается возраст 20–24 года. Наиболее естественная разница в возрасте супругов 1–4 года.

Продолжительность знакомства. За период знакомства важно хорошо узнать друг друга не только в оптимальных условиях, но и в трудных ситуациях, когда ярко проявляются личные качества и слабости характера партнера. Возможно, как это принято сейчас, пожить вместе какое-то время, чтобы освоиться, привыкнуть к особенностям друг друга.

Конфликты в семье и советы по их устранению

Из-за чего же бывают конфликты в семейных отношениях? А.И. Кочетов называет семь основных причин, перечисляя их в соответствии с частотой встречаемости:

- нарушение этики супружеских отношений (измена, ревность);
- биологическая несовместимость;
- неправильные взаимоотношения супругов (одного из них) с окружающими их людьми — родственниками, знакомыми, сослуживцами и т.д.;
- несовместимость интересов и потребностей;
- различные педагогические позиции по отношению к ребенку;
- наличие личностных недостатков или отрицательных качеств у одного, а подчас и у обоих супругов; отсутствие взаимопонимания между родителями и детьми.

Стратегии ведения семейного спора

По-видимому, *первым условием* ведения культурного спора двух любящих друг друга супругов должно быть – не добиваться победы. Необходимо помнить: твоя победа – это поражение второго супруга, поражение любимого тобой человека. А так ли уж сладко добиться победы над любимым? Гораздо ценнее и благоприятнее для семьи будет изменение цели в конфликте, в споре – не доказать свою правоту, а обсудить объективно, из-за чего возникло разногласие.

На второе место поставить такое – уважение супруга, какая бы, по вашему мнению, вина на нем не лежала. Даже в минуты,

когда вас душит обида, ревность, злость, надо помнить — ведь это он (или она) еще недавно был самым дорогим для вас человеком.

Наконец, *третье важнейшее условие* мирного завершения семейной ссоры – не помнить о ней. Специалисты, изучающие психологию семейных отношений, утверждают – чем скорее забывается плохое, тем благополучнее, счастливее оказывается семья. По их мнению, категорически запрещается упоминание о тех причинах, побудивших ссору, которые уже разобраны. Надо взять за правило – какова бы ни была обида, нанесенная одним супругом другому, но если конфликт состоялся, отношения выяснены и наступило примирение, забыть о ней навсегда.

Нельзя и затаивать обиду – чем раньше вы прореагировали на нее, тем меньше успело напластоваться на нее всяких привходящих моментов, тем безболезненней окажется операция по ее ликвидации. Правда, здесь необходимо помнить вот о чем: вам нанесена обида, вы готовы сказать все, что думаете, но у второго супруга именно сегодня день рождения или радостное событие на работе. Имейте в виду, в такой ситуации конфликт будет воспринят в 2–3 раза острее. А может быть, стоит как исключение эту обиду и простить.

Существует три основных вида супружеских ролей: традиционные, товарищеские и партнерские, в которых и со стороны жены и со стороны мужа, четко распределены права и обязанности сторон.

В заключение можно сказать, что семья есть группа людей, связанных узами родства, общностью быта и взаимной моральной ответственностью. Она представляет собой гибкую, постоянно меняющуюся систему, чутко реагирующую адаптационными изменениями на внешние и внутренние воздействия. Основное назначение семьи – удовлетворение индивидуальных, групповых и общественных потребностей. Структура семьи дает возможность ответить на вопрос, каким образом реализуются функции семьи: кто в семье осуществляет руководство, а кто является исполнителем, как распределены между членами семьи права и обязанности. Изменения функций и структуры семьи осуществляются в зависимости от этапов ее жизнедеятельности.

Основу семейной системы составляет система отношений: супружеских, детско-родительских, сиблинговых, родственных.

Список литературы

1. Дружинин В.Н. Психология семьи. – М.: КСП, 1996. – 124 с.
2. <http://www.psychlist.net/family>.
3. Детско-родительские отношения. – URL: http://knowledge.allbest.ru/psychology/2c0b65625a3ac78a5c53a88521206c26_0.html.
4. Психология семейных отношений. – URL: <http://www.referatbank.ru/referat/preview/7088/referat-psihologiya-semeynyh-otnosheniy.html>.
5. Психология семьи. – URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-54849.html>.

УДК 159.953

Д.А. Харлов

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

**СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ,
СОХРАНЯЮЩИЕ АДЕКВАТНУЮ САМООЦЕНКУ**

В ситуациях, когда интенсивность потребности возрастает, а условия её удовлетворения отсутствуют, поведение регулируется с помощью механизмов психологической защиты. Психологическая защита определяется как нормальный механизм, направленный на предупреждение расстройств поведения не только в рамках конфликтов между сознанием и бессознательным, но и между разными эмоционально окрашенными установками. Эта особая психическая активность реализуется в форме специфических приемов переработки информации, которые могут предохранять личность от стыда и потери самоуважения в условиях мотивационного конфликта. Психологическая защита проявляется в тенденции человека сохранять привычное мнение о себе, отторгая или искажая информацию, расцениваемую как неблагоприятную и разрушающую первоначальные представления о себе и других.

Исходя из своей концепции психического аппарата индивида
З. Фрейд выдвинул следующие положения:

1. Ведущую роль в человеческом поведении, в его душевной жизни играет бессознательное. Содержание бессознательного составляют врожденные инстинкты. По Фрейду таких инстинктов два: сексуальный («эрос» или либидо) и агрессия, стремление к разрушению («танатос»). Кроме этого в содержание бессознательного входят желания, аффекты, вытесненные из сознания по причине их неприемлемости или нежелательности (культурной неприемлемости или травматичности для субъекта). Содержание бессознательного энергетически заряжено: инстинкты и желания, изгнанные из сознания, стремятся быть удовлетворенными. Эта энергия является «двигателем» человеческого поведения, его устремлений.

2. Влечения бессознательного находятся в противоречии с нормами культуры. 3. Фрейд утверждал, что инстинкты человека по природе своей асоциальны и эгоистичны. Социальные нормы – это узда, которая накидывается на них и тем самым делает возможным совместное существование людей.

3. Психическое и социальное развитие человека идет через установление баланса между инстинктами и культурными нормами. Таким образом, в процессе развития Я человека вынуждено постоянно искать компромисс между рвущейся наружу энергией бессознательного и тем, что допускается обществом.

4. Этот баланс, компромисс устанавливается посредством защитных механизмов психики. Защитным механизмом называется специфическое изменение содержания сознания, возникающее в ситуации внутреннего конфликта. Защитные механизмы начинают действовать, когда достижение цели нормальным способом невозможно или когда человек полагает, что оно невозможно. Важно подчеркнуть, что это не способы достижения желаемой цели, а способы организации частичного и временного душевного равновесия, с тем чтобы собрать силы для реального преодоления возникших трудностей, т. е. разрешения конфликта соответствующими поступками. В этом случае люди по-разному реагируют на свои внутренние трудности. Одни, отрицая их существование, подавляют склонности, которые доставляют им неудобства, и отвергают некоторые свои желания как нереальные и невозможные. Приспособление в этом случае достигается за счёт изменения восприятия. Сначала, человек отрицает то, что нежелательно, но постепенно может привыкнуть к такой ориентации, действительно забыть болезненные сигналы и действовать так, как если бы их не существовало. Другие люди преодолевают конфликты, пытаясь манипулировать беспокоящими их объектами, стремясь овладеть

событиями и изменить их в нужном направлении. Третьи находят выход в самооправдании и снисхождении к своим побуждениям, а четвёртые прибегают к различным формам самообмана.

Личностям с особенно жёсткой системой принципов поведения было бы особенно трудно и подчас невозможно действовать в разнообразной и изменчивой среде, если бы защитные механизмы не оберегали их психику.

Защитные механизмы могут быть эффективными или неэффективными (в зависимости от того, удастся ли человеку сладить с энергией бессознательного без патологических симптомов) [1,2].

Таким образом, механизмы психологической защиты – это способ борьбы «Я» против болезненных, непереносимых для субъекта переживаний. Все механизмы психологической защиты искажают реальность с целью сохранения психического здоровья и целостности личности. В этом случае цена психического здоровья:

- искаженная действительность,
- искаженный образ «Я»,
- искаженный внешний мир.

В психологии, к сожалению, не сложилось единого взгляда на явление «психологическая защита». Защитные механизмы позволяют сохранить или, вернее, достигнуть внутреннего благополучия за счет игнорирования реальности. Механизмы психологической защиты формируются первоначально в межличностных отношениях, затем становятся внутренними характеристиками человека, т.е. в индивидуальном опыте происходит научение тем или иным защитным формам поведения. Все механизмы психологической защиты помогают человеку свести до минимума чувство тревоги.

Основные признаки механизмов психологической защиты (механизмов интрапсихической защиты):

- 1) импульсивность (механизмы психологической защиты не зависят от воли);
- 2) искажение реальности;
- 3) отсутствие осознания субъектом защитных форм поведения.

Основные функции механизмов психологической защиты:

- 1) сохранение личностной целостности,
- 2) сохранение психического здоровья, определенного «Я-образа». Причем, как установлено в исследованиях разных психо-

логов, для человека важно сохранение даже не столько благополучного, сколько привычного, устойчивого представления о себе. Это очень ярко демонстрирует так называемый «дискомфорт успеха». Суть его в том, что человек, привыкший к неуспеху, добившись успеха, победы, стремится свести это к минимуму, обесценить;

3) регуляция межличностных отношений.

Рассмотрим основные механизмы психологической защиты:

1. Фрустрация – это психическое состояние человека в случае возникновения на его пути к достижению цели препятствий, воспринимаемых им как непреодолимые.

2. Сублимация (в букв. переводе «возгонка») – один из защитных механизмов, представляющих собой подсознательную замену одной, запретной или практически не достижимой, цели на другую, разрешенную и более доступную, способную хотя бы частично удовлетворить актуальную потребность.

3. Вытеснение – наиболее универсальный способ избегания внутреннего конфликта путём активного выключения из сознания неприемлемого мотива или неприятной информации.

4. Проекция – бессознательный перенос собственных чувств, желаний и влечений, в которых человек не хочет себе сознаться, понимая их социальную неприемлемость, на другое лицо.

5. Комплементарная – приписывание другому того состояния, которое отсутствует у субъекта, но дополнительно к состоянию субъекта.

6. Атрибутивная – наивное суждение при недостатке знаний.

7. Симбиотическая – приписывание собственных качеств, которых субъект не осознает, другим людям.

8. Идентификация – бессознательный перенос на себя чувств и качеств, присущих другому человеку и не доступных, но желательных для себя.

9. Интеллектуализация – излишне «умственный» способ переживания конфликтов и их обсуждения.

10. Соматизация – уход в болезнь.

11. Подавление – ограничение мыслей и действий для того, чтобы избежать тех из них, которые могут вызвать тревогу.

12. Аскетизм – отрицание, отказ себе в удовольствии.

13. Фантазирование – бегство в мир мечты, где осуществляются все желания, где умен, силен, красив и удачлив.

14. Замещение – перенос действия, направленного на недоступный объект, на действие с доступным объектом.

15. Изоляция или отчуждение – обособление внутри сознания травмирующих человека факторов. При этом неприятные эмоции блокируются от доступа к сознанию, так что связь между каким-то событием и его эмоциональной окраской не отражается в сознании [3].

Рассмотренный материал показал, какие бывают типы психологической защиты, которые необходимы для самого сознания человека и играют важную роль в его жизни. Зная методы, можно попытаться свести чувство тревоги до минимума.

В основе понятия психологической защиты лежит особым образом осмысленная, самоформирующая работа, требующая хороших знаний и профессиональной подготовки специалистов. Её особенность в том, что внешний конфликт человека с другими должен проявляться в их достаточной компетентности, в умении учитывать самые существенные характеристики результативности восприятия и взаимодействия, а также эффективно осуществлять деловое общение.

Список литературы

1. Бассин Ф.В. О силе Я и психологической защите // Вопросы философии. – 1969. – №2. – С.118–126.
2. Журбин В.И. Понятие психологической защиты в концепциях З.Фрейда и К.Роджерса // Вопросы психологии. – 1990. – №4. – С.14–23.
3. Романова Е.С., Гребенников Л.Р. Механизмы психологической защиты. – Мытищи, 1990. – С.6–24.
4. Фрейд З. Введение в психоанализ: Лекции. – М.: Наука, 1989. – 456 с.
5. Фрейд З. Я и Оно // Психология бессознательного. – М.: Просвещение, 1990. – С.425–439.
6. Фрейд З. и Роджерса К. // Вопросы психологии. – 1990. – №4. – С.14–23.

УДК 371.31.016.54

И.В. Кашуба, Д.А. Телегенова

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ

Социально-экономические изменения в России привели к необходимости модернизации многих социальных институтов, в первую очередь системы образования. Новые задачи, поставленные в настоящее время перед образованием, сформулированы и представлены в образовательном стандарте.

Сегодня под новым качеством образования понимается достижение обучающимися таких образовательных результатов, которые позволят быть успешными в современных условиях перехода к обществу с рыночной экономикой. Общеобразовательная школа должна формировать целостную систему универсальных знаний, умений и навыков, а также опыт самостоятельной деятельности и личной ответственности обучающихся, то есть ключевые компетентности, определяющие современное качество образования. Компетентностный подход в обучении, как средство повышения качества образования, – приоритетное направление модернизации систем обучения в мировом образовательном пространстве. Российская школа, находящаяся в активной фазе реформирования своей системы, не может пройти мимо компетентностного подхода.

В период глобализации очень важно исследовать применение компетентностного подхода при обучении и измерении учебных достижений с позиций мирового образовательного сообщества и выявить связи компетентностного подхода в нашей стране с общими мировыми принципами реформирования образования. Хорошо известно, что они привели европейские страны к высокому уровню качества образования как в целом, так и в отдельных образовательных учреждениях. На объективную закономерность перехода к новой модели образования, т.е. такой системе целеполагания, планирования, организации и оценки результатов обучения, которая обеспечивает достижение определенного качества обра-

зования, указывают многие отечественные ученые (В.А. Болотов, В.Д. Шадриков и др.). Компетентность как измеряемая характеристика успешности обучения и компетенции как цели учебного процесса прописаны в государственных стандартах обучения ряда стран. Тем не менее, нет полной ясности ни о самом понятии «компетентности», ни о конкретных методико-дидактических средствах, при помощи которых достигаются позитивные результаты, ни об инструментах измерения, при помощи которых можно измерить достижение этих результатов.

