

### ОТЗЫВ

заместителя директора ИМиМ по металлургии стали АО «НПО «ЦНИИТМАШ», к.т.н. Шурыгина Дмитрия Александровича на диссертационную работу Шахова Сергея Иосифовича «Научные основы совершенствования систем электромагнитного перемешивания и кристаллизаторов сортовых и блюмовых машин непрерывного литья заготовок» представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (металлургия)

При непрерывной разливке стали существует целая группа дефектов заготовок, такие как подсадочная ликвация, центральная пористость, развитая дендритная структура и другие, которые невозможно исключить даже, применяя передовое оборудование машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и рациональную технологию непрерывной разливки. Поэтому данная диссертационная работа, посвященная разработке научных основ совершенствования систем электромагнитного перемешивания и кристаллизаторов сортовых и блюмовых МНЛЗ представляется актуальной.

Автором получены следующие наиболее важные, новые научные результаты:

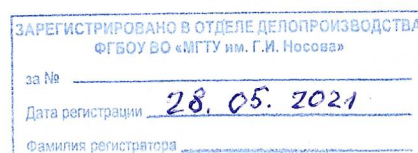
- при движении жидкого металла в поперечном магнитном поле выравнивается профиль скоростей металла практически на всем поперечном сечении, уменьшается средняя скорость слоев текущего металла, увеличивая при этом время нахождения перегретого жидкого металла в кристаллизаторе и скорости у фронта кристаллизации, вследствие чего, потоки тепла, массы и импульсов увеличиваются в направлении к фронту кристаллизации;

- разработана и экспериментально подтверждена инженерная методика расчета устройств электромагнитного перемешивания для заданных условий, на основе которых установлена зависимость скорости движения расплава  $V$  от электротехнических параметров устройств, в виде функции  $V = k \cdot f(\vec{W})$ , где  $\vec{W}$  – вектор электротехнических параметров,  $k$  – эмпирический коэффициент;

- установлены новые рациональные режимы ЭМП в кристаллизаторе наружного исполнения, обеспечивающие эффективный диапазон скоростей движения жидкого металла 0,3-0,56 м/с;

- научно и технически обоснована методология разработки и опробования устройств электромагнитного перемешивания сортовых и блюмовых МНЛЗ.

Научным результатом диссертации является разработка научных основ совершенствования систем электромагнитного перемешивания и



кристаллизаторов сортовых и блюмовых МНЛЗ. Для достижения цели проведен анализ действующих систем ЭМП и конструкций кристаллизаторов зарубежных производителей, разработаны методы математического и физического моделирования для обоснования конструкции устройств ЭМП и технологии непрерывной разливки, разработаны принципы конструирования устройств ЭМП и кристаллизаторов, которые опробованы и внедрены на промышленных МНЛЗ.

Значимость работы для производства заключается в следующем:

- разработана серия устройств ЭМП, встроенных в кристаллизатор, в которых полюса охлаждаются его водой, при использовании которых улучшается качество непрерывно-литых заготовок;

- разработана система электромагнитного перемешивания в кристаллизаторе наружного исполнения, в которой применили воду кристаллизатора для охлаждения обмотки статора, расположенного в разборном корпусе из аустенитной нержавеющей стали, что обеспечило повышение ремонтпригодности в условиях металлургического завода, снижение капитальных затрат и эксплуатационных расходов;

- разработан и исследован в промышленных условиях комплекс оборудования для двухстадийного ЭМП в кристаллизаторе и зоне окончания затвердевания блюмовой МНЛЗ при производстве заготовок из подшипниковых марок стали, обеспечивающий сокращение подусадочной ликвации в 2,4–2,5 раза;

- разработана конструкция гильзового кристаллизатора, исключаящая несоосное расположение гильзы и рубашки охлаждения, обеспечивающая равномерное охлаждение заготовки по всему периметру кристаллизатора. Разработанная конструкция защищена патентом Российской Федерации №2709078.

Результаты, полученные Шаховым С.И. в диссертационном исследовании, рекомендуется использовать на металлургических предприятиях, выплавляющих качественные марки стали, разливающих их на машинах непрерывного литья в сортовые и блюмовые заготовки, имеющих в своем составе системы электромагнитного перемешивания: ПАО «ММК», АО «МЗ «Электросталь», АО «ВТЗ», ПАО «Тагмет», ПАО «СТЗ», АО «ОЭМК», АО «ПНТЗ», АО «НЛМК-Урал», ООО «Тулачермет-Сталь».

Среди недостатков и замечаний по работе, следует указать следующие:

1. Оценка эффективности разработанного оборудования и технологических режимов осуществлялись посредством контроля макроструктуры НЛЗ по существующим нормативным документам. Между тем, применительно к оценке качества макроструктуры, они имеют определенные недостатки, а именно, вероятностный характер оценки. Автор не указывает на них.

2. При рассмотрении результатов непрерывного литья заготовок с использованием ЭМП в кристаллизаторе без защиты струи, помимо

технических и технологических аспектов влияния на характеристики макроструктуры, необоснованно рассматриваются и сравниваются эффекты воздействия на повышение чистоты металла по неметаллическим включениям.

Отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на оценку качества выполненных исследований и не изменяют основные теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Представленная к защите диссертация Шахова Сергея Иосифовича выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует установленным в п. 9-14 положения о порядке присуждения ученых степеней утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842. В представленной работе содержится решение задачи, имеющей существенное значение для машиностроительной и металлургической отраслей, а именно: создана методология разработки и опробования систем электромагнитного перемешивания для сортовых и блюмовых МНЛЗ, а ее автор Шахов Сергей Иосифович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (металлургия).

Заместитель директора ИМиМ по  
металлургии стали  
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»,  
канд. техн. наук

Д.А. Шурыгин

*Сведения о Шурыгине Д.А.:*

Место работы: Акционерное общество "Научно-производственное объединение "Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения"

Адрес: 115088, Москва, ул. Шарикоподшипниковская, дом 4.

Тел.: +7 (926) 359-53-59

Электронная почта – DASHurigin@cniitmash.com

Подпись Заместителя директора ИМиМ по металлургии стали, к.т.н.,  
Д.А. Шурыгина удостоверяю

Ученый секретарь  
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»



М.А. Бараненко