

ОТЗЫВ **официального оппонента**

на диссертацию Юсупова Дамира Ильдусовича «Разработка и опробование технологии плазменного подогрева стали в промежуточном ковше при непрерывной разливке и исследование ее влияния на структуру и свойства литой и деформированной стали», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

I. Актуальность темы

В последнее время роль промежуточного ковша расширилась за счет проведения в нем различных металлургических операций, таких как отделение включений, их модификация, легирование стали, гомогенизация металла и другие. Немаловажную роль при этом играет нагрев и поддержание температуры на заданном уровне, что необходимо для предотвращения остывания стали в процессе разливки. Обычно для поддержания температуры металла в промежуточном ковше используют химический, дуговой, и индукционный способы нагрева. За рубежом используют также плазменный нагрев, который в ряде случаев выгодно отличается от перечисленных способов. Как показывают зарубежные данные, основные преимущества плазменного способа связаны с достижением оптимальной макроструктуры слитка. Это, в свою очередь, зависит от большого числа факторов, таких как уровень перегрева металла, направление и скорость потоков металла в промежуточном ковше, количество шлака на поверхности металла, скорость разливки, конфигурация промежуточного ковша и его свода, длина и сила тока дуги.

В связи с этим тема диссертационной работы Юсупова Д.И., посвящённая изучению влияния параметров промежуточного ковша на качество непрерывнолитой заготовки, направленная на разработку отечественной технологии и оборудования с использованием плазменного подогрева стали в промежуточном ковше для внедрения ее на металлургических предприятиях страны и решению проблемы производства слитка с оптимальной макроструктурой, является актуальной.

II. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

На основе большого числа показателей плавки в ККЦ ОАО «ММК», автором обоснована необходимость поддержания температуры стали при разливке на 10 °С выше температуры ликвидуса с целью повышения выхода годных заготовок, увеличения производительности МНЛЗ и снижения расхода воды на охлаждение.

Автором обоснован выбор плазменного нагрева для поддержания заданной температуры в промежуточном ковше. Разработана установка плазменного подогрева стали (УППС) в промежуточном ковше. Запатентована конструкция модернизированного промежуточного ковша с двумя плазмотронами и двумя камерами подогрева с перегородкой для перераспределения потоков расплава. Использование в УППС плазмотрона оригинальной конструкции, состоящего из полого анода и сопла с расширяющимся каналом, позволяет повысить ресурс его работы при заданном режиме нагрева. Разработана автоматизированная система управления для регулирования мощности плазмотронов и компенсации тепловых потерь металла в промежуточном ковше с целью стабилизации заданной температуры металла. Проведенные автором исследования в рамках опытно-промышленного опробования УППС в условиях ККЦ ОАО «ММК» показали повышение качества непрерывнолитой заготовки.

Использование разработанной схемы нагрева стали в промежуточном ковше двумя плазмотронами постоянного тока мощностью 280 кВт при непрерывной разливке стали со скоростью 5 т/мин позволило обеспечить среднюю скорость нагрева жидкой стали на уровне 1,5 °С/мин. При этом перегрев металла снижается с 30 до 11 °С, что способствует повышению дисперсности микроструктуры. В частности, среднее расстояние между осями дендритов второго порядка вблизи большого радиуса сляба снижается в 3 раза, в его осевой зоне – в 4 раза, примерно на 20% повышается пластичность. Следует отметить, что при разном начальном уровне перегрева металла в серии плавки использование УППС позволяет стабилизировать температуру на заданном уровне и способствует снижению разброса механических свойств после прокатки по сечению.

О степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций свидетельствуют акт об испытании установки плазменного подогрева стали в промежуточном ковше МНЛЗ от 31.10.2011, три патента на конструкции промежуточных ковшей с камерами для плазменного подогрева, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

III. Новизна и достоверность основных выводов диссертации.

Среди наиболее значимых результатов диссертационной работы, отличающихся научной новизной, можно отметить следующие:

- экспериментально определены и обоснованы технологические параметры плазменного подогрева стали в промежуточном ковше при заданной производительности разливки;

- разработано программное обеспечение для автоматизации контроля и поддержания заданной температуры;

- впервые установлено, что поддержание минимально необходимого уровня перегрева способствует уменьшению количества дефектов металла (осевой химической неоднородности, трещин, точечной неоднородности) и их более равномерному распределению по сечению заготовки;

- экспериментально установлено, что выявленное повышение пластичности на 20% и уменьшение разброса значений механических свойств по сечению сляба с уменьшением перегрева стали при разливке сохраняется и после прокатки металла.

К научной новизне можно отнести также технологию плазменного подогрева металла двумя оригинальными плазмотронами постоянного тока, работающими в режиме прямой и обратной полярности по схеме анод-катод, без подового электрода.

Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнения, поскольку подтверждается использованием современного исследовательского оборудования от ведущих мировых производителей, в том числе системы непрерывного измерения температуры в промежуточном ковше, проведением испытаний в соответствии с действующей нормативной документацией, а также сопоставимостью полученных результатов с литературными данными. Текст диссертации и автореферат проверены на отсутствие некорректных заимствований с помощью системы «Антиплагиат».

III. Ценность диссертации для науки и практики

Анализ существующих схем подогрева металла в промежуточном ковше позволил автору разработать и реализовать достаточно эффективную технологическую схему плазменного подогрева стали с использованием оригинальных плазмотронов без подового электрода. На разработанные конструкции промежуточных ковшей с плазменным подогревом имеются патенты (изобретение 2477197, 2478021, 2490089).

