

Акционерное общество «Научно-производственное
объединение «Центральный научно-исследовательский
институт технологии машиностроения»
115088, Москва, ул. Шарикоподшипниковская, д.4
Тел. (499) 675-83-02
E-mail: cniitmash@cniitmash.ru

«Утверждаю»
Генеральный директор
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»
д.т.н. Орлов В. В.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

На диссертационную работу Турсунова Нодиржона Каюмжоновича на тему
«Исследование процессов рафинирования и модифицирования металла с целью
совершенствования технологии выплавки стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи и
повышения ее качества», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких
металлов»

В настоящее время улучшение эксплуатационных и технологических свойств
промышленных изделий, повышение технического уровня и качества выпускаемой
продукции является одной из основных задач стоящих перед металлургами. Непрерывное
ужесточение требований к надежности работы элементов конструкций заставляет
подробно анализировать конкретные условия их работы. Большинство деталей в процессе
эксплуатации подвергаются циклическим нагрузкам. В связи с чем проблема
выносливости материалов весьма актуальна, а для изделий железнодорожного отрасли,
которая является основной транспортной системой, это требование считают
определяющим.

В литейном производстве весьма широко используют индукционные тигельные
печи (ИТП), которые весьма эффективны для производства различных марок стали. Их
особенности позволяют с минимальными потерями легирующих получать требуемый
химический состав стали. Однако ограниченные возможности по рафинированию от
вредных примесей диктуют определенные требования к шихте, что сказывается на
стоимости конечной продукции.

Расширение технологических возможностей ИТП можно обеспечить за счет
повышения эффективности шлакового режима. Были опробованы различные способы
интенсификации процесса рафинирования, к которым следуют отнести продувку
шлаковыми смесями, использование плазмотрона для нагрева шлака и другие способы
повышения его рафинирующей способности. Однако изучаемые и рекомендуемые
приемы не нашли широкого применения, и ИТП продолжают использовать в основном
как переплавной агрегат, работающий на чистой шихте. В связи с чем разработка
технологических приемов, с целью повышения рафинирующих свойств шлака и
эффективного использования РЗМ является весьма актуальной задачей.

В соответствии с выше сказанным, работу Турсунова Нодиржона Каюмжоновича следует считать актуальной, так как она посвящена решению важных для практики проблем, а именно исследованию и совершенствованию процессов рафинирования и модифицирования стали в ИТП с использованием шлака и редкоземельных металлов (РЗМ).

Содержание диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность исследуемых проблем, описаны цели работы, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы по тематике исследования. Приведены конкретные данные, позволяющие оценить связь между чистотой металла и служебными свойствами изделий, что особенно важно для деталей подвижного состава железнодорожного транспорта. Сформулированы цели диссертационной работы.

Во второй главе автор приводит результаты исследования в лабораторных условиях процесса рафинирования стали от серы с помощью твердых шлаковых смесей (ТШС), в состав которых вводили РЗМ. Показано влияние основных технологических параметров на процессы рафинирования и модифицирования стали при использовании РЗМ. Приведен анализ термодинамических данных по взаимодействию РЗМ с элементами расплава и футеровки, обоснован выбор наиболее достоверных из них для описания исследуемых технологических процессов. Представлено подробное описание экспериментальных данных по десульфурации металла. Показаны количественные зависимости, отражающие конечное содержание серы в металле в зависимости от вариантов обработки. Приведено сравнение результатов расчета по разработанной методике с собственными экспериментальными и литературными данными. Следует отметить, что адекватность установленных термодинамических данных подтверждена расчетами и конкретными экспериментальными исследованиями, наблюдается высокая сходимость результатов расчета и эксперимента. Также во второй главе представлены результаты исследования взаимодействия РЗМ с футеровкой агрегата.

