

Отзыв

Ведущей организации на диссертационную работу Хорошилова Андрея Дмитриевича по теме «Анализ и разработка технологии ковшевой обработки сверхнизкоуглеродистых сталей с целью повышения качества поверхности автолистового проката», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. (05.16.02) – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Представленная диссертация посвящена вопросу технологии ковшевой обработки сверхнизкоуглеродистых сталей, основной целью которой является повышение качества поверхности автолистового проката.

Основной сложностью рафинирования низкоуглеродистой стали, во время обработки в агрегате «ковш-печь» (АКП), является временной фактор. Первоначально, проводится вакуум-кислородное обезуглероживание, далее раскисление расплава, на последнюю стадию рафинирования расплава от неметаллических включений остаются менее получаса. Неметаллические включения являются не только фактором повышающим отсортировку проката, но и являются причиной зарастания огнеупорных изделий, применяемых при разливке стали, что приводит к снижению производительности металлургических агрегатов.

Таким образом, для производства высококачественной, сверхнизкоуглеродистой стали, необходим комплекс технологий внепечной обработки, разработка которых является актуальной задачей.

Автором диссертационной работы получены следующие **новые научные результаты**:

1. На основании проведенных экспериментальных исследований установлена природа образования дефектов поверхности пелена на прокате IF-стали в условиях ПАО «Северсталь». Составлена количественная классификация дефектов по природе образования. Установлено, что большая часть дефектов образуется вследствие раскатки крупных скоплений неметаллических включений, представляющих собой частицы шлакообразующей смеси кристаллизатора (ШОС) и скопления включений на основе оксида алюминия, присутствующие, как в отдельности, так и совместно.

2. Предложен и подтвержден механизм попадания скоплений неметаллических включений на основе оксида алюминия и ШОС-кристаллизатора, приводящих к образованию дефектов поверхности проката, в разливаемую заготовку, связанный с налипанием эндогенных неметаллических включений на основе оксида алюминия на огнеупорные поверхности стальпроводки и последующим их срывом в кристаллизатор.

3. Предложена оригинальная термодинамическая модель, количественно описывающая процесс комплексного раскисления сверхнизкоуглеродистой стали алюминием и кальцием с учетом взаимодействия продукта раскисления – алюмината кальция, с серой, растворенной в расплаве стали. Рассчитаны термодинамические условия модифицирования кальцием включений оксида алюминия до жидкого агрегатного состояния.

4. Предложен механизм модифицирования включений, на основе оксида алюминия, кальцием, находящимся в расплаве стали, в равновесии с высокоосновным, раскисленным шлаком. Показана возможность модифицирования включений оксида алюминия кальцием в зоне «металл – шлак», без использования металлического кальция. Расчет термодинамических условий модифицирующей шлаковой обработки реализован на базе разработанной модели комплексного раскисления стали алюминием и кальцием.

5. Разработана оригинальная модель прогнозирования температуры расплава IF-стали при обработке на установке вакуумирования стали в условиях ПАО «Северсталь». Модель по выходным данным параметров внепечной обработки позволяет рассчитать необходимые присадки материалов для получения заданного состава шлака и содержания алюминия в расплаве стали, оценивать температуру расплава в конце обработки на установке вакуумирования стали и давать рекомендации по охлаждению либо подогреву расплава стали. Что позволяет перенести нежелательные, в конце ковшевой обработки, операции по корректировке температуры на ранние этапы обработки.

Обоснованность научных положений, достоверность результатов и выводов диссертации:

Использование современных методов анализа и математического моделирования с использованием современного программного обеспечения не вызывает сомнения в корректности представленных результатов. В работе автором использованы современные методы планирования экспериментов и статистической обработки результатов, которые подтверждают их статистическую значимость и адекватность разработанных моделей.

