

ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОНДИЦИОННОСТИ ПОЛУСПОКОЙНОЙ СТАЛИ ПЕРЕД РАЗЛИВКОЙ

Е.Н. Лебедев, (ДонНТУ, г. Донецк), В.В. Хорошилов (НПО «Доникс», г. Донецк), Д.А. Лившиц, Е.Н. Дымченко (ОАО «ЕМЗ», г. Енакиево)

Рассмотрено влияние методики раскисления полуспокойной стали на качество слитка и количество обрезки проката.

Известно, что кроме полностью раскисленной спокойной стали, возможен ряд промежуточных и переходных структур слитка, образование которых, в основном, определяется интенсивностью и длительностью газовыделения из стали при её затвердевании в изложнице. Из промежуточных структур массовое применение получила полуспокойная сталь [1]. Основное преимущество полуспокойной стали перед спокойной состоит в снижении головной обрезки, перед кипящей – в получении большей химической и структурной однородности. Добиться высоких показателей полуспокойной стали можно только при получении «сбалансированного слитка» [2, 3]. Повышение степени раскисленности полуспокойной стали ведет к образованию недостаточно изолированной усадочной раковины, что сопровождается увеличением головной обрезки и количества поверхностных трещин на слитках. При недостаточной раскисленности стали наблюдается повышенная рослость слитков и по этой причине увеличивается головная обрезь [4,5].

В связи с массовым производством полуспокойной стали металлургические предприятия ведут поиск решений оптимизации её окисленности. В последние годы начали применять агрегаты внепечной доводки стали, приборы измерения окисленности. Поэтому работы по поиску оптимальной окисленности стали получили новое развитие [6].

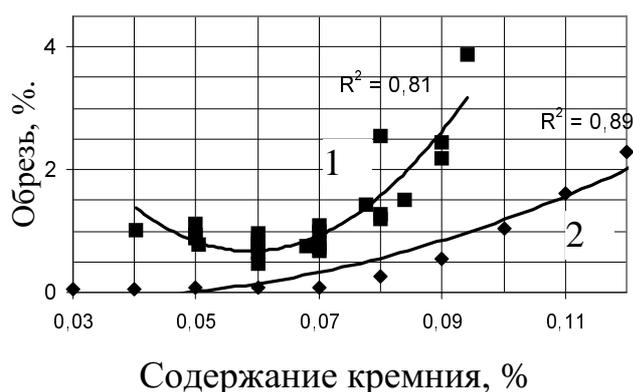
Целью данной работы состояла в поиске оптимальной величины раскисленности полуспокойной стали, и способа её корректировки вне сталеплавильного агрегата до начала разливки.

Выплавку стали производили в конвертерах ёмкостью 160 т. Раскисление металла во время выпуска производили кремний – и марганецсодержащими материалами. При необходимости металл науглероживали. После слива металла в ковш, последний подавался на станцию внепечной обработки (СВОС). На данном этапе осуществляли замер температуры, усреднение химического состава и при необходимости охлаждение металла. Сталь разливали сверху в слитки массой 8 т. Во время разливки фиксировали время искрения металла в изложнице после её наполнения и форму

головной части слитка. Корректировку окисленности стали производили исходя из формы головной части и продолжительности искрения подачей в изложницу твердого алюминия.

На основании массива из 1300 плавок стали марки СтЗпс был проведён статистический анализ влияния окисленности металла на величину обрези на ножницах блюминга.

В качестве показателя степени раскисленности стали первоначально было принято содержание кремния в металле (т.к. кремний в данной марки стали является наиболее сильным раскислителем).



1 – общая обрезь; 2 – обрезь «усадка»

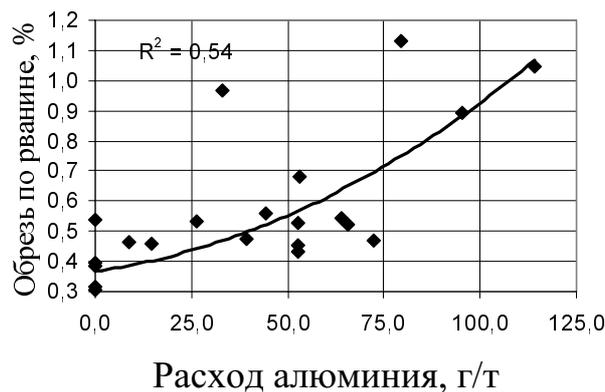


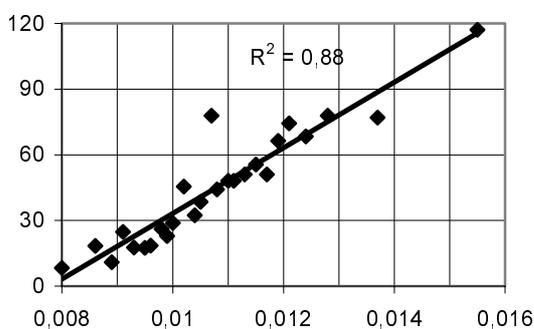
Рисунок 2 – Влияние расхода алюминия на количество обрези.

