

УДК 669.1

Сарычев А.В., Бигеев В.А., Ивин Ю.А., Алексеев Л.В.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В ДСП ЭСПЦ ОАО «ММК»

В ходе масштабной реконструкции в 2006 г. в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» были введены в эксплуатацию две дуговые сталеплавильные 180-тонные печи. Печи были построены в здании бывшего маргеновского цеха в условиях действующего производства. Современная мощная дуговая печь используется, преимущественно, как агрегат для расплавления шихты с получением жидкого полупродукта, который затем доводят на агрегатах внепечной обработки. По результатам работы в 2006 году средний цикл плавки в ДСП составил 58,2 мин. Основными задачами работы ДСП в 2007 году стали сокращение цикла плавки – для выхода на проектную мощность и повышение качества выплавляемого полупродукта.

Схема производства стали в ЭСПЦ делится на две основные технологические линии:

1. Выплавка в ДСП – обработка на агрегате «печь-ковш» (АПК) №1 и агрегате доводки стали (АДС) – разливка на сортовых МНЛЗ № 1, 2.

2. Выплавка в ДСП – обработка на АПК № 2 – разливка на слябовой МНЛЗ № 5.

Одной из проблем выплавки стали в современных ДСП четвертого поколения является высокое содержание серы в металле на выпуске из печи. Так, среднее содержание серы в металле перед выпуском из ДСП ОАО «ММК» в 2006 г. составило 0,044%. При производстве стали по первому варианту разливка на МНЛЗ была затруднена высоким содержанием серы, прежде всего, в металле, обрабатываемым на АДС, что приводило к снижению скорости разливки и ухудшению качества металла. При производстве стали по второму варианту для достижения контрактных показателей производства стали 2,2 млн т время разливки на МНЛЗ должно составлять 40 мин, а содержание серы не более 0,012%. Эти показатели не были достигнуты из-за нехватки времени для проведения полноценной десульфурации на АПК. Поэтому для бесперебойного обеспечения сталью удовлетворительного качества сортовых и слябовой МНЛЗ необходимо было снизить содержание серы в металле перед выпуском из ДСП.

Для решения данной проблемы при выплавке стали в ДСП были опробованы три варианта присадка шлакообразующих материалов (извести) в различные периоды плавки: по ходу (пор-

циями), только в завалку в бадье, 50% в завалку в бадье и 50% по ходу плавки (порциями). Результаты опытных плавок приведены в **табл. 1**.

В результате проведенных испытаний было выявлено, что присадка 50% извести в завалку и 50% извести по ходу плавки привело к снижению содержания серы в металле перед выпуском на 10% и увеличению коэффициента распределения серы на 24% (относительно существующей, проектной технологии).

Согласно контракту расход извести на плавку должен составлять 6000 кг (~35 кг/т). С целью снижения содержания серы в металле перед выпуском были проведены плавки с повышенным расходом извести 8000 кг (~45 кг/т). Результаты опытных плавок представлены в **табл. 2**.

Из таблицы видно, что на опытных плавках среднее содержание серы в металле перед выпуском из ДСП составило 0,035%, на сравнительных – 0,044%. Таким образом, содержание серы в металле, выплавленном с повышенным

Таблица 1

### Влияние присадки извести в различные периоды на десульфурацию металла в ДСП

Кол-во плавков, шт.	Расход извести в ДСП, кг		Содержание серы на выпуске, %	Ls
	в бадью в завалку	по ходу плавки		
40	8000	–	0,042	2,11
20	–	8000	0,039	2,45
15	4000	4000	0,035	2,95

Таблица 2

### Технологические параметры выплавки стали

Параметр	Сравнительные	Опытные
	Декабрь 2006 г. (100 пл.)	Март 2007 г. (100 пл.)
Лом, т	156,3	154,7
Чугун, т	45,4	45,4
Цикл, мин	59,2	57,2
Время под током, мин	32,9	32,5
Расход извести, т	5942	8087
Ls	1,50	2,92
Lp	81	135
Содержание серы на выпуске, %	0,044	0,035

Таблица 3

## Результаты опытных плавов с использованием чистой прокатной обрезки и твердого чушкового чугуна

Технология	Обрезь, т	Тв. чугун, т	Обычн. лом, т	Чугун, т	Вес шихты, т	Вес плавки, т	S <sub>вып.</sub> , %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
С применением чистой прокатной обрезки (20 плавов)	64,2	–	87,6	43,8	195,6	179,3	0,025	0,041	0,051	0,12
С применением твердого чушкового чугуна (9 плавов)	–	42,1	145,1	45	202,3	179,0	0,033	0,047	0,073	0,13
С применением обычного лома (20 плавов)	–	–	152,5	45,0	197,5	180,7	0,039	0,073	0,082	0,17

расходом извести, меньше на 0,009% по сравнению с обычной технологией. Коэффициент распределения серы и фосфора между шлаком и металлом L<sub>s</sub> и L<sub>p</sub> на опытных плавках выше на 1,42 (95%) и 54 (65%) соответственно.