В третьей главе описывается методика проведения экспериментальных промышленных плавов, на которых исследовали процессы рафинирования стали с использованием ТШС в ИТП вместимостью 6 т. Приведены количественные зависимости основных технологических параметров рафинирования металла, положенные в основу новой технологической инструкции производства стали. Применительно к конкретным условиям уточнен температурный режим процесса дефосфорации и требования к шлакам. Показано, что для улучшения взаимодействия между металлом и шлаком в ИТП необходимо уменьшить высоту мениска зеркала ванны, чтобы минимизировать

возможность “сползания” шлака к стенке тигля и тем самым более эффективно использовать ТШС в ИТП для рафинирования от вредных примесей. Показано, что проведение процесса дефосфорации при умеренных температурах и повышенной активности шлака за счет снижения высоты мениска металла позволило обеспечить дефосфорацию стали при плавке в ИТП до 60 %.

Проведено исследование процесса десульфурации стали в ИТП при использовании ТШС и повышения рафинирующей активности шлака как за счет подбора его химического состава, так и за счет снижения мениска металла, а, следовательно, увеличения степени взаимодействия между металлом и шлаковой фазами.

Проведено исследование кинетики процесса десульфурации стали при использовании ТШС в ИТП и установлен порядок реакции, коэффициент массопереноса, а также продолжительность выдержки металла под шлаком.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния микролегирования стали РЗМ. Изложены результаты различных вариантов рафинирования как традиционных, так и обработки стали совмещением операций раскисления и десульфурации РЗМ. Показано, что введение РЗМ позволяет получить металл с существенно меньшим содержанием серы (до 0,004 %), общего кислорода (до 0,0021 %), и значительно поднять уровень механических свойств, особенно значение ударной вязкости. Предложенные диссертантом разработки внедрены на литейно-механическом заводе (г. Ташкент, Узбекистан), что подтверждено соответствующими актами. Глава заканчивается рекомендациями по усовершенствованию технологии внепечного рафинирования стали.

В результате проведенных исследований автором диссертационной работы Турсуновым Н.К. сформулированы следующие пункты **научной новизны**:

1. Предложена новая концепция технологии плавки в ИТП, которая позволяет обеспечить эффективное рафинирование металла от фосфора, и серы за счет использования шлака, увеличения его количества, дополнительного перемешивания шлака и металла, увеличения времени их взаимного контакта. Показано, что обеспечить повышенную рафинирующую способность шлака при плавке стали в ИТП можно за счет подбора специальных шлаковых смесей с пониженной температурой плавления, определенного времени выдержки металлического расплава под шлаками при конкретной температуре ванны, получения плоского мениска металла за счет повышения уровня металла за пределы индуктора, либо отключением верхних витков индуктора для снижения высоты мениска с целью сохранения необходимого по времени контакта жидкоподвижного шлака с рафинируемой ванной за счет уменьшения “сползания” шлака к стенке тигля. Это позволило обеспечить степень дефосфорации до 65 % и степень десульфурации до 60 %. При этом показана роль ТШС в сочетании с алюминием и РЗМ;

2. Получены уточненные термодинамические данные по взаимодействию РЗМ с компонентами, находящимися в металлической ванне, футеровке агрегата и шлаке. Показано, что константы равновесия реакций взаимодействия РЗМ с серой и алюминием, полученные методом комбинирования, отличаются от ранее известных. Адекватность установленных термодинамических данных подтверждена расчетами и конкретными экспериментальными данными лабораторных и полупромышленных экспериментов. Уточненные термодинамические данные по взаимодействию РЗМ с компонентами расплава, элементами в составе футеровки и шлака можно рекомендовать для теоретической оценки процессов в многофазных системах;

3. Уточнены конкретные кинетические параметры процесса десульфурации металлического расплава применительно к ИТП. Установлено, что скорость процесса десульфурации лимитируется массопереносом серы в металле и может быть описана уравнением первого порядка при эффективном коэффициенте массопереноса серы $6,37 \cdot 10^{-4}$ м/с. Показано, что в ИТП при постоянной температуре расплава перемешивание шлака с металлом и продолжительность выдержки металла под шлаком являются основными факторами, определяющими кинетику процесса десульфурации;

4. Показано, что модифицирование стали РЗМ может быть применено к литейным сплавам с низким (менее 0,015 %) содержанием серы. При этом металл, обработанный РЗМ, отличается более высокой раскисленностью, степенью десульфурации, мелкодисперсной структурой и повышенными механическими свойствами. Конкретизирована зависимость степени усвоения РЗМ от доли алюминия в расплаве. Получены количественные зависимости степени десульфурации расплава от доли РЗМ в металлической ванне.