Ориентированное на компетенции образование (competence-based education – CBE) формировалось в 1970-х годах в Америке в общем контексте предложенного Н. Хомским в 1965 году (Массачуссетский университет) понятия «компетенция» применительно к теории языка, трансформационной грамматике.

Компетентностный подход предполагает формирование компетенции, под которой А.В. Хуторской понимает «совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов необходимых, чтобы качественно продуктивно действовать по отношению к ним».

Основные идеи компетентностного подхода сформулированы Л.О. Филатовой:

- ✓ компетентность объединяет в себе интеллектуальную и навыковую составляющую образования;
- ✓ понятие компетентности включает не только когнитивную и операционально-технологическую составляющие, но и мотивационную, этическую, социальную и поведенческую;
- ✓ оно включает результаты обучения (знания и умения), систему ценностных ориентаций, привычки и др.;
- ✓ компетентность означает способность мобилизовать полученные знания, умения, опыт и способы поведения в условиях конкретной ситуации, конкретной деятельности;
- ✓ компетентностный подход включает идентификацию основных умений;
- ✓ компетентности формируются в процессе обучения не только в школе, но и под воздействием окружающей среды, то есть в рамках формального, неформального и вне формального образования;

-
- ✓ понятие «компетенции» является понятием процессуальным, т.е. компетенции как проявляются, так и формируются в деятельности;
 - ✓ компетентностный подход возник из потребности в адаптации человека к часто меняющимся в производстве технологиям. Компетенция – это способность менять в себе то, что должно измениться как ответ на вызов определенной ситуации с сохранением некоторого ядра образования: целостное мировоззрение, ценности;
 - ✓ компетенция описывает потенциал, который проявляется ситуативно и может лечь в основу оценки лишь отсроченных результатов обучения [6].

Идеи компетентностного подхода как принципа образования рассматриваются в работах А.М.Аронова, А.В.Баранникова, А.Г.Бермуса, В.А.Болотова, И.А.Зимней, Г.Б. Голуба, В.В. Краевского, О.Е.Лебедева, М.В. Рыжакова, Ю.Г.Татура, Л.О. Филатовой, И.Д.Фрумина, А.В.Хуторского, О. В. Чураковой, М.А., Чошанова, П.Г.Щедровицкого. Все исследователи, изучавшие природу компетентности, обращают внимание на ее многосторонний, разноплановый и системный характер. Проанализировав работы, посвященные компетентностному подходу, можно сделать вывод, что данный подход имеет в своей основе три принципа.

Первый из них заключается в следующем: в основе образования должны лежать базовые знания и соответствующие умения, способы обучения, навыки. Для достижения этого обучаемые должны владеть основополагающими инструментами учения, то есть чтением, письмом и математической грамотностью. Второй принцип: содержание образования должны составлять действительно важные и необходимые, а не второстепенные знания. Система образования должна иметь академический характер и ориентироваться на базовые отрасли науки. Внимание школы должно быть направлено на то, что выдержало проверку временем и является основой образования. Наконец, третий принцип – это принцип гуманного отношения к личности.

Традиционная знаниевая парадигма образования имеет в своей основе идею о «сберегающей» роли школы, цель которой заключается в сохранении и передаче молодому поколению культурного наследия, идеалов и ценностей, способствующих как индивидуальному развитию, так и сохранению социального порядка. По-

этому содержание школьных программ должно основываться на базовых, выдержавших испытание временем знаниях, умениях, навыках, обеспечивающих функциональную грамотность и социализацию ребенка. Направленность образовательного процесса трактуется определенным образом, ориентируя учителей на предметные программы, фиксированные, поддающиеся оценке, результаты.

Компетентностный подход, в свою очередь, рассматривает образование и образованность как умение решать проблемы, независимо от их сложности, опираясь на имеющиеся знания. Это подход, акцентирующий внимание на результате образования, причем в качестве результата рассматривается не усвоение суммы информации (сведений), а способность человека самостоятельно действовать в различных проблемных ситуациях, применяя знания и порождая новые.

Еще одна особенность компетентностного подхода заключается в том, что он предполагает овладение знаниями и умениями в комплексе. Поэтому по-новому выстраивается система методов обучения, так как в основе лежит структура соответствующей компетентности и той функции, которую она выполняет в образовании. При компетентностном подходе образовательный процесс становится исследовательским и практико-ориентированным, то есть сам становится предметом усвоения.

Таким образом, компетентностный подход – подход, реализующий деятельностный характер образования, при котором учебный процесс ориентируется на практические результаты. При этом не происходит отрицания знаний, которые нужны как основа деятельности, поэтому в теории обучения и воспитания появилось понятие «компетентность», которое означает способность мобилизовать полученные знания, умения, опыт и способы поведения в условиях конкретной ситуации, конкретной деятельности.

В толковом словаре русского языка компетентность определяется как «осведомленность, авторитетность», а компетенция имеет два значения: круг вопросов, явлений, в которых данное лицо обладает авторитетностью, познанием, опытом, и круг полномочий, область подлежащих чьему-нибудь ведению вопросу, явлений (право). В педагогической литературе эти термины часто используются и уже «устоялись». Их широкое применение вполне оправдано, особенно в связи с необходимостью модернизации со-

держания образования. Рассмотрим данные понятия в контексте педагогической науки.

И.С.Фишман считает, что «компетенция выражается в готовности субъекта эффективно организовывать внутренние и внешние ресурсы для достижения поставленной цели». Компетенция проявляется, по сути, через постановку и достижение цели в субъективно новой ситуации. В таком понимании компетенция является единой, системной, не поддающейся расчленению на отдельные элементы. Компетенция необходима человеку, живущему в обществе бурно развивающихся технологий, где основным требованием к работнику является требование осваивать новые технологии и роли или выполнять не алгоритмизированные действия. Поскольку признаком того, что субъект овладел деятельностью, является тот факт, что он управляет этой деятельностью, осознавая себя в ней, в основе компетенции лежит самоуправление (самоменеджмент). Согласно И.С.Фишман, «компетентность – результат образования, выражающийся в овладении учащимся определенным набором (меню) способов деятельности, по отношению к определенному предмету воздействия». Его значение состоит в том, что:

- а) овладевая каким-либо способом деятельности, учащийся получает опыт присвоения деятельности;
- б) формируется персональный «ресурсный пакет», который составляет второй после самоуправления слой, необходимый для формирования компетенции;
- в) компетентности ценны как результат образования сами по себе – набор осваиваемых способов деятельности должен быть социально востребованным и позволять учащемуся оказываться адекватным типичным ситуациям;
- г) именно такой набор осваиваемых способов деятельности и является предметом запроса работодателей, который может быть актуален на протяжении определенного времени, а затем должен корректироваться в связи с изменением социально-экономической ситуации.

Сопоставление компетенции и компетентностей с другими образовательными результатами позволяет выявить специфические признаки новых результатов образования.

Классификация компетентностей условна, поскольку в реальной деятельности одновременно активны несколько сложных умений, вычлнить которые в чистом виде невозможно. Мы не сможем однозначно ответить на вопрос, что является залогом успешной коммуникации: правильно поставленная цель коммуникации, адекватно подобранная информация или корректно примененные техники устранения разрывов в коммуникации. В то же время и педагогам, и администраторам всех уровней нужна некая классификация, позволяющая внутри системы образования четко обозначить результаты образования и работать на их достижение.

Хуторской А.В. приводит содержание основных ключевых компетенций, в перечень которых входят: ценностно-смысловая, общекультурная, учебно-познавательная, информационная, коммуникативная, социально-трудовая, личностная компетенции.

Разработчики «Стратегии модернизации содержания общего образования» предлагают разграничение компетентностей по сферам:

- ✓ компетентность в сфере самостоятельной познавательной деятельности, основанная на усвоении способов приобретения знаний из различных источников информации, в том числе внешкольных;
- ✓ компетентность в сфере гражданско-общественной деятельности, (выполнение ролей гражданина, избирателя, потребителя);
- ✓ компетентность в сфере социально-трудовой деятельности (в том числе умение анализировать ситуацию на рынке труда, оценивать собственные профессиональные возможности, ориентироваться в нормах и этике взаимоотношений, навыки самоорганизации);
- ✓ компетентность в бытовой сфере (включая аспекты собственного здоровья, семейного бытия и прочие);
- ✓ компетентность в сфере культурно-досуговой деятельности (включая выбор путей и способов использования свободного времени, культурно и духовно обогащающих личность) [1].

В государственном стандарте базового и полного среднего образования выделены такие группы ключевых компетентностей:

1. Социальные (характеризуют умение человека полноценно жить в обществе) – брать на себя ответственность, прини-

- мать решения, делать выбор, бесконфликтно выходить из жизненных ситуаций.
2. Поликультурные – не только овладение достижениями культуры, но и понимание, и уважение к людям других национальностей, религий, культур, языков, рас.
 3. Коммуникативные – умение общаться устно и письменно родным и иностранным языками.
 4. Информационные – умение получать, осмысливать, обрабатывать и использовать информацию из разных источников.
 5. Саморазвитие и самообразование – потребность и готовность постоянно учиться на протяжении всей жизни.
 6. Продуктивной творческой деятельности [3].

