

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хорошилова Андрея Дмитриевича «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. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Цель работы: Разработка эффективной технологии внепечной обработки сверхнизкоуглеродистых автолистовых сталей, обеспечивающей кратное снижение отсортировки проката по дефектам поверхности сталеплавильного происхождения.

Актуальность: При производстве холоднокатанного проката, на его поверхности проявляется значительное количество дефектов, являющихся причиной высокого процента брака холоднокатанных листов. Появление дефектов на поверхности холоднокатанных листов является следствием не качественной внепечной обработки сверхнизкоуглеродистых сталей. Поэтому совершенствование технологии внепечной обработки сверхнизкоуглеродистых автолистовых сталей, снижающей их дефектность, является весьма актуальной темой.

Научная новизна: В качестве научной новизны на защиту выносятся:

1. Установлена природа образования дефектов поверхности плена на прокате IF-стали. Составлена количественная классификация дефектов по природе их 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 единый механизм попадания скоплений неметаллических включений на основе оксида алюминия и ШОС-кристаллизатора, приводящих к образованию дефектов поверхности проката, в разливаемую заготовку, связанный с процессом налипания эндогенных неметаллических включений на основе оксида алюминия на поверхности огнеупорной стальпроводки и последующим их срывом в кристаллизатор.

3. Рассчитаны термодинамические условия модифицирования кальцием включений оксида алюминия до жидкого агрегатного состояния. Показано, что полученная модель количественно описывает процесс комплексного раскисления сверхнизкоуглеродистой стали алюминием и кальцием с учетом взаимодействия продукта реакции - алюмината кальция, с серой, растворенной в расплаве стали.

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

5. Разработана уникальная модель прогнозирования температуры расплава IF-стали при обработке на установке вакуумирования стали в условиях ПАО «Северсталь». Модель по входным данным параметров внепечной обработки позволяет рассчитать необходимые присадки материалов для получения заданного состава шлака и содержания алюминия в расплаве стали, оценить температуру расплава в конце обработки на УВС и дать рекомендации по охлаждению либо подогреву расплава стали, что позволяет перенести нежела-

тельные, в конце ковшевой обработки, операции по корректировке температуры на ранние этапы обработки.

Практическая ценность работы:

1. Подтверждается внедрением разработанной технологии производства сверхнизкоуглеродистой стали в условиях ПАО «Северсталь» достигнуто снижение 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.

2. Реализацией разработанной технологии удалось достичь увеличения выхода годной продукции за счет увеличения количества слябов, разлитых в стационарных режимах, практически на треть, что стало возможно благодаря увеличению времени бесперебойной разливки - многократному снижению частоты случаев прокачек и замен погружных разливочных стаканов (ПРС) и т.п.

3. Прогнозирование температуры стали по разработанной модели, практически исключило возможность химического подогрева расплава и охлаждения металла твердым охладителем перед отдачей на разливку, что, в свою очередь, исключило случаи аномально высокой отсортировки проката по дефектам поверхности.

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

5. Использованный в температурной модели алгоритм расчета суммарного расхода алюминия на плавку 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, а также повысить глубину очистки стали от серы.

6. Реализация процесса раскисления шлака легковесным алюминий-содержащим раскислителем позволила увеличить степень очистки стали от серы на внепечной обработке (с 0 до 50%) и коэффициент усвоения титана (с 50 до 85%), а также стабильность распределения коэффициента усвоения титана. Этот пункт особенно важен для IF -сталей с ВН-эффектом, где требуется высокая степень и предсказуемость усвоения микролегирующих элементов.

7. Модифицирование неметаллических включений кальцием до жидкого агрегатного состояния позволило многократно увеличить стойкость погружных разливочных стаканов и других элементов огнеупорной разливочной фурнитуры.

Замечания и вопросы:

При проведении работы автором установлено, что при соотношении основных оксидов рафинировочного шлака $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ на уровне 1,2-1,4 вместо базовых 0,8-1,2, рафинировочные свойства шлака существенно улучшаются. При таком стехиометрическом соотношении основных оксидов CaO и Al_2O_3 (смотрите диаграмму состояния $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$) в системе одновременно могут формироваться три фазы – моноалюминат кальция ($\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), диалюминат кальция ($\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$) и трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), обладающие вяжущими свойствами и высокой огнеупорностью, вследствие чего такой рафинировочный шлак может представлять большую ценность для огнеупорной промышленности, однако в работе об этом совсем не упоминается. Определялся ли

при проведении работы фазовый состав рафинировочного шлама, и как предполагается перерабатывать получаемый в процессе рафинирования шлам?

Заключение: Несмотря на замечание, диссертационная работа Хорошилова Андрея Дмитриевича выполнена на высоком научно-техническом уровне и по своему содержанию соответствует паспорту специальности 2.6.2. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов». По своей актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Хорошилов Андрей Дмитриевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

23 сентября 2022 г.

Старший научный сотрудник ИМЕТ УрО РАН,
доцент, к.т.н.
Silast@mail.ru



/Михеенков М.А./

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН), 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101, +7 (343) 267-91-67

Подпись старшего научного сотрудника ИМЕТ УрО РАН, к.т.н. Михеенкова М.А. .
подтверждаю:

Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.

Долматов А.В.

подпись, печать организации

Я, Михеенков Михаил Аркадьевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе

