

1298 кг. Также во второй и третьей группах отмечена более высокая степень десульфурации 29,5 и 31,5% против 20,6% в первой группе.

Введение в эксплуатацию в ККЦ, дополнительно к УПК, установки УЭНС обеспечило при внепечной обработке проведение электродугового подогрева металла практически всех плавов. Это позволило снизить температуру сливаемого из конвертера металла до 1630°C. Возможность заканчивать продувку с низкой температурой расплава позволила увеличить количество заваливаемого в конвертер металлолома на 20 т (с 95...105 до 115...125 т). С пуском УЭНС в 1,5 раза (с 18,5 до 12,1%) сократилось количество плавов, подвергаемых химическому нагреву. Применение элек-

тронагрева в целом положительно влияет на качество металла. Средний балл точечной неоднородности снижается с 1,45 до 1,39, а на плавках, сливаемых с температурой не более 1630°C, – до 1,25.

Выявлено, что при температуре металла на выпуске 1630°C продолжительность электронагрева составляет в среднем, 10 мин. При длительности внепечной обработки 30 мин обеспечивается удаление не менее 25% серы. Оптимальный суммарный расход извести в ковш, необходимой для проведения электронагрева и эффективного удаления серы, – 2,7–3,0 т.

Данная технология позволяет снизить затраты на производство конвертерной стали, повысить качество металла.

УДК 621.74

А.В. Сарычев, А.Б. Великий, В.В. Павлов, А.Х. Валиахметов, К.В. Казятин, Ю.В. Лукьянова

## ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОКРЕМНИСТЫХ МАРОК СТАЛИ В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ЦЕХЕ ОАО «ММК»

Основной проблемой при производстве непрерывно-литой заготовки из металла с низким содержанием кремния (менее 0,03%) является его разливка на МНЛЗ, где вследствие большого содержания кислорода в металле (это отличительная черта «кипящего» металла) возникают порывы корочки заготовки, что приводит, как правило, к аварийной остановке МНЛЗ.

Поэтому основной задачей при разработке технологии производства непрерывно-литой заготовки из низкокремнистой стали является снижение содержания кислорода в ней.

В ОАО «ММК» эта задача осложнена отсутствием в ЭСПЦ вакууматора, обработка металла на котором является весьма распространенным мероприятием для снижения уровня содержания кислорода в стали, особенно за рубежом.

Исходя из отсутствия технологии вакуумирования металла, основным мероприятием по снижению уровня содержания кислорода в металле является его раскисление, то есть обработка материалами, имеющими большее сродство к кислороду. В условиях производства «кипящей» стали марки Св08А для сварочных электродов проблема глубокого раскисления металла усугубляется тем, что химический состав сталей по содержанию кремния (не более 0,03%),

марганца (0,35–0,50%), алюминия (не более 0,01%) не позволяет использовать в полном объеме раскислители на основе этих элементов.

С целью выбора оперативного критерия содержания кислорода был проведен анализ зависимости содержания кислорода в металле от его окисленности, определяемой на установке «печь-ковш» прибором «Celox». Результаты анализа (рис. 1) показали, что эта зависимость является значимой и окисленность металла может быть критерием содержания кислорода в металле.

По литературным данным содержание кислорода в спокойном металле составляет не более 0,01%. Таким образом, исходя из рис. 1, для по-

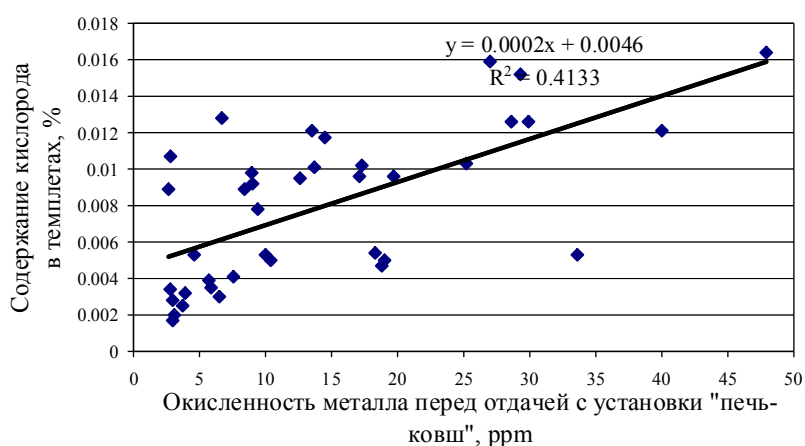


Рис. 1. Зависимость содержания кислорода в темплетях от окисленности металла перед отдачей с установки «печь-ковш»

лучения «псевдокипящего» металла оптимальная окисленность должна быть не более 20 ppm.