Рисунок 1 – Влияние содержания кремния на величину обрези.

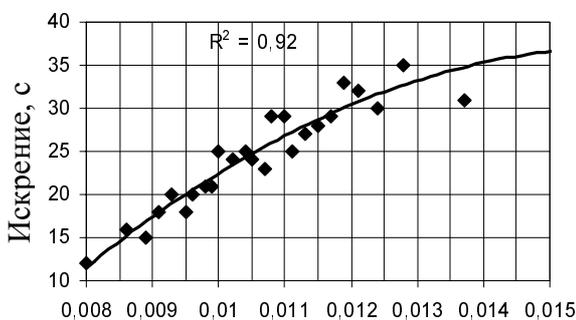
Зависимость (рис. 1) показывает, что при содержании кремния в металле 0,07% и менее обрезь по причине «усадка» минимальна. При содержании кремния менее 0,06% возрастает общая обрезь на блюмсах. Это связано с тем, что при концентрациях кремния менее 0,06 % увеличивается обрезь по причине «рвань». Подтверждением этого является увеличение времени искрения металла в изложнице, появление рослости головной части слитка. Для предотвращения этого расход алюминия для корректировки поведения стали при её кристаллизации увеличивали. Так, при содержании кремния 0,06% и менее расход алюминия составляет 50г/т и более. Повышение расхода алюминия приводит к увеличению скоплений в головной части слитка неметаллических включений, которые при прокатке вызывают поверхностные дефекты на гранях блюмсов в головной части слитка (рис 2). Следовательно, концентрация кремния для получения «сбалансированного слитка» находится на уровне 0,06 – 0,07 %.

На характер головной части при её кристаллизации оказывает дополнительное влияние концентрация марганца, углерода, температура металла перед разливкой и ряд других факторов. Для учёта влияния этих факторов в качестве показателя окисленности металла было решено принять

расчётное содержание кислорода в металле определенного химического состава и температуры, находящегося в равновесии со шлаком. При термодинамическом расчете содержания кислорода было принято, что шлак состоит из SiO_2 , FeO и MnO . Константы равновесия реакции, значения параметров взаимодействия были взяты из справочных данных работы [4]. В результате для каждой конкретной сформированной группы плавок было определено содержание кислорода. Показатели, по которым были сформированы группы: продолжительность искрения металла; расход алюминия на корректировку окисленности металла; количество обрезки; количество «дефектных» заготовок. На основании этого были получены статистические зависимости (рис. 3 – 5). Абсциссой на данных зависимостях является расчётное содержание кислорода, ординатой – заводские данные текущего производства стали.



Расчётное содержание кислорода, %
Рисунок 3 – Влияние расчётного содержания кислорода на расход алюминия для корректировки окисленности стали.

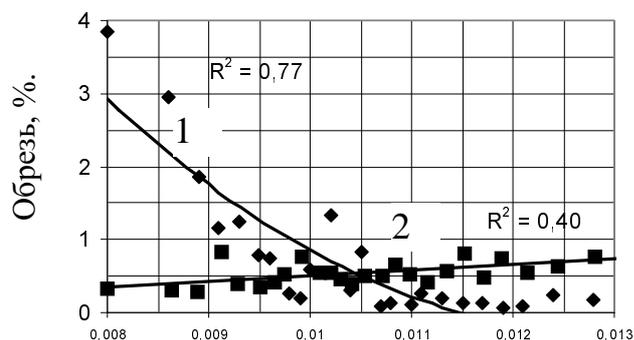


Расчётное содержание кислорода, %
Рисунок 4 – Влияние расчётного содержания кислорода на продолжительность искрения стали.

Зависимость (рис. 5, кривая 1) показывает, что увеличение концентрации кислорода в металле более 0,011% резко снижает долю потерь металла по вине усадки. После анализа зависимостей (рис. 3, 4) видно, что повышение содержания кислорода сверх 0,011% увеличивает продолжительность искрения металла в изложнице и следовательно расход алюминия, что приводит к росту количества поверхностных дефектов на головных частях блюмсов (рис 5 кривая 2). По полученным в исследованиях данным оптимальное содержание кислорода в металл находится на уровне 0,010-0,011%.

Кроме дополнительной обрезки на величину выхода годной стали оказывает влияние качество поверхности прокатанных заготовок. На адьюстаже производится визуальный осмотр заготовок на наличие дефектов. При наличии на заготовках дефектов «рвань» и «трещина» они отсортируются. Поэтому представляет интерес изучения влияния окисленности

стали на количество отсортировки. В результате этих исследований была построена зависимость рис 6.

