



It is shown that application of the alternating steel conducting technology in casting ladles at OAO "BMZ" has increased the degree of metal desulphurization by 5% as compared to the melting of standard technology.

А. С. ЗАЯН, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ, В. А. ШАТИЛО, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»
УДК 669.21

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АЛЬТЕРНИРУЮЩЕЙ ПРОДУВКИ СТАЛИ В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШАХ НА ОАО «БМЗ»

В современных электросталеплавильных цехах, оснащенных высокомошными ДСП, установками печь-ковш, вакууматорами и МНЛЗ высокой производительности, узким местом в ряде случаев становится пропускная способность установки внепечной обработки стали (УВОС). При этом проблема не всегда заключается в эффективности логистики или скорости нагрева металла и присадки материалов. В ряде случаев определяющим фактором является скорость массо- и теплообмена. Например, время усреднения температуры и химического состава стали (т. е. растворения ферросплавов и науглероживателя и гомогенизации расплава) зависит от энергии перемешивания металла в объеме сталеразливочного ковша. Кроме процессов массо- и теплообмена в объеме жидкой стали, в металлургии имеют большое значение физико-химические процессы, протекающие с участием нескольких фаз. При этом лимитирующей стадией данных процессов, определяющей время обработки металла, является массоперенос на границах фаз. В случае внепечной обработки к таким процессам можно отнести десульфурацию стали и ассимиляцию неметаллических включений шлаком. Рост расхода инертного газа для повышения энергии перемешивания жидкого металла ограничен из-за сливания отдельных газовых пузырей в «колодцы» и нарушения газлифтинга, а также разбрызгивания жидкого металла и шлака.

Для повышения пропускной способности УВОС ЭСПЦ-2 на ОАО «БМЗ» в 2009–2011 гг. осуществлен ряд мероприятий, одно из которых – внедрение технологии альтернирующей продувки металла в сталеразливочном ковше (APS). Технология APS является научно-технической разработкой, запатентованной фирмой Techcom GmbH, (Германия) и направленной на совершенствование

технологии обработки стали продувкой инертными газами. Она предполагает попеременную подачу нейтрального газа через два продувочных элемента, установленных в днище сталеразливочного ковша, с определенным заданным интервалом переключения. Продувка осуществляется в противофазе, т. е. плавное снижение расхода нейтрального газа по одной линии до минимального значения сопровождается его плавным повышением по второй линии до максимального значения. Таким образом, создаются восходящие и нисходящие потоки расплава различной интенсивности, не пересекающиеся друг с другом, что и обеспечивает более эффективное перемешивание металла по всему объему сталеразливочного ковша. Технология APS внедрена на ряде металлургических предприятий СНГ и Европы (ММЗ, ВМЗ, Истил и др.).

Освоение технологии APS начато в 2010 г. в электросталеплавильном цехе № 2. Для обеспечения требуемых технологией APS параметров была смонтирована газорегулирующая станция (ГРС) с набором управляющих регуляторов и клапанов, которая способна обеспечивать продувку в автоматическом или ручном режиме как аргоном, так и азотом.

Освоение технологии осуществляли в несколько этапов. На начальном этапе сотрудниками Techcom GmbH совместно со специалистами предприятия были проведены пусконаладочные работы и введена в эксплуатацию ГРС, установлено прикладное программное обеспечение с алгоритмом работы системы APS и проведен «холодный» запуск системы.

На втором этапе проведено обучение производственного персонала, проверены работоспособность и надежность оборудования, подготовлен к эксплуатации парк сталеразливочных ковшей

под продувку через два продувочных элемента. Часть ковшей эксплуатировалась с одной пробкой для оценки эффективности технологии APS в сравнении со штатным способом обработки. Велась работа по определению оптимальных режимов продувки по технологии APS и внедрению автоматических режимов работы системы.

На последнем этапе внедрения осуществляли набор и обработку статистических данных на сервере системы управления сталеплавильного производства ГЕФЕСТ с целью оценки эффективности применения технологии APS, проводили адаптацию технологических режимов продувки применительно к специфическим требованиям технологии внепечной обработки стали различного марочного сортамента.

Анализ эффективности технологии APS проводили в сравнении со штатной обработкой металла при продувке через один дутьевой элемент. При анализе опытные и сравнительные плавки были разделены на три группы марок стали: углеродистые качественные, легированные и кордовые. Не учитывали плавки с явными отклонениями от типовой технологической схемы внепечной обработки стали в ЭСПЦ-2 (с обработкой без вакуумирования, при разливке с накоплением, переливах,

простоях МНЛЗ и т. п.), а также плавки, длительность обработки которых превышала 180 мин на УВОС или 60 мин на установке печь-ковш. Кроме того, при формировании базы данных опытных плавков учитывали только те плавки, у которых доля продувки в режиме APS составляла не менее 60% от общего времени внепечной обработки на агрегате печь-ковш ЭСПЦ-2 или не менее 80% от длительности активной фазы обработки (до вакуумирования).

Средние технико-экономические показатели внепечной обработки опытных и сравнительных плавков за апрель-декабрь 2011 г. приведены в табл. 1.

Из таблицы следует, что накопленные массивы данных сопоставимы по объему: 637 опытных плавков против 698 штатных; средняя продолжительность обработки металла на ПК на опытных и сравнительных плавках сопоставима.

Таким образом, опытные плавки не имели преимуществ из-за разницы в длительности обработки и массе стали. При этом было зафиксировано некоторое снижение расхода электроэнергии на опытных плавках по отношению к сравнительным – в среднем на 180 кВт·ч на плавку (3,5%).

