

В.И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук,
И.А. ТРУСОВА, д-р техн. наук (БНТУ)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ КОРДОВОЙ СТАЛИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА (80К, 90К) В ДСП ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ¹

Освоение высокоуглеродистых марок стали имеет большое значение для развития и совершенствования кордового производства на РУП «Белорусский металлургический завод». Наряду с этим актуальными являются задачи создания энергосберегающих технологий, что, в конечном счете, влияет на себестоимость металлопродукции и, как следствие, ее рентабельность.

В 2000–2001 гг. на РУП «Белорусский металлургический завод» при освоении нового марочного состава, в частности, кордовых марок стали с повышенным содержанием углерода были выполнены исследования по разработке энергосберегающей технологии при использовании металлизированных окатышей. Очевидно, что наибольшее влияние на динамику нагрева и плавления шихты, энерготехнологические параметры и качество стали при выплавке стали оказывает шихтовка. Используемая на тот период времени шихтовка плавов по видам металлолома представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Шихтовка плавов по видам металлолома

Материал	Вариант шихтовки			
	I	II	III	IV
Чугун передельный, т	20–25	20–25	15–20	10
«Чистый лом», т	100–105	65–70	50–55	15
Металлизированные окатыши, т	–	15–35	40–60	60–110

¹ В работе принимали участие сотрудники БНТУ Грибок Д.К., Нумеранова И.Л., специалисты РУП «БМЗ»: канд. техн. наук Гуляев М.П., Якшук Д.С.

Технология загрузки скрапных корзин предусматривает загрузку передельного чугуна на металлический лом сверху, завалку и подвалку в равных количествах.

Загрузка металлошихты в печь по первому и второму варианту осуществляется в два приема:

		Вариант I	Вариант II
Завалка	чугун	10–15	10–15
	«чистый» лом	50–55	50–55
Подвалка	чугун	10	10
	«чистый» лом	45–50	20

Загрузка металлошихты в печь по третьему и четвертому варианту осуществляется в один прием (только завалка).

Процесс расплавления металлошихты интенсифицируется тремя стеновыми горелками, дверной и эркерной горелками для первого, второго и третьего вариантов. При четвертом варианте горелки не используются.

После расплавления металлошихты и использования заданного количества электрической энергии на тонну металлошихты (при достижении температуры расплава более 1540 °С) в печь непрерывно начинают присаживать металлизированные окатыши.

Для определения оптимального варианта состава металлошихты для выплавки с целью снижения тепловых потерь и, соответственно, расхода электроэнергии проведен статистический анализ выплавки кордовой стали на ДСП-3 за период с 2000 по 2001 г. по каждому варианту шихтовки.

На основе статистического анализа выбранной базы данных проведен корреляционный анализ и выявлена наиболее значимая теснота связей между исследуемыми энергетическими и технологическими параметрами процесса.

Корреляционный анализ осуществлялся с учетом вариантов шихтовки, так как она оказывает наибольшее влияние на динамику нагрева и плавления стали, при этом удельный расход электроэнергии

гии на выход годного не учитывался из-за того, что на него большое влияние оказывает внепечная обработка и разливка.

1. Длительность плавки, мин: лом ($r = 0,319$), чугун ($r = 0,407$), окатыши ($r = 0,567$).

2. Время под током, мин: лом ($r = 0,080$), чугун ($r = 0,154$), окатыши ($r = 0,189$).

3. Активная электроэнергия, кВт·ч: лом ($r = 0,343$), чугун ($r = 0,465$), окатыши ($r = 0,630$).

4. Удельный расход электроэнергии на 1 т шихты, кВт·ч/т: лом ($r = 0,276$), чугун ($r = 0,376$), окатыши ($r = 0,317$).

5. Удельный расход электроэнергии на 1 т жидкой стали, кВт·ч/т: лом ($r = 0,272$), чугун ($r = 0,367$), окатыши ($r = 0,462$).

Результаты корреляционного анализа показали, что наибольшее влияние на энерготехнологические параметры процесса оказывает количество окатышей в шихте. С целью выявления этой зависимости база данных была разбита на группы по доли содержания в шихте окатышей (таблица 2).

Анализ данных показал, что наиболее рациональными вариантами шихтовки являются варианты III, IV и V. Исходя из этого, определяли оптимальное содержание чугуна. Для этого разбили оставшуюся базу на группы в зависимости от количества чугуна. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние энергетические и технологические параметры выплавки стали в зависимости от количества чугуна

Количество чугуна, т	Длительность плавки, мин	Время под током, мин	Уд.эл./эн. на 1 т шихты, кВт·ч/т	Уд.эл./эн. на 1 т жидкой стали, кВт·ч/т	Активная электроэнергия, кВт·ч	Вариант шихтовки
15	85	55	493	519	55320	III
20	86	60	489	533	56991	III
25	87	60	502	555	58870	II

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что наиболее оптимальное содержание чугуна находится в пределах от 15 до 20 т.

