



ЦНИИТМАШ
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «АТОМЭНЕРГОМАШ»
**Государственный научный центр
Российской Федерации
Акционерное общество
«Научно-производственное объединение
«Центральный научно-исследовательский
институт технологии машиностроения»
(ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»)**

ул. Шарикоподшипниковская, д. 4,
Москва, 115088
Телефон (495) 675-83-01, факс (495) 674-21-96
E-mail: cniitmash@cniitmash.com
ОКПО 00212179, ОГРН 1067746376070
ИНН 7723564851, КПП 772301001

№ _____
На № _____ от _____

О рассмотрении диссертации

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе

Доктор технических наук, профессор

К.Л. Косырев

2021 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации 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)

1. Актуальность работы и её содержание

При непрерывной разливке стали существует целая группа дефектов заготовок, таких как подусадочная и внецентренная ликвации, центральная пористость, крупная первичная литая дендритная структура и других, которые невозможно исключить даже, применяя передовое оборудование – современные машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и рациональную технологию непрерывной разливки. Для устранения появления и подавления развития подобных дефектов применяют различные



способы физического воздействия на кристаллизующийся слиток. Одним из наиболее технологичных и физически обоснованных способов воздействия является электромагнитное перемешивание жидкой фазы заготовок. Поэтому данная диссертационная работа, посвященная разработке научных основ развития систем электромагнитного перемешивания и кристаллизаторов сортовых и блюмовых МНЛЗ представляется актуальной.

2. Научная новизна и достоверность результатов работы

Автором получены следующие важные и новые научные результаты:

- установлено, что 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;

- впервые установлены наиболее эффективные и рациональные режимы ЭМП в кристаллизаторе наружного исполнения, при этом они обеспечивают эффективный диапазон скоростей движения жидкого металла, который, как установил автор, составляет – 0,3-0,56 м/с;

- теоретически и экспериментально обоснована методология разработки и эффективности применения устройств электромагнитного перемешивания сортовых и блюмовых МНЛЗ.

- венцом работы и достижением диссертанта является разработка и экспериментальное подтверждение инженерной методики расчета устройств электромагнитного перемешивания для заданных условий, основанная на установленной зависимости скорости движения расплава от электротехнических параметров устройств;

Достоверность результатов работы подтверждается:

- корректностью постановки задач при проведении исследований;

- использованием физических моделей МГД-процессов, происходящих при ЭМП в виде лабораторных стендов в масштабе М 1:1 с применением в качестве моделирующей жидкости низкотемпературного сплава Розе;
- соблюдением требований критериев подобия;
- согласованием результатов математического и физического моделирования с промышленными испытаниями;
- использованием современных сертифицированных и поверенных приборов, оборудования, методов и методик исследования;
- внедрением результатов работы в действующее промышленное производство.

Следует подчеркнуть высокий методический уровень диссертации.

Из рассмотрения диссертационной работы следует, что основные научные результаты получены диссертантом самостоятельно.

Личный вклад автора заключается в определении цели, задач и методов исследований, в непосредственном участии в получении, анализе и обобщении теоретических данных на всех этапах проведенного исследования, личном выполнении всего объема теоретических и экспериментальных исследований. Опытно-промышленные эксперименты выполнены на действующих производствах с непосредственным участием соискателя.

3. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

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

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты, полученные Шаховым С.И. в диссертационном исследовании, рекомендуется использовать в следующих основных направлениях:

1. 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».

2. На машиностроительных заводах, выпускающих оборудование для непрерывной разливки стали: АО «МК «Ормето-ЮУМЗ», ОАО «ЭЗТМ», ЗАО «НПП МАШПРОМ».

3. В учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров по направлению по специальностям «Металлургия чёрных металлов» и «Металлургические машины и оборудование».

5. Замечания по диссертационной работе

Подчеркивая высокий уровень и значимость диссертации С.И. Шахова, обращаем внимание на ряд несовершенств и пожеланий:

1. В работе следовало бы продемонстрировать более высокий уровень обобщения экспериментальных данных, в том числе их корреляцию с металлургическим качеством непрерывно литых заготовок, а также с изменением теплофизических условий в кристаллизаторе; целесообразно оценить зависимость изменения скоростей движения металла от изменения характеристик ЭМП и от размеров заготовок. Не указано, для какого марочного сортамента проведены исследования и как его надо выбирать. Для представленных графиков не проведена статистическая обработка данных.

2. В работе не отражено влияние перегрева металла в промковше на качество металла при непрерывном литье круглых заготовок из высоколегированных марок стали на горизонтальной МНЛЗ с использованием ЭМП в кристаллизаторе.

3. В работе следовало бы отразить рекомендации (хотя бы в общем виде) по технологическим режимам непрерывной разливки при производстве заготовок на машинах непрерывного и полунепрерывного литья стали с использованием ЭМП на двух уровнях.

4. С сожалением приходится констатировать, что автор не уделил

должного внимания защите интеллектуальных достижений, полученных в работе. Это в дальнейшем целесообразно сделать.

5. Недостаточно внимания уделено оценке применения ЭМП по экономическим параметрам, в том числе в сравнении с другими методами управления качеством непрерывно литой заготовки.

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

Автореферат и публикации полностью соответствуют содержанию диссертации.

6. Заключение

Диссертация Шахова Сергея Иосифовича на тему «Научные основы совершенствования систем электромагнитного перемешивания и кристаллизаторов сортовых и блюмовых машин непрерывного литья заготовок» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям, установленным в п. 9-14 «Положения о присуждениях ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842. В диссертационной работе содержится решение важной научной, технической и экономической задачи, имеющей существенное значение для металлургической и машиностроительной отраслей, а именно: создана методология разработки и применения систем электромагнитного перемешивания для сортовых и блюмовых МНЛЗ, обеспечивающая повышение качества и конкурентоспособности устройств ЭМП и продукции. Автор диссертации, Шахов Сергей Иосифович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (металлургия).

Диссертационная работа Шахова Сергея Иосифовича и отзыв на неё заслушана, обсуждена и единогласно одобрена на заседании совета Института

металлургии и машиностроения АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (ИМиМ)

22.04.2021, протокол №6.

Подготовил отзыв А.А. Сафронов – ведущий научный сотрудник, к.т.н.

Научный руководитель ИМиМ,
д.т.н., профессор, Лауреат Госпремии СССР
и премии Правительства РФ



В.С. Дуб

Ученый секретарь



Д.С. Толстых

Согласовано:

Заместитель генерального директора –
директор ИМиМ, к.ф.-м.н.

И.А. Иванов

Сведения о ведущей организации:

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

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

Тел.: +7 (495) 675-83-02.

Электронная почта - cnitmash@cnitmash.com