Несомненной практической значимостью обладают результаты опытно-промышленного опробования установки плазменного подогрева

стали в промежуточном ковше МНЛЗ №4 в ККЦ ОАО «ММК». На их основе определены оптимальные параметры работы установки плазменного подогрева стали (УППС) и установлено, что снижение перегрева стали в промежуточном ковше позволяет увеличить скорость разливки и производительность УНРС на 23%. Подогрев “холодных” плавков позволяет повысить выход годного металла на 1,05%, а возможность снижения перегрева стали непосредственно в плавильном агрегате (КК) позволяет экономить энергию (около 4 кВт·ч/т металла). Ценность этих результатов заключается в том, что они указывают путь повышения ресурсосбережения и энергоэффективности в «связке» КК-УППС-МНЛЗ. Становится возможным начинать разливку при температуре, характерной для плавков текущего производства, и компенсировать тепловые потери при разливке.

Безусловной научной и практической ценностью диссертации являются результаты работ по оптимизации параметров технологического режима подогрева стали, позволившие обеспечить эффективный нагрев металла и высокую надежность работы УППС, высокую степень интегрируемости разработанной технологии в существующее производство. Использование компьютерной программы для автоматизированного регулирования и стабилизации заданной температуры расплава в промежуточном ковше позволили автору впервые получить достоверные зависимости показателей качества непрерывнолитой заготовки от величины перегрева стали в промежуточном ковше.

Диссертация Юсупова Д.И. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки.

IV. Оценка содержания диссертации. Публикации.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, выводов, библиографического списка из 75 наименований и трех приложений; изложена на 137 страницах машинописного текста, содержит 107 рисунков и 36 таблиц.

Основное содержание диссертационной работы изложено в 14 публикациях, в том числе пять работ – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ. Результаты работы были представлены на международных и российских конференциях. По результатам работы получено три патента и свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

V. Замечания по диссертации

1. В диссертации проанализированы только две ветки ВАХ плазмотрона, падающая и возрастающая (с. 51-53), тогда как между ними расположена наиболее стабильная часть, не зависящая от силы тока. В работе нет объяснения, почему эта часть ВАХ не рассматривалась в качестве альтернативной.

2. В тексте диссертации дается подробное описание плазмотрона-катода (с. 74), однако на самой схеме (рис. 4.8.1, в тексте ссылка 5.8.1) эти обозначения отсутствуют.

3. Аргон и азот в качестве плазмообразующего газа имеют свои достоинства и недостатки, которые зависят ряда факторов. Использование азота должно привести к азотированию металла, поскольку скорости плазмохимических процессов составляют доли секунд, а время нахождения металла под дугой, по утверждению автора, составляют секунды (с.53). Кроме того, при использовании азота ресурс вольфрамового катода существенно уменьшается. Поэтому возможность его использования в качестве плазмообразующего газа требует более строгого обоснования.

4. На рис.4.12.4 и 4.12.5 диссертации (с. 88) стабилизации температуры в промежуточном ковше не происходит, температура непрерывно повышается вплоть до отключения плазмотрона, и даже после; процесс нагрева происходит в нестационарном режиме. Возможно, что мощность плазмотронов избыточна и для равномерного нагрева и стабилизации температуры требуется снижение мощности и увеличение времени нагрева, или уменьшение мощности в процессе подогрева стали в промежуточном ковше.

5. Интересно было бы знать, как влияет снижение перегрева металла в промежуточном ковше на удельный расход воды. В работе приводится массив общего расхода воды на плавку, имеющий большой разброс данных (с. 46, рис. 2.5.1). Возможно, что данные по удельному расходу воды (не на плавку, а на 1 т стали) имели бы меньший разброс.

6. На с. 48 диссертации, ссылаясь на рис. 2.6.2., автор отмечает, что наибольший выход годного металла наблюдается при превышении средней температуры металла в промежуточном ковше над температурой ликвидус в пределах 14...24 °С, тогда как на рисунке это соответствует перегреву в пределах 8...14 °С.

7. В диссертации автор обосновывает положительную роль поддержания перегрева стали в промежуточном ковше на уровне 10 °С, в то же время со ссылкой на литературные источники указывает, что принятый уровень перегрева составляет 20-30 °С. Причину такого расхождения диссертант не уточняет.

Диссертация в целом оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, грамотно и понятно, но иногда встречаются опечатки. В качестве замечания по оформлению можно отметить то, что главы начинаются не с новой страницы.

Перечисленные недостатки не снижают научной и практической ценности работы, не затрагивают её основных положений и выводов, не влияют на достоверность полученных результатов.

VI. Заключение

Представленная диссертация Юсупова Дамира Ильдусовича является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней. Автор диссертации, Юсупов Д.И., заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор кафедры металлургии
стали и ферросплавов НИТУ
«МИСиС»
Москва, 119049, Ленинский пр., д. 4
раб.т. 8(495)9550188
моб.т.8(903)7324739

Симонян
Лаура Михайловна

E-mail: LMSimonyan@yandex.ru

15.12.2015

Подпись Л.М. Симонян заверяю



ПОДПИСЬ
Проректор
по общим вопросам
НИТУ «МИСиС»

ЗАВЕРЯЮ
И.М. ИСАЕВ