Практическая ценность и значимость результатов диссертации:

Внедрение разработанной технологии производства сверхнизкоуглеродистой стали в условиях ПАО «Северсталь» позволило достигнуть более чем семикратного снижения отсортировки холоднокатаной полосы по дефектам поверхности (с 14,3 до уровня менее 2 %), при соответствующем снижении дефектности по данным автоматизированных систем (с 2,7 до 0,28 дефектов на рулон).

Реализовав разработанную технологию удалось достичь увеличения выхода годной продукции за счет увеличения количества слябов, разлитых в стационарных режимах, в среднем на треть, что стало возможно благодаря увеличению времени бесперебойной раз-

ливки – многократному снижению частоты случаев прокачек и замен погружных разливочных стаканов.

Прогнозирование температуры стали по разработанной модели, исключило химический подогрев расплава и охлаждение металла твердым охладителем перед отдачей на разливку, что исключило случаи аномально высокой отсортировки проката по дефектам поверхности.

Расчет отдачи шлакообразующих материалов для формирования шлака оптимального состава позволил отказаться от использования плавикового шпата для разжижения шлака, что снизило износ футеровки шлакового пояса сталеразливочного ковша и улучшило экологическую обстановку в цехе.

Алгоритм расчета суммарного расхода алюминия позволил увеличить точность получения заданного содержания алюминия в готовом металле и точность достижения необходимого химического состава шлака, что дало возможность снизить перерасход алюминия и шлакообразующих материалов и снизить остаточное содержание серы в металле.

Реализация процесса раскисления шлака легковесным алюминий-содержащим раскислителем позволила увеличить степень очистки стали от серы на внепечной обработке и коэффициент усвоения титана (с 50 до 85 %), дополнительно стабилизировать коэффициент усвоения титана.

Модифицирование неметаллических включений кальцием до жидкого агрегатного состояния позволило увеличить стойкость погружных разливочных стаканов и других элементов огнеупорного разливочного припаса.

Основные положения и результаты работы опубликованы в 4-х статьях, в журналах рекомендованных ВАК. По результатам проведенных работ получен Патент РФ «Способ производства особонизкоуглеродистой стали». Результаты работы докладывались и обсуждались на Международных и Российских научно-технических конференциях.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания и вопросы**.

1. В разделе оптимизации состава шлака во время внепечной обработки стали, с целью повышения эффективности удаления неметаллических включений, рассматриваются оксиды CaO и Al₂O₃, однако в неметаллических включениях присутствует и MgO. Почему в анализ не включено содержание в шлаке MgO?

2. В работе не достаточно хорошо раскрыта технология получения низкого остаточного содержания углерода в металле.

3. На станции 90, при содержании в стали [Al] = 0,05 %, диапазон содержания Ca указывается 18-38 ppm, хотя на рисунке 44 данный диапазон соответствует 18-28 ppm.

Сделанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки диссертации.

Заключение:

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладающей внутренним единством, в которой на основании проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны. Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Научные и прикладные результаты диссертации могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях черной и цветной металлургии.

Соискатель Хорошилов Андрей Дмитриевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. (05.16.02) – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доклад по диссертационной работе был заслушан на научно-техническом семинаре (НТС) кафедры Металлургии железа и сплавов (МЖиС). В обсуждении принимали участие преподаватели – профессора, доценты научные сотрудники и аспиранты кафедры МЖиС.

За предложенное заключение участники НТС проголосовали единогласно

Протокол №10 от 29 сентября 2022 года
Председатель НТС,
Зав.кафедры МЖиС,
Директор Института новых
материалов и технологий УрФУ
д.т.н. проф.


О.Ю. Шешуков

Секретарь НТС,
доцент кафедры МЖиС Института
новых материалов и технологий,
к.т.н., доцент


Л.Ю. Гилева

Я, Шешуков Олег Юрьевич, автор отзыва, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись директора Института новых материалов и технологий УрФУ Шешукова О.Ю. удостоверяю, начальник отдела кадров места работы