Практическая значимость диссертационной работы:

На основании комплексных исследований разработана и освоена рациональная технология производства стали 20ГЛ в ИТП и ковшевая обработка с применением РЗМ, сочетание которых обеспечивает уникальное сочетание служебных свойств деталей железнодорожных тележек. Работа выполнена по согласованию с литейно-механическим заводом (г. Ташкент, Узбекистан). Результаты исследования положены в основу измененной технологии производства стали 20ГЛ в ИТП, что позволило значительно повысить эксплуатационные свойства стали.

Достоверность результатов: подтверждается убедительным массивом экспериментальных данных, позволяющим сделать обоснованные выводы, и применением современных методов химического и металлографического анализа. Для определения содержания элементов в шлаке использован спектральный атомно-эмиссионный метод с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП). Состав металла определен с использованием

эмиссионного спектрометра “Poly Spek” фирмы “Arun Technology Ltd”.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. При проведении термодинамических расчетов равновесных концентраций в системах церий-алюминий, церий-сера необходимо учитывать влияние лантана, неодима и празеодима входящих в состав РЗМ.
2. Не достаточно обоснованы оптимальные составы шлаков для дефосфорации и десульфурации.
3. Не обсуждены проблемы рефосфорации после раскисления в ИТП и в разливочном ковше.
4. Не обоснована необходимость использования силикокальция.
5. Автор не приводит на графиках уравнение регрессии и не указывает коэффициенты корреляции, тем самым снижая их информативность.

Диссертационная работа написана технически грамотным языком и наглядно оформлена в соответствии с действующими нормативами. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Структура диссертационной работы состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 96 наименований. Диссертация изложена на 116 страницах машинописного текста, содержит 32 таблицы, 45 рисунков и 4 приложения.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 4 печатных работах в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертационных работ, и достаточно полно отражают основное содержание диссертации. Рекомендации диссертационной работы могут быть использованы на предприятиях, имеющих в составе основного плавильного оборудования ИТП, например, АО «Электросталь», ПАО «Русполимет» и другие.

Заключение. Несмотря на имеющиеся замечания, представленная диссертация является научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и обладающей внутренним единством, и соответствует специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Диссертационная работа Турсунова Нодиржона Каюмжоновича отвечает требованиям ВАК РФ в части п.9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), в которой содержится решение задач, имеющих большое значение для металлургической отрасли, а именно: предложены режимы рафинирования металла от серы и фосфора при выплавке стали в ИТП; уточнены термодинамические параметры взаимодействия серы с РЗМ, что позволило прогнозировать процесс рафинирования от вышеуказанных примесей; установлены кинетические зависимости процесса десульфурации, это позволило разработать технологию выплавки стали 20ГЛ с

пониженным содержанием фосфора и серы в индукционной тигельной печи, внедренную на Ташкентском литейно-механическом заводе.

Автор диссертационной работы «Исследование процессов рафинирования и модифицирования металла с целью совершенствования технологии выплавки стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи и повышения ее качества» Турсунов Нодиржон Каюмжонович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доклад по диссертационной работе заслушан и обсужден на Ученом Совете Института металлургии и машиностроения (ИМиМ). За предложенное заключение проголосовали единогласно. Протокол №9 от 01.11.2017

Заместитель генерального директора -
Директор ИМиМ, к.т.н.

А. Г. Лебедев

« » 2017г.

Ведущий научный сотрудник ИМиМ, к.т.н.

В. А. Новиков

«3» 11 2017г.

07.11.2017г.

22.12.13г. 02.