Конкретный набор ключевых компетентностей является предметом запроса работодателей к системе образования, может варьироваться в связи с актуальной социально-экономической ситуацией в том или ином регионе. Среди прочих компетентностей для нас наиболее важны химическая и информационная как составные части образовательной компетентности.

Образовательная компетентность представляет собой владение совокупностью взаимосвязанных смысловых ориентаций, знаний, умений, навыков и опыта деятельности ученика. В соответствии с разделением содержания образования на общее (метапредметное), межпредметное и предметное различают три вида образовательных компетентностей:

- ✓ ключевые – относятся к общему содержанию образования;
- ✓ общепредметные – относятся к определенному кругу учебных предметов и образовательных областей, например естествознанию;
- ✓ предметные – частные компетентности по отношению к двум предыдущим уровням, имеющие конкретные описания и возможность формирования в рамках конкретных учебных предметов [4].

Применительно к химии предметная компетентность включает следующие знания, умения и навыки:

1) Понятие о химии как неотъемлемой составляющей естественно-научной картины мира; химия – центральная наука о природе, тесно взаимосвязанная с другими естественными науками.

2) Представление о том, что окружающий мир состоит из веществ, которые характеризуются определенной структурой и

способны к взаимным превращениям; существует связь между структурой, свойствами и применением веществ.

3) Химическое мышление, умение анализировать явления окружающего мира в химических терминах, способность говорить и думать на химическом языке.

4) Понимание роли химии в повседневной жизни и прикладного значения химии в жизни общества, а также в решении глобальных проблем человечества: продовольственной, энергетической, экологической и др.

5) Практические навыки безопасного обращения с веществами, материалами и химическими процессами в повседневной жизни, а также умение управлять химическими процессами [6].

Успешное формирование предметной химической компетентности в немалой степени зависит от компетентности информационной, под которой понимается владение информационными технологиями, умение работать со всеми источниками и видами информации.

Наибольшее значение информационная компетентность приобретает в период предпрофильной подготовки учащихся (в первую очередь при изучении элективных курсов, призванных помочь выпускнику основной школы сделать осознанный выбор профиля в старшей школе) и при изучении химии на базовом или профильном уровне в соответствии с выбранным профилем обучения (обеспечивающим преемственность между общеобразовательной и профессиональной подготовкой выпускника средней школы). И профильное, и предпрофильное химическое образование предполагает усиление самостоятельного поиска химической информации, анализа ее и представление выводов или рекомендаций, сделанных на основе этого анализа. Источниками такой информации могут быть средства массмедиа, различная литература (научная, научно-популярная, справочная, и т.д.) и, конечно же, столь популярный в наше время среди учащихся Интернет.

Поиск, анализ, переработка и представление химической информации учащимися позволяют формировать и развивать не только информационную и предметную химическую компетентности, но и совершенствовать такую важнейшую и социально значимую компетентность, как коммуникативная. Достаточно сказать, что в практике ученической деятельности в старшей школе все большее распространение получают такие формы, как защиты

рефератов, проектов, дискуссии, «круглые столы», научно-исследовательские работы, требующие коммуникативной компетентности учащихся, так как им необходимо ярко, образно, доказательно выступать перед представительной аудиторией, отстаивать свою точку зрения или соглашаться с чужой, находить консенсус в споре, чувствовать себя комфортно в паре, группе или коллективе и не создавать дискомфорта для окружающих.

Таким образом, необходимо еще раз сделать ударение на главной особенности компетентности как педагогического явления, а именно: компетентность – не специфические предметные умения и навыки, даже не абстрактные умственные действия или логические операции. Компетентность – это способность к решению жизненных и профессиональных задач в той или иной области.