По результатам работы в 2007 г. среднее содержание серы в металле перед выпуском из ДСП составило 0,036%, что на 20% меньше, чем в 2006 г.

Для более глубокой десульфурции металла, в том числе получения серы в готовой стали менее 0,003–0,005%, в ЭСПЦ ОАО «ММК» развивается ковшевая обработка. Так, строится АПК №3, предполагается применение на АПК порошковой извести и ряда других десульфураторов.

В связи с расширением марочного сортамента выплавляемого металла появились группы марок сталей с пониженным содержанием остаточных элементов (Cr не более 0,1%, Ni не более 0,1% и Cu не более 0,15%). Для решения этой проблемы, а также для изучения возможности дополнительного снижения содержания серы в металле перед выпуском было опробовано использование в качестве шихтовых материалов чистой прокатной обрезки и твердого чушкового

чугуна. Результаты применения данных материалов представлены в табл. 3.

На рис. 1 показано содержание серы, хрома, никеля и меди в металле в зависимости от вида шихтовых материалов.

В результате проведенной работы было выявлено, что применение чистой прокатной обрезки и твердого чушкового чугуна позволяет снизить содержание серы в металле на выпуске на 35 и 15% соответственно (относительно существующей технологии). Также применение данных материалов позволяет получать требуемое содержание остаточных элементов (Cr, Ni не более 0,1% и Cu не более 0,15%). Для получения стали с более низким содержанием остаточных элементов необходимо применение жидкого чугуна до 80 т и чистой прокатной обрезки от автокузовных марок стали типа 08Ю.

Одной из важных составляющих решения задачи повышения производительности ДСП является эффективность использования металлолома.

Металлический лом для электроплавки поступает в ЭСПЦ из копровых цехов в совках объемом 65 м<sup>3</sup>. Непосредственно в цехе происходит перегрузка краном совков в корзину. Схема движения металлического лома показана на рис. 2.

В настоящее время ДСП работает по двум вариантам шихтовки плавов:

- с использованием 100% металлического лома;
- с использованием 20–25% жидкого чугуна и 70–75% металлического лома.

При выплавке стали с использованием жидкого чугуна технологией предусматривается завалка металлического лома (45–60% от всей массы металлошихты)

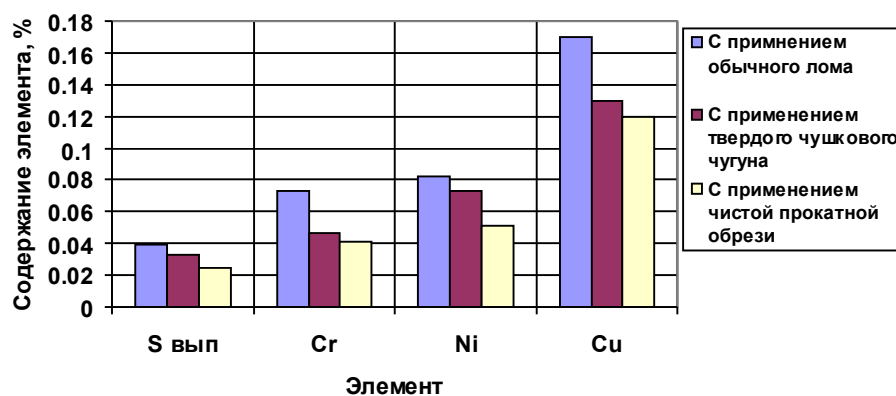


Рис. 1. Содержание серы, хрома, никеля и меди в металле в зависимости от вида шихтовых материалов

