

## **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].

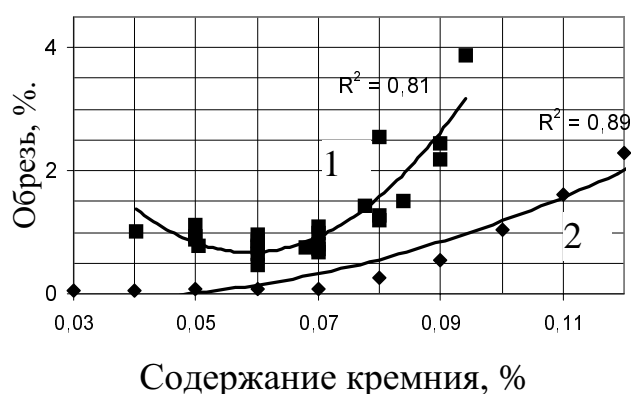
Целью данной работы состояла в поиске оптимальной величины раскисленности полуспокойной стали, и способа её корректировки вне сталеплавильного агрегата до начала разливки.

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 обреза 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»

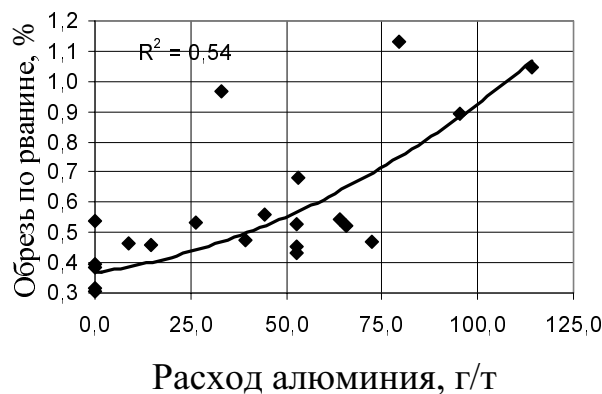


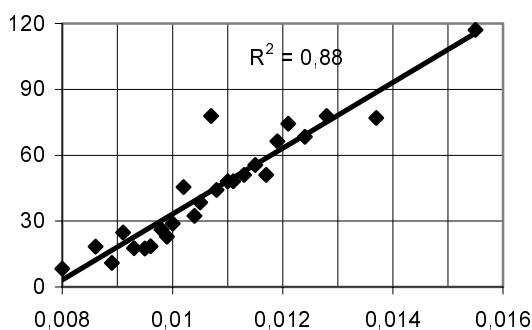
Рисунок 2 – Влияние расхода алюминия на количество обреза.

Рисунок 1 – Влияние содержания кремния на величину обреза.

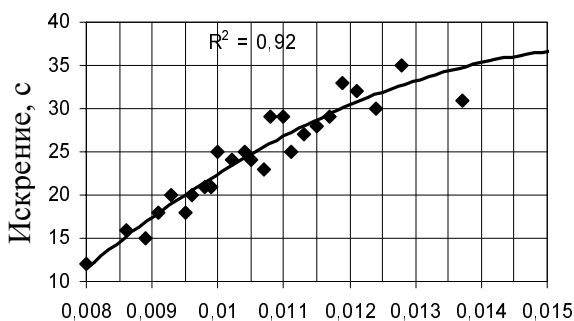
Зависимость (рис. 1) показывает, что при содержании кремния в металле 0,07% и менее обрезь по причине «усадка» минимальна. При содержании кремния менее 0,06% возрастает общая обрезь на блюмсах. Это связано с тем, что при концентрациях кремния менее 0,06 % увеличивается обрезь по причине «рвань». Подтверждением 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  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$  и  $\text{MnO}$ . 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 обреза; 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.

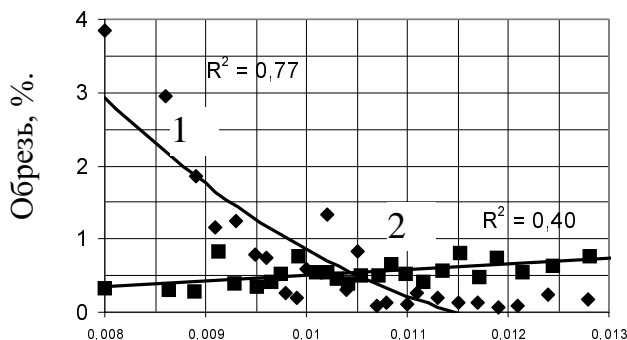


Расчётное содержание кислорода, %  
 Рисунок 4 – Влияние расчётного содержания кислорода на продолжительность искрения стали.

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 обреза 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.

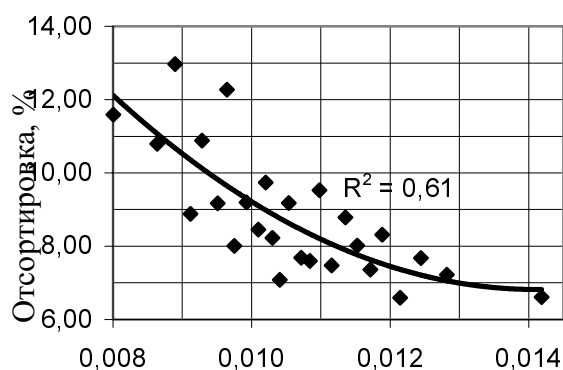


Расчётное содержание кислорода, %

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

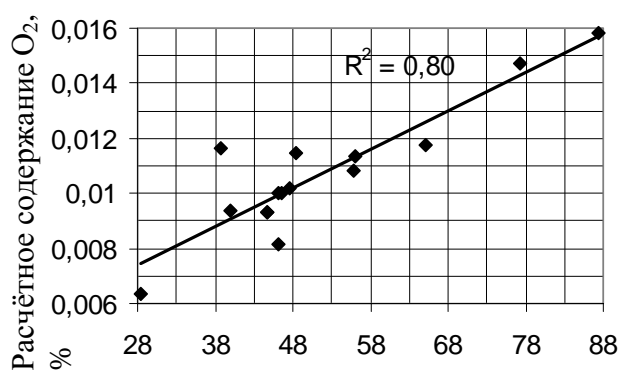
Рисунок 5 - Влияние расчётного содержания кислорода на величину головной обрезки.

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 O<sub>2</sub>, %

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



Измеренное содержание O<sub>2</sub>, ppm

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

При обработке на СВОС плавки 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 Ст3пс) 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**