Список литературы

1. Болотов В.А., Сериков В.В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе // Педагогика. – 2013. – № 10. – С. 45–49.
2. Бермус А.Г. Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в образовании // Интернет журнал «Эйдос». 2005. 10–12 сентября [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm>.
3. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. – 2013. – № 5. – С. 34–42.
4. Лебедев О.Е. Компетентностный подход в образовании // Школьные технологии. – 2014. – № 5. – С. 3–12.
5. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты // Интернет-журнал «Эйдос». 2012, 23 апреля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2002/04-23.htm>.
6. Филатова Л.О. Компетентностный подход к построению содержания обучения как фактор развития преемственности школьного и вузовского образования // Дополнительное образование. – 2013. – №7. – С.9–11.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агутин Г.В.	145	Леушин И.О.	20
Арабей А.В.	25	Логачев Г.Н.	30
Артемьева С.В.	201, 216, 231	Лозовский Е.П.	164
Баскакова Н.Т.	201, 216, 231	Малашкин С.О.	98
Бежок А.П.	11	Миляев А.Ф.	71
Беляев Е.С.	131	Миникаев С.Р.	57
Бигеев В.А.	35	Михальцов А.М.	170
Боброва З.М.	212	Моторина О.С.	274
Богданчик М.И.	244	Немененок Б.М.	11, 51, 238
Большакова М.Ю.	120	Нефедьев С.П.	145
Булойчик И.А.	136, 150	Никитенко В.С.	71
Валеева Ю.Г.	39	Обабков Н.В.	120
Вдовин К.Н.	4, 62, 75	Овчинникова М.В.	62
Волков С.Ю.	4	Окулова Д.А.	268
Гегеня Д.В.	244	Оринина Л.В.	262
Гейко М.А.	20	Пивоварчик А.А.	170
Гетмановский Ю.А.	131	Прусова И.В.	238
Глушанкова Л.Я.	238	Пугач Д.Д.	186
Горбель И.А.	51	Пугачёв И.А.	224
Гузанов Б.Н.	120	Рамазанов И.А.	39
Гурченко П.С.	136	Расщепкина Е.Д.	254, 258, 268
Дидович С.В.	164, 180	Рафальский И.В.	25
Долгополова Л.Б.	71	Румянцева Г.А.	11, 51, 238
Задруцкий С.П.	11, 51	Рыбина О.А.	201, 216, 231
Зайцев Г.С.	98	Савинов А.С.	68, 82
Зуева Т.Ю.	212	Семенюк М.А.	57
Ильина О.Ю.	212	Сергеев Д.С.	35
Каримуллина Э.А.	39	Сибатуллин С.К.	39
Кашуба И.В.	284	Сибатуллина М.И.	30, 39, 57
Козлова М.Н.	145	Сидоров М.В.	57
Колесников Ю.А.	35	Синицкий Е.В.	4
Константинов В.М.	136, 244	Столяров А.М.	164, 180, 186
Костромин С.В.	131	Столярова М.	254
		Суботин А.Ю.	20
		Сычева Т.С.	274
		Сычков А.Б.	98

Телегенова Д.А.	284	Чевычелов А.В.	57
Ткаченко Г.А.	155	Чернов В.П.	191
Феоктистов Н.А.	62, 75	Шайхутдинова Е.Ф.	251
Фет Е.П.	197	Шекшеев М.А.	98
Хабибуллин Ш.М.	75	Щербаков В.Г.	90
Халяпин А.А.	224	Юречко Д.В.	164, 180
Харлов Д.А.	279	Янбаев Р.М.	251
Харченко А.С.	30	Янбаев Ф.М.	251
Харченко Е.О.	57		

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово главного научного редактора 3

Раздел 1

ПРОЦЕССЫ ПЛАВКИ И ОБРАБОТКИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

К.Н. Вдовин, Е.В. Синицкий, С.Ю. Волков

Требования к высокохромистым чугунам для отливок деталей
пульповых насосов 4

С.П. Задруцкий, Б.М. Немененок, Г.А. Румянцева, А.П. Бежок

Влияние модифицирования эвтектики стронцием на пористость
силуминов 11

И.О. Леушин, А.Ю. Субботин, М.А. Гейко

Использование оцинкованных стальных отходов при индукционной
плавке 20

И.В. Рафальский, А.В. Арабей

О некоторых аспектах синтеза силуминов из алюмоматричных
кварцосодержащих композиций 25

А.С. Харченко, М.И. Сибгатуллина, Г.Н. Логачев

Применение кокса мелких фракций в доменном производстве 30

В.А. Бигеев, Д.С. Сергеев, Ю.А. Колесников

Возможности использования мелкодисперсных,
железосодержащих отходов металлургии 35

С.К. Сибгатуллин, И.А. Рамазанов, М.И. Сибгатуллина,

Э.А. Каримуллина, Ю.Г. Валеева

Распределение материалов по сечению шахтной печи
воздействием на траекторию движения материалов с большого
(нижнего) конуса..... 39

С.П. Задруцкий, Г.А. Румянцева, Б.М. Немененок, И.А. Горбель

Использование карбонатных флюсов для повышения
эффективности переработки алюминиевого лома 51

Е.О. Харченко, М.В. Сидоров, М.И. Сибгатуллина,

С.Р. Миникаев, А.В. Чевычелов, М.А. Семенюк

Выявление рационального режима загрузки окатышей в бункер
бзу лоткового типа при их доле 10–50% от железорудной части
шихты 57

Раздел 2 ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

- К.Н. Вдовин, М.В. Овчинникова, Н.А. Феоктистов**
Технология литья анкерного скрепления рельс..... 62
- А.С. Савинов**
Установка по определению теплопроводности литейной формы 68
- В.С. Никитенко, А.Ф. Миляев, Л.Б. Долгополова**
Исследование прочности металлофосфатных смесей
на основе агломерата..... 71
- К.Н. Вдовин, Н.А. Феоктистов, Ш.М. Хабибуллин**
Отработка технологии производства и исследование
качества литых броней с применением методов
неразрушающего контроля 75
- А.С. Савинов**
Определение главных напряжений при затрудненной усадке
стенки отливки..... 82