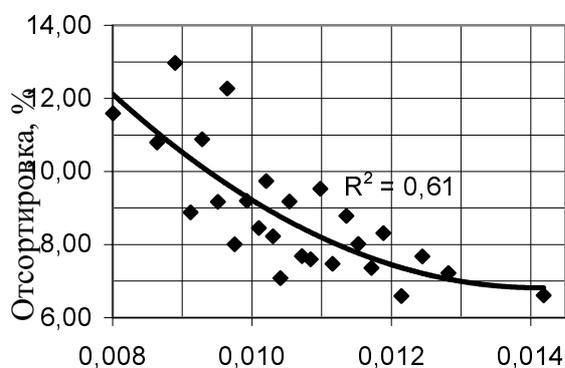


Расчётное содержание кислорода, %

1 – обрезь «усадка»; 2 – обрезь «рванина»

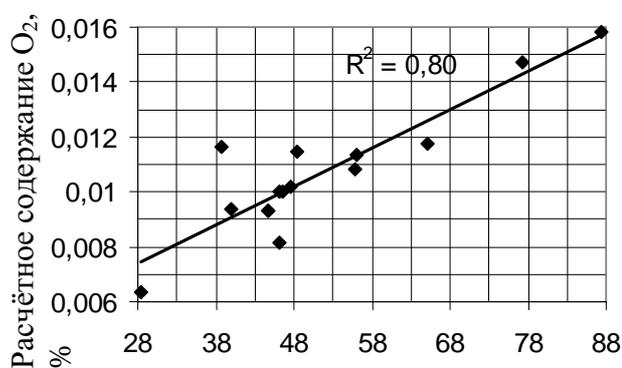
Рисунок 5 - Влияние расчётного содержания кислорода на величину головной обрезки.

Анализ зависимости показал, что установленная концентрация кислорода 0,010-0,011% обеспечивает не только сбалансированный слиток, но и минимальную обрезь на ножницах блюминга, а также более стабильное качество поверхности прокатанных заготовок.



Расчётное содержание O₂, %

Рисунок 6 – Влияние расчётного содержания кислорода на количество отсортированных заготовок.



Измеренное содержание O₂, ppm

Рисунок 7 – Содержание кислорода, полученное расчётным методом, и при использовании датчиков окисленности.

При обработке на СВОС плавков производили определение концентрации кислорода в металле с применением измерителя окисленности. Данные замеров имели хорошую сходимость с расчётным определением концентрации кислорода (рисунок 7).

Полученные данные при разливке стали сверху несколько отличаются

ся от данных авторов работы [6], полученных для условий сифонной разливки. Наименьшая обрезь и отсортировка заготовок (для стали СтЗпс) достигается при отношениях концентрации $[Mn]/[Si]$ на уровне 7,5...9,5 и $[Si]/[O]$ – 5,0...7,0 при температуре металла перед разливкой 1555 ...1560 °С. Отклонение данных показателей в сторону их увеличения или уменьшения ведет к росту головной обрезки на слитках. Кроме того, снижение концентрации кислорода ниже рекомендованного уровня влечет ухудшение стабильности качества прокатных заготовок. Колебание количества дефектных заготовок по причине грубой рвани может увеличиться в 1,5...2,0 раза. Поэтому, зная рациональную степень раскисленности стали, появляется возможность проводить внепечную корректировку окисленности металла путём добавки в ковш различных материалов (раскислителей и окислителей) [7]. Так, при применении двух замеров окисленности на одной плавке экономия с учётом затрат и снижения отходов (в ценах 2005г.) составит примерно 3 грн/т разлитой стали.

Список литературы

1. Кнюпель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали. Часть 1. Термодинамические и кинетические закономерности.– М.: Metallurgy, 1973– 312 с.
2. Шнееров Я.А., Стомахин А.Я., Вихлещук В. А. Полуспокойная сталь. М.: Metallurgy, 1973– 368 с.
3. Коновалов Р.П. Слиток кипящей стали. М.: Metallurgy, 1986.-176 с.
4. Лузгин В.П., Качеван А.В., Близиюков А.С. Изменение содержания кислорода при внепечной обработке стали //Известия Вузов. Черная металлургия.– 2001.– № 1.– С. 10–13.
5. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали.– М.: Metallurgy, 1976.– 486 с.
6. Физико-химические расчёты электросталеплавильных процессов / Григорян В. А., Пономаренко А. Г. и др.– М. Metallurgy, 1989.– 288 с.
7. Патент 66651 Украины. Спосіб розкислювання сталі / Маншилін О.Г., Кукуй Д.П., Лебедев Є. Н., Хорошилов В.В.

**© Лебедев Е.Н., Хорошилов В.В.
Лившиц Д.А., Дымченко Е.Н. 2005**