

Из данных **табл. 2** следует, что вдувание аргона через полый стопор дополнительно увеличивает количество разлитого металла через один погружной стакан на 6–26% в зависимости от марки разливаемой стали. Снижение количества прокаток стопоров при разливке разных марок сталей составляет 34–47%.

Для снижения загрязнения металла неметаллическими включениями применяются перегородки промежуточных ковшей с продувкой аргоном.

В 2006 году продувочные перегородки устанавливались по обеим сторонам промежуточного ковша. В связи с этим оценка работы опытных промежуточных ковшей, оснащенных перегородками с обеих сторон, заключалась в исследовании макроструктуры темплетов и сравнении полученных данных с данными годового анализа за 2006 год в целом (**рис. 3**). В качестве основного показателя, характеризующего загрязнение металла неметаллическими включениями, взят балл развития дефекта «точечная неоднородность (ТН)».

Согласно данным на **рис. 3** при оценке качества внутренней структуры темплетов после обработки металла аргоном средний балл дефекта «точечная неоднородность» составил 1, в то время как средний показатель дефекта «точечная неоднородность» за 2006 год составил 1,2. Кроме того, отсутствует доля темплетов с дефектом «точечная неоднородность» 2,5 балла и более, что относится к фактору, по которому металл подлежит отсортировке в пониженную сортность или брак.

По итогам 2006 года в ККЦ ОАО «ММК» в результате использования продувочных устройств различных конструкций в промежуточных ковшах во время непрерывной разливки стали было достигнуто снижение отсортировки слябов по дефекту «точечная неоднородность» на 0,0003%, по шлаковым включениям на 0,020%, выход брака слябов по грубым шлаковым включениям снизился на 0,0032%. Произошло увеличение выхода годного металла за счет снижения технологической обрезки от «поясов» на 4 кг/т. Общий экономический эффект превысил 90 млн рублей.

УДК 621.74

Ю.А. Бодяев, И.М. Захаров, Д.Н. Чигасов, С.Н. Ушаков, С.В. Мещеров, М.В. Косарев

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ И ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ В ККЦ С ВВОДОМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО НАГРЕВА

Основными причинами проведения реконструкции и модернизации предприятий в современных условиях являются необходимость снижения энергоемкости продукции, повышение ее качества и соответственно конкурентоспособности на рынке. В последние годы модернизация сталеплавильного производства осуществлялась, в основном, за счет внедрения внепечной обработки стали на установках печь-ковш. Утвердившаяся в последнее десятилетие концепция рассматривает предназначение основных сталеплавильных агрегатов главным образом для выплавки полупродукта и получение готовой стали, с заданными характеристиками, на агрегатах внепечной обработки.

Работа ОАО «ММК» в условиях рыночных отношений и постоянно возрастающие требования потребителей к качеству готовой металлопродукции заставляют коренным образом пересматривать идеологию организации сталеплавильного производства. Одним из аспектов проводимой в ОАО «ММК» широкомасштабной реконструкции является, в частности, совершенствование кислородно-конвертерного производст-

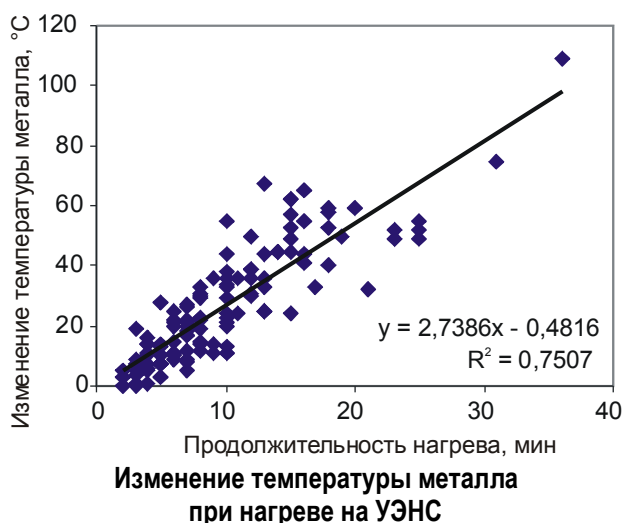
ва. Руководством комбината было принято решение по строительству в ККЦ установки электродугового нагрева стали (УЭНС). В июне 2006 года двухпозиционная установка фирмы VAI FUCHS производительностью 4,2 млн т была введена в эксплуатацию.

Установка состоит из следующих систем, узлов и групп оборудования:

- механизм подъема электродов;
- механизмы подъема крышек;
- водоохлаждаемые крышки ковша;
- устройства для измерения температуры и отбора проб;
- манипулятор для аварийной фурмы;
- стенд для наращивания и хранения электродов.