Раздел 3 МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМООБРАБОТКА СПЛАВОВ И ОТЛИВОК

- В.Г. Щербаков**
Получение диффузионно-легированных сплавов
в подвижных порошковых средах из металлических отходов
производства для индукционной наплавки и пути повышения
их технологических свойств 90
- А.Б. Сычков, Г.С. Зайцев, С.О. Малашкин, М.А. Шекшеев**
Обеспечение металлургического и структурного качества
катанке широкого назначения..... 98
- Б.Н. Гузанов, М.Ю. Большакова, Н.В. Обабков**
Температуροустойчивые износостойкие керметные покрытия
для газотурбостроения..... 120

Ю.А. Гетмановский, Е.С. Беляев, С.В. Костромин Исследование механических свойств компактной и порошковой стали 45.....	131
В.М. Константинов, П.С. Гурченко, И.А. Булойчик Применение процессов диффузионного цинкования для термически упрочненных изделий из металла	136
С.П. Нефедьев, Г.В. Агутин, М.Н. Козлова Винтовая плазменно-порошковая наплавка деталей малого диаметра.....	145
И.А. Булойчик Исследование характера формирования цинковых диффузионных слоев на стали в различном структурном состоянии	150
Г.А. Ткаченко Особенности индукционной термоциклической обработки деталей из конструкционных сталей.....	155

Раздел 4

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ

С.В. Дидович, А.М. Столяров, Е.П. Лозовский, Д.В. Юречко Подбор шлакообразующей смеси для промежуточного ковша современной слябовой МНЛЗ.....	164
А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик Роль смазок при разделении поверхностей стержня и отливки в момент извлечения ее из пресс-формы при литье под давлением	170
С.В. Дидович, А.М. Столяров, Д.В. Юречко О качестве стали, разлитой на слябовых МНЛЗ с вертикальным участком.....	180
Д.Д. Пугач, А.М. Столяров Особенности технологии непрерывной разливки if-стали в ККЦ ОАО «ММК»	186
В.П. Чернов Вязкость остеклованных отливок из оксидных сплавов.....	191

Раздел 5
ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ
В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Е.П. Фет

Управление затратами на качество через реализацию принципов СМК на примере прокатного производства 197

Н.Т. Баскакова, С.В. Артемьева, О.А. Рыбина

Проблемы организации технического обслуживания и ремонта основного технологического оборудования металлургических заводов 201

З.М. Боброва, О.Ю. Ильина, Т.Ю. Зуева

Анализ способов обращения с отходами в г. Магнитогорске 212

Н.Т. Баскакова, О.А. Рыбина, С.В. Артемьева

К вопросу бюджетирования затрат на ремонт основного технологического оборудования металлургического предприятия 216

И.А. Пугачёв, А.А. Халяпин

СКМ ЛП LVMFLOW – опыт использования в образовательном процессе и практика применения в условиях реального производства 224

Н.Т. Баскакова, С.В. Артемьева, О.А. Рыбина

К вопросу повышения уровня эффективности ремонтного производства 231

Г.А. Румянцева, Б.М. Немененок,**Л.Я. Глушанкова, И.В. Прусова**

Выбор варианта флюсовой обработки силуминов с учетом экологических факторов 238

В.М. Константинов, Д.В. Гегеня, М.И. Богданчик

Обзор рынка цинка и цинковых отходов 244

Раздел 6**ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ
ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Е.Ф. Шайхутдинова, Р.М. Янбаев, Ф.М. Янбаев Профессиональная подготовка бакалавров по профилю литейного производства в рамках направления 151900.62.....	251
М. Столярова, Е.Д. Расщепкина Влияние сна на активность работы мозга	254
Е.Д. Расщепкина Компетентностный подход как доминанта инновационного инженерного образования	258
Л.В. Орнина Анализ экономического патриотизма в современной России: системно-феноменологический подход.....	262
Д.А. Окулова, Е.Д. Расщепкина Психолого-педагогические условия формирования у старшеклассников ориентации на престижные профессии.....	268
О.С. Моторина, Т.С. Сычева Социально-педагогические факторы благополучия молодой семьи	274
Д.А. Харлов Специфические приемы переработки информации, сохраняющие адекватную самооценку	279
И.В. Кашуба, Д.А. Телегенова Компетентностный подход как средство формирования химической компетентности	284
Именной указатель	293

Научное издание

ЛИТЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Межрегиональный сборник научных трудов

Под редакцией В.М.Колокольцева

Выпуск 13

Редактор Н.В. Кутекина

Оператор компьютерной правки Е.А. Назарова

Подписано в печать 31.12.2014. Рег. № 219-14. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 18,75. Тираж 100 экз. Заказ 909.



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»