На первом этапе разработки технологии производства кипящей стали с оптимальным для разливки содержанием кислорода в металле были предприняты попытки найти наиболее оптимальные материалы с точки зрения получения низкого содержания кислорода в металле при раскислении стали в двухванном сталеплавильном агрегате. С этой целью за пять минут до начала выпуска металла из печи в ванну присаживали 1–1,5 т разных материалов раскислителей. За критерий принимали показания окисленности металла по приходу на установку «печь-ковш». Результаты показаны на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что наилучший результат раскисления металла достигнут при использовании смеси из силикомарганца и углеродсодержащего материала УМ-5, окисленность металла в среднем уменьшается на 33 ppm.

Раскисление металла в сталеразливочном ковше на выпуске металла из двухванного сталеплавильного агрегата производится расчетным количеством ферромарганца (с низким содержанием кремния). На начальном этапе металл раскисляли алюминием в количестве 600–800 кг на плавку, при этом содержание алюминия в готовой стали составляло 0,020–0,040%.

Основной проблемой при данном варианте технологии является зарастание стаканов при разливке стали на МНЛЗ включениями глинозёма.

По имеющимся данным (литературным и из опыта других заводов) для создания условий уменьшения зарастания стаканов применяется обработка металла кальцием. При этом создается более легкоплавкая эвтектика на основе окислов алюминия и кальция, что резко снижает вероятность «налипания» тугоплавких окислов алюминия на стенки стаканов.

Определение вида соединения Са в металле не

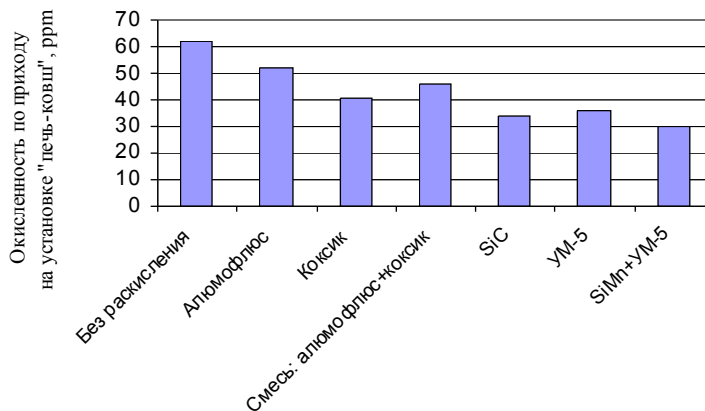


Рис. 2. Влияние предварительного раскисления металла разными материалами на окисленность по приходу на установку «печь-ковш»

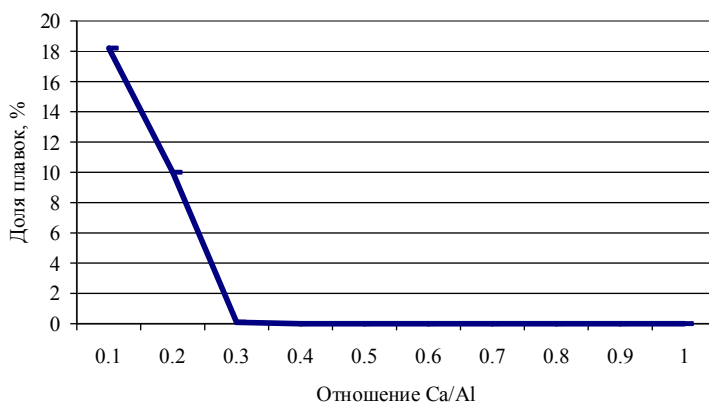


Рис. 3. Влияние отношения Са/Al на «зарастание» стаканов

представляется возможным, поэтому опытным путем определяли оптимальное отношение Са/Al в металле. На рис. 3 представлена зависимость разливаемости металла от отношения Са/Al.

Таким образом, для условий ОАО «ММК» оптимальное соотношение Са/Al в готовом металле составляет более 0,3; т.к. усвоение Са в металле нестабильно, то принято решение иметь отношение Са/Al в пределах 0,3–0,6. Более высокое отношение не является экономически эффективным.

Сравнительный анализ химического состава и механических свойств стали, полученной по разным технологиям, представлены в таблице.