На УЭНС осуществляются следующие технологические операции:

- нагрев металла электрической дугой;
- продувка металла аргоном для усреднения химического состава и температуры металла по объему сталеразливочного ковша и десульфурация стали;



- измерение температуры и окисленности металла;
- отбор проб металла и шлака.

Введение в эксплуатацию УЭНС дополнительно к действующей установке печь-ковш позволило во время внепечной обработки проводить электродуговой подогрев металла практически всех плавок (до 90%). Оптимизация технологических процессов, протекающих при внепечной обработке с использованием электронагрева, повышает эффективность работы как самой установки, так и всего цеха.

Основными параметрами, определяющими работу УЭНС, являются:

- состав и количество (толщина слоя) шлака;
- скорость нагрева и интенсивность перемешивания;
- температура поступающего на обработку полупродукта.

Таблица 1

Результаты десульфурации при внепечной обработке стали с применением электронагрева на УЭНС

Технология	Марка стали	Количество плавок	Показатель	Расход на выпуске, кг			Расход при внепечной обработке, кг				Содержание серы, %		ΔS, %
				CaO	CaF <sub>2</sub>	Al	CaO	CaF <sub>2</sub>	Al	ABK	приход	готов.	
С использованием извести при внепечной обработке с электронагревом	Ст3сп, Ст3пс, Ст2пс, Ст2сп, St37-2, A36-2	35	мин	1000	442	300	247	–	40	184	0,020	0,005	5
			макс	2555	1262	800	2200	–	250	750	0,077	0,035	88,3
			сред.	1872	669	422	636	–	112	474	0,031	0,018	38,7
	08Ю, 08пс, 08пс-ж, SAE1006, St12, St2	91	мин	996	425	300	119	101	40	423	0,014	0,005	4
			макс	4482	1001	800	2012	317	250	1768	0,047	0,028	82,7
			сред.	2468	624	581	715	350	132	701	0,027	0,019	28,8
	09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 17Г1С	18	мин	400	550	300	298	–	130	200	0,013	0,006	17,4
			макс	3062	730	500	1500	–	150	1145	0,029	0,019	72,7
			сред.	2275	649	369	863	–	143	394	0,020	0,011	42,5
Без присадки извести при внепечной обработке с электронагревом	Ст3сп, Ст3пс, Ст2пс, Ст2сп, St37-2, A36-2	114	мин	990	330	300	–	–	–	335	0,011	0,006	3,7
			макс	3162	997	600	–	–	–	966	0,033	0,029	67,8
			сред.	2284	654	403	–	–	–	533	0,024	0,017	28,6
	08Ю, 08пс, 08пс-ж, SAE1006, St12, St2	129	мин	892	456	150	–	–	–	246	0,016	0,009	3,8
			макс	4067	833	800	–	–	–	1162	0,028	0,025	60,8
			сред.	2277	555	505	–	–	–	528	0,022	0,019	16,2
	09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 17Г1С	61	мин	689	251	300	–	–	–	190	0,013	0,004	3,6
			макс	2999	721	647	–	–	–	1909	0,033	0,027	80
			сред.	2265	601	407	–	–	–	472	0,022	0,014	35,3

Для поддержания оптимального количества шлака и регулирования его состава в ковше при обработке на УЭНС на агрегатах доводки стали (АДС-1 и АДС-2) выделили по бункеру-дозатору для извести. В случае необходимости известь присаживается в ковши во время обработки.

В соответствии с техническими характеристиками установки максимальная скорость нагрева металла на самой мощной, первой ступени – 4°С в минуту. Фактические результаты работы установки по нагреву показаны на рисунке.

Средняя продолжительность нагрева составляет 9,5 мин, что позволяет увеличить температуру металла в среднем на 25°С.

Место расположения установки в цехе позволяет начинать обработку плавок, выпущенных из конвертера № 2, на УЭНС в позиции «А» без перестановки ковша и после проведения электронагрева, отдавать их для дальнейшей обработки на другие агрегаты доводки. При перестановке ковшей с конвертерных сталевозов

можно производить электронагрев металла на УЭНС на позиции «Б» как с любого конвертера, так и с других агрегатов доводки. Это позволяет гарантированно отдавать на МНЛЗ металл с указанной температурой.

В данной работе рассмотрены такие вопросы, как увеличение эффективности десульфурации металла с использованием электронагрева и, как следствие, повышение его качества. С целью увеличения эффективности десульфурации металла известь во время доводки присаживалась в ковши на агрегатах доводки стали (АДС). Выполнен анализ 400 плавов, на которых проводилась десульфурация на установке электродугового нагрева. На всех плавках производилась присадка извести на выпуске в составе ТШС в среднем в количестве до 2,5 т.