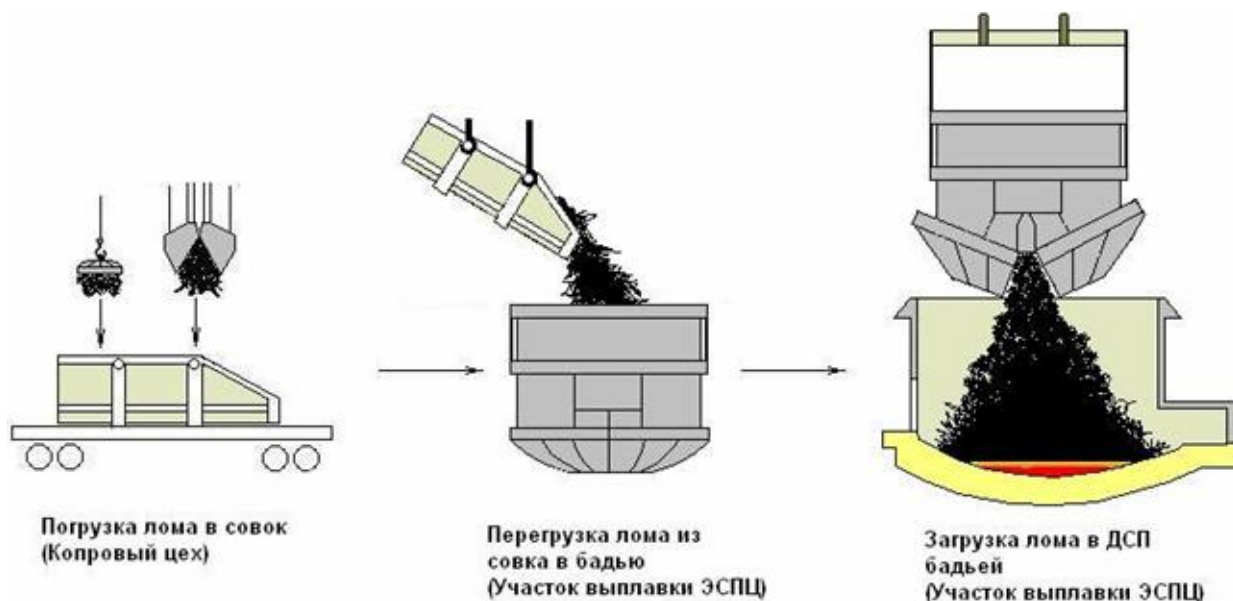


Рис. 2. Схема движения металлического лома

+ заливка жидкого чугуна (15–30%) + одна подвалка металлического лома (25–35%). При нормальной организации продолжительность электроплавки при таком варианте шихтовке составляла 50–55 мин. Для снижения цикла плавки было предложено изменить технологию на следующую: завалка лома (70–75% от всей массы металлошихты) + заливка жидкого чугуна (25–30%). Для осуществления завалки ДСП одной бадьей (2 совками – без подвалки) необходимо было иметь следующие размеры металлолома: не менее 60% кусков размерами 400–500 мм, остальное до 800 мм. Результаты работы ДСП с завалкой одной бадьей представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели работы ДСП с одной завалкой

Технология	Цикл, мин	Подтоком, мин	Вес лома, т/%		Вес чугуна, т/%		Вес стали, т
			т	%	т	%	
Завалка+заливка (151 плавка)	50,4	28,5	129,8	71	49,7	29	171
Завалка+заливка+подвалка (264 плавки)	53,4	32,1	149,4	77	45,8	23	179

Таблица 5

Показатели работы ДСП с заливкой жидкого чугуна через желоб

Вариант технологии	Шихтовка плавки				Цикл плавки, мин	Время подтоком, мин
	Расход лома		Расход чугуна			
	т	%	т	%		
С заливкой жидкого чугуна через свод ДСП	172,8	85,2	30	14,8	56,2	35,4
С заливкой жидкого чугуна через заливочный желоб	168,7	84,9	30	15,1	54,3	33,6

Из таблицы видно, что при завалке металлолома одной бадьей цикл плавки сокращается на 3 мин, а время работы печи под током на 3,6 мин.

Заливку жидкого чугуна по проекту предполагалось производить через заливочное окно при помощи специального робота-манипулятора из стандартного чугуновозного ковша. Однако из-за конструктивных недостатков узла заливки чугуна заливка производилась непосредственно в печь при отведенном своде после проплавления колодцев. После изменения конструкции заливочного узла была применена технология заливки жидкого чугуна через заливочный желоб. Результаты применения представлены в табл. 5.

Таким образом, при заливке чугуна через заливочный желоб происходит сокращение продолжительности плавки на 1,9 мин и времени работы печи под током на 1,8 мин за счет уменьшения тепловых потерь и времени на открытие и закрытие свода.

По итогам работы в 2007 г. в электропечах было выплавлено 2700000 т стали, средняя продолжительность плавки составили 55,4 мин, что на 2,8 мин меньше, чем в 2006 г. В 2009 году в ЭСПЦ ОАО «ММК» предполагается произвести 4,2–4,4 млн т стали. При этом будет продолжаться повышение качество металла и расширяться сортамент производимых сталей.