**Сравнительный анализ химического состава и механических свойств (средние значения) сварочной проволоки марки стали Св08А**

Технология	Химический состав металла, %				Механические свойства		
	Количество плавков	C	Si	Mn	Количество партий	Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное сужение поперечного сечения после разрыва, %
ДСА*– изложницы	87	0,07	0,01	0,41	290	346,6	75,8
ДСА–МНЛЗ	50	0,08	0,02	0,44	156	392,2	73,3
ТУ 14-1-4760-89		н.б. 0,10	н.б. 0,03	0,35–0,45		н.б. 420	н.м. 60

\*ДСА – двухванный сталеплавильный агрегат.

Как видно из **таблицы**, полученные механические свойства соответствуют требованиям ТУ 14-1-4760-89.

Разработанная технология производства «псевдокипящего» металла позволила:

- получить требуемый химический состав металла;
- разливать металл на сортовых МНЛЗ;
- получить требуемые механические свойства;
- выполнить заказы потребителей.

УДК 621.74

В.Ф. Дьяченко, Д.В. Юречко, А.Б. Великий, Ю.М. Желнин, А.Г. Алексеев, А.С. Казаков

## **ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НОВОЙ СЛЯБОВОЙ МНЛЗ № 5 С ВЕРТИКАЛЬНЫМ УЧАСТКОМ В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ЦЕХЕ ОАО «ММК»**

Процесс непрерывной разливки стали начал получать промышленное развитие в середине прошлого столетия. Бурному его распространению и широкому внедрению способствовал экономический рост, наблюдаемый в большинстве промышленно развитых стран мира, что обусловило быстрое внедрение многих высокоэффективных технологических процессов и стимулировало развитие новых технологических построений в черной металлургии.

В большинстве стран мира доля стали, разливаемой на МНЛЗ, превышает 90–95%. Ожидается, что практически полное оснащение предприятий черной металлургии машинами непрерывной разливки стали произойдет примерно к 2020 году.

В электросталеплавильном (бывшем мартеновском) цехе ОАО «ММК» до конца 2004 г. использовалась устаревшая технология разливки стали в изложницы. С целью повышения эффективности производства, в соответствии с инвестиционной программой реконструкции ОАО «ММК», было принято решение о замене разливки в изложницы на оборудование, отвечающее современным требованиям. Это позволило установить в июле–октябре 2004 г. две сортовых машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ № 1 и 2) производства фирмы «VAI». За короткий период новые машины были выведены на предусмотренную проектную мощность.

В существовавшей схеме производства, включавшей два двухванных сталеплавильных агрегата, агрегат печь-ковш, агрегат доводки стали и две сортовых МНЛЗ № 1 и 2, дальнейшее повышение производительности старого цеха без существенной реконструкции не представлялось возможным, поэтому вторым этапом обновления мартеновского цеха явилась замена ДСА на две современные дуговые электропечи аналогичной емкостью, с увеличенной вдвое – до 4 млн т стали суммарной годовой производительностью, что и было сделано в апреле–сентябре 2006 г.,

когда были введены в эксплуатацию новые ДСП № 1 и 2, в разработке которых главным подрядчиком выступила фирма «VAI». Дополнительно, для выполнения требований к подготовке металла перед непрерывной разливкой запущен агрегат печь-ковш № 2. После этих преобразований мартеновский цех был переименован в электросталеплавильный (ЭСЦ).

Таким образом, ввод новых дуговых электропечей позволил повысить мощности сталеплавильных агрегатов до 4 млн т стали при существовавшей производительности сортовых машин в 2 млн т. С целью дальнейшего повышения качества непрерывно-литой заготовки и гибкости производственного процесса в ЭСПЦ в августе 2006 г. введена в эксплуатацию принципиально новая для ОАО «ММК» слябовая МНЛЗ с вертикальным участком, которой, учитывая уже имеющиеся в ККЦ четыре слябовые машины непрерывного литья заготовок, был присвоен пятый номер.

Комплекс оборудования МНЛЗ № 5 был спроектирован ООО «Уралмаш-МО» и включал как новое оборудование, поставляемое этой фирмой, так и ранее демонтированное, при реконструкции МНЛЗ № 2 и 3 кислородно-конверторного цеха ОАО «ММК».

В результате была построена двухручьева машина криволинейного типа с вертикальным кристаллизатором, многоточечным загибом и выпрямлением непрерывного слитка. Выбор схемных и конструктивных решений оборудования МНЛЗ № 5 был подчинен обеспечению требований к качеству производимой продукции.

Наличие вертикального участка МНЛЗ, включающего прямой кристаллизатор и часть поддерживающего роликового аппарата, способствует всплытию неметаллических включений, вследствие чего уменьшается их скопление на внутренней поверхности оболочки слитка и снижается общее содержание неметаллических включений в непрерывно-литой заготовке.