Следует отметить, что в большинстве случаев длительность нахождения металла в ковше, опре-

Т а б л и ц а 1. Средние технико-экономические показатели внепечной обработки опытных и сравнительных плавков

Группа марок стали	Количество плавков, шт.	Средняя масса плавков, т	Продолжительность обработки плавки, мин			Расход электроэнергии, кВт·ч на плавку
			УВОС	ПК	РН	УВОС
<i>Плавки с продувкой двумя фурмами в режиме альтернирования</i>						
Углеродистые	297	107,2	82,0	43,3	19,2	4709,8
Легированные	173	106,3	85,7	44,4	20,9	5053,2
Кордовые	167	110,1	87,4	44,1	22,0	5326,9
Среднее	637	107,7	84,4	43,8	20,4	4964,8
<i>Плавки с продувкой через одну фурму</i>						
Углеродистые	384	105,6	79,7	42,9	18,5	4869,2
Легированные	179	107,8	87,2	45,5	21,0	5482,8
Кордовые	135	109,1	88,0	44,0	22,3	5480,6
Среднее	698	106,8	83,2	43,8	19,9	5144,8

Т а б л и ц а 2. Удельный расход электроэнергии по группам марок стали, обработанных по штатной технологии и технологии APS

Показатель	Масса годной заготовки, т		Расход электроэнергии, кВт·ч		Расход электроэнергии удельный, кВт·ч/т		Изменение удельного расхода электроэнергии, кВт·ч/т
	APS	штатная	APS	штатная	APS	штатная	
Порядок расчета	M_{APS}	$M_{штат.}$	Q_{APS}	$Q_{штат.}$	$q_{APS} = \frac{Q_{APS}}{M_{APS}}$	$q_{штат.} = \frac{Q_{штат.}}{M_{штат.}}$	$\Delta q_{УВОС} = q_{APS} - q_{штат.}$
Стали:							
углеродистые	31842,2	40540,2	1398800	1869760	43,93	46,12	-2,19
легированные	18385,0	19292,5	874200	981413	47,55	50,87	-3,32
кордовые	18391,0	14727,2	889600	739880	48,37	50,24	-1,87
ИТОГО	68618,2	74559,9	3162600	3591053	46,09	48,16	-2,41

деляющая при прочих равных величину теплопотерь (через футеровку, через поверхность металла и на аккумуляцию тепла кладкой) и расход электроэнергии на их компенсацию, зависит от времени разлива плавки и накопления плавки на УВОС для обеспечения требуемой серийности. При работе в таком режиме сокращение времени технологических операций на УВОС не приводит напрямую к сокращению времени внепечной обработки.

Расчет изменения удельного расхода электроэнергии на УВОС с учетом доли марочного состава за период проведения испытаний технологии APS в ЭСПЦ-2 ОАО «БМЗ» приведен в табл. 2. Экономия составила 2,41 кВт·ч на 1 т годной стали, или примерно 250 кВт·ч на плавку (расход электроэнергии на УВОС снизился \approx на 5%). Полученные данные коррелируют с данными испытаний технологии APS на других металлургических заводах [1–3]. С учетом средней активной мощности, вводимой на агрегате печь-ковш (порядка 10 МВт), и электрического к. п. д. агрегата ($\approx 0,85$) длительность внепечной обработки может быть сокращена примерно на 2 мин только за счет времени работы под током.

Оценка влияния технологии APS на рафинировочные процессы в ковше производилась по показателю степени десульфурации стали. Результаты оценки приведены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели десульфурации стали

Показатель	С использованием APS	Штатная технология
Начальное содержание серы, %	0,0387	0,0389
Конечное содержание серы, %	0,0156	0,0168
Степень десульфурации, %	59,7	56,8
Увеличение степени десульфурации при использовании APS, %	5	

Литература

1. Технология альтернирующей продувки жидкой стали в разливочном ковше / Э. Шумахер, К. Дорн, И. В. Дервянченко и др. // Труды восьмого конгресса сталеплавателей. 2005. С. 397–398.
2. Повышение интенсивности процессов внепечной обработки после внедрения донного перемешивания расплава аргоном с расходом до 1000 л/мин на одну пробку / А. В. Кодак, Г. И. Касьян, П. М. Явтушенко и др. // Металл и литье Украины. 2009. № 1–2. С. 51–54.
3. Технология APS продувки металла в сталеразливочном ковше / Э. Э. Шумахер, В. В. Смоктий, В. Г. Порохнявый и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2010. № 7. С. 211–212.

В ходе отработки технологии APS выявлен ряд технологических трудностей, вызванных замедлением второго продувочного элемента сталеразливочных ковшей. Установлено, что основными причинами замедления дутьевых устройств являются: отсутствие подачи нейтрального газа на второй дутьевой элемент во время выпуска металла из ДСП в ковш; неудовлетворительная «промывка» второго дутьевого элемента в период межплавочного обслуживания сталеразливочных ковшей; передача плавки в стальковшах, оборудованных дополнительным дутьевым элементом, в другой цех (ЭСПЦ-1), где продувка осуществляется только через одну фурму.

Выявленные недостатки были частично устранены собственными силами, что позволило сократить количество плавки, на которых наблюдалась неудовлетворительная работа одного из дутьевых элементов.

Выводы

1. ОАО «БМЗ» совместно с фирмой ТЕХСОМ испытана и внедрена на УВОС ЭСПЦ-2 технология импульсной продувки металла нейтральным газом через две пробки, установленные в днище сталеразливочного ковша (APS).
2. Реализация технологии APS в условиях ЭСПЦ-2 ОАО «БМЗ» позволила достичь снижения удельного расхода электроэнергии при обработке металла на установке печь-ковш на 2,41 кВт·ч/т.
3. Применение технологии APS позволило увеличить степень десульфурации металла на 5% в сравнении с плавками штатной технологии.