Плавки были разбиты на 2 группы. В первую группу вошли плавки, обрабатываемые на АДС с отдачей в ковш порции извести и нагревом на УЭНС, во вторую – группу плавки с нагревом на УЭНС, но без присадки извести. Обрабатываемый металл был поделён по группам марок (низкоуглеродистые, углеродистые, низколегированные).

На низкоуглеродистом сортаменте (08Ю, 08пс, SAE1006) среднее содержание серы по приходу на внепечную обработку составляло 0,027%, после отдачи извести в количестве 715 кг (в среднем) и нагревом на УЭНС содержание серы снижалось до 0,019%. Степень десульфурации составила 28,8%. На аналогичном сортаменте без использования извести и последующего электронагрева содержание серы по приходу – 0,022%, в готовом – 0,019%. Степень десульфурации – 16,2%.

На группе углеродистых марок стали (Ст2сп, Ст37-2, А36-2) среднее содержание серы перед обработкой на УЭНС составляло 0,031%, после отдачи на извести в количестве 636 кг и проведения электронагрева – 0,018%. Степень десульфурации составила 38,7%. Без отдачи извести и последующего нагрева соответственно 0,024 и 0,017%. Степень десульфурации – 28,6%.

На низколегированном сортаменте (09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 17Г1С) среднее содержание серы по приходу на внепечную обработку составляло 0,020%. После проведения электронагрева с присадкой извести в количестве 863 кг содержание серы снижалось до 0,011%. Степень десульфурации – 42,5%.

На аналогичном сортаменте без использования извести и последующем нагревом соответственно – 0,022 и 0,014%. Степень десульфурации – 35,3%.

Подробные данные по работе представлены в табл. 1.

Выполнен анализ влияния технологии внепечной обработки с использованием электронагрева на макроструктуру металла. Проанализировано 57 плавов текущего производства марок типа 08Ю, на которых производилась оценка макроструктуры непрерывно-литых слябов. Для определения влияния электронагрева на макроструктуру металла плавки были разбиты на 3 группы. В первую группу вошли плавки, которые не подвергались электронагреву и обрабатывались на АДС, во вторую группу – плавки, которые обрабатывались на установке электронагрева стали, в третью группу выделили плавки, обработанные на УЭНС, на которых температура металла при выпуске из конвертера была не больше 1630°C. Как видно из полученных данных, снижение температуры металла на повалке в результате применения электронагрева в целом положительно влияет на качество металла. Средний балл точечной неоднородности снижается с 1,45 до 1,38. Средний суммарный расход по чистому алюминию составил 1302 кг против 1340 кг. Данные по работе представлены в табл. 2.

Наилучшие результаты достигаются в третьей группе, при выплавке которой выполнялись требования технологических инструкций по снижению температуры металла на выпуске. В этом случае балл точечной неоднородности составляет 1,25 при среднем расходе алюминия на плавку

Таблица 2

Результаты опытных плавов

Вариант технологии	Количество плавов	T <sub>пов</sub>	УЭНС				Расход алюминия на плавку				ТН
			Длительность	Нагрев	ΔT	Ст. десульфурации	АВ87АВ95	АВК	Al чуш	Σ	
Плавки без проведения электронагрева на УЭНС	32	1652	–	–	–	20,6	675	775	118	1340	1,45
Плавки, обработанные на УЭНС	25	1647	23	13	38	29,5	620	751	60	1302	1,39
Плавки, обработанные на УЭНС и с T <sub>пов</sub> <1630°C	12	1622	27	19	66	31,5	657	741	–	1298	1,25

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-

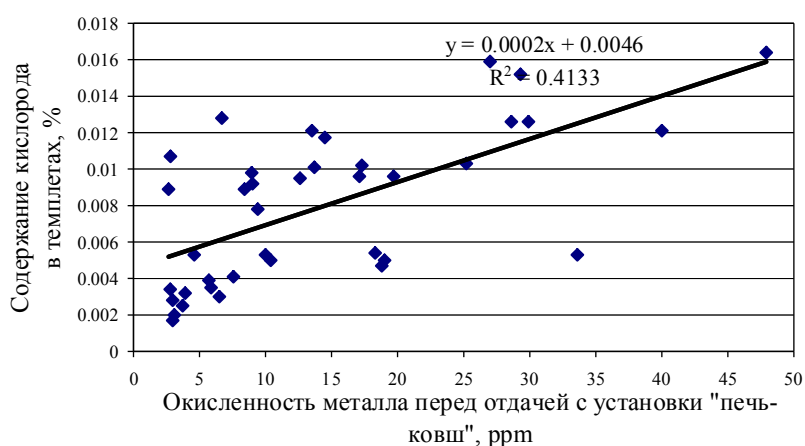


Рис. 1. Зависимость содержания кислорода в темплетях от окисленности металла перед отдачей с установки «печь-ковш»