Таблица 2 – Средние энергетические и технологические параметры выплавки стали в зависимости от группы окатышей

Группы окатышей	Доля окатышей, %	Длительность плавки, мин	Время под током, мин	Уд.эл./эн. на 1 т шихты, кВт·ч/т	Уд.эл./эн. на 1 т жидкой стали, кВт·ч/т	Активная электроэнергия, кВт·ч	Вариант шихтовки
1	11–20	91	62	515	548	57796	II
2	20–25	92	62	503	549	58352	II
3	26–30	86	57	502	529	54655	II
4	31–35	84	58	491	527	55591	III
5	36–40	87	61	488	537	58089	III
6	41–45	90	64	502	564	61543	III
7	46–50	94	66	514	575	63075	III
8	51–55	91	64	532	577	63207	IV
9	56–60	96	67	531	597	66504	IV
10	61–80	91	69	537	593	63820	IV
11	81–90	96	75	542	631	69124	IV

Учитывая вышесказанное, предложено два варианта шихтовки:

1. Использование в металлошихте «чистого» лома 65–70 т, чугуна передельного 20–25 т и металлизированных окатышей 15–35 т. При этом длительность плавки составила 86–92 мин, время под током – 57–62 мин, удельный расход электроэнергии на 1 т жидкой стали – 529–549 кВт·ч/т.

2. Использование в металлошихте «чистого» лома 50–55 т, чугуна передельного 15–20 т и металлизированных окатышей 40–60 т. При этом длительность плавки составила 84–87 мин, время под током – 58–61 мин, удельный расход электроэнергии на 1 т жидкой стали – 527–537 кВт·ч/т.

Фактический расход электроэнергии на плавку, помимо энергетических потребностей на плавление шихты, зависит от ряда факторов (теплопотерь через футеровку печи, расхода кислорода, мощности трансформатора, температурного режима плавки, наличия пенного шлака и др.).

Необходимыми условиями получения пенного шлака является его пониженное поверхностное натяжение, содержание углерода в металле – 0,15–0,30 %, температура металла – 1560–1580 °С, основность на уровне 2,0–2,5 и содержание оксидов железа (FeO) – 15–22 %.

На рисунках 1, 2 показана зависимость начальной температуры металла (первого замера) от момента начала присадки окатышей. Для статистической обработки были отобраны опытные плавки с июля 2001 по декабрь 2001 г. (без наличия длительных простоев) для двух вариантов:



Рисунок 1 – Зависимость начальной температуры металла (первого замера) от момента начала присадки окатышей по варианту II

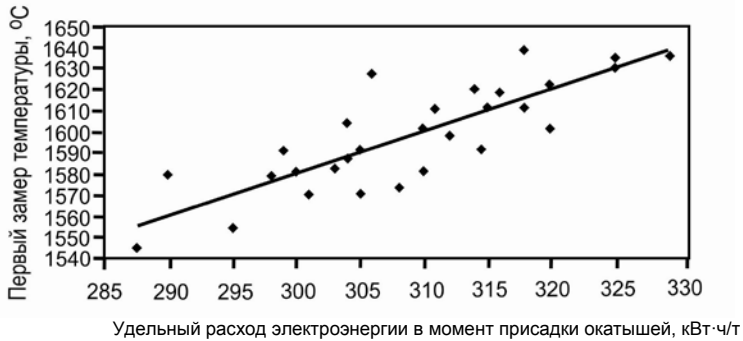


Рисунок 2 – Зависимость начальной температуры металла (первого замера) от момента начала присадки окатышей по варианту III

II – завалка и подвалка, 90 т;

III – одна завалка, 75 т.

На рисунке 3 показано изменение температуры ванны от удельной скорости загрузки. Нулевому изменению температуры соответствует скорость $V_{\text{т.г}}^{\text{т.г}}(\Delta t=0) = 28\text{--}30$ кг/МВт/мин.

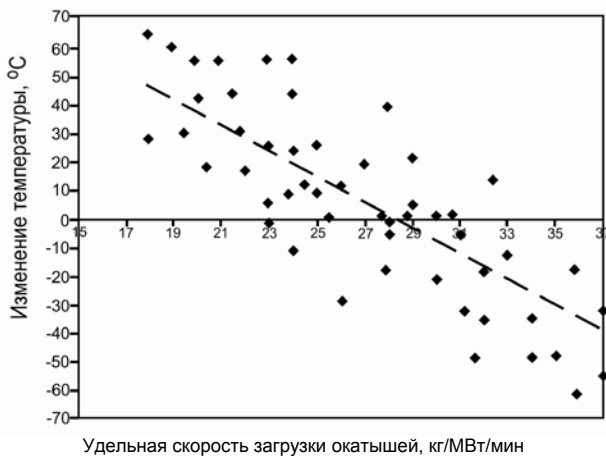


Рисунок 3 – Изменение температуры ванны от удельной скорости загрузки ($\Delta t = t_{\text{выпуска}} - t_{\text{расплава}}$, °C)

Плавление со скоростью $V_{\text{тв}}^{\text{н}} (\Delta t=0)$ соответствует состоянию динамического равновесия, когда подводимая в печь энергия покрывает энергетические потребности процесса и тепловые потери.

Из вышесказанного следует, что для получения температуры металла 1580–1620 °С загрузка металлизированных окатышей должна осуществляться для варианта III (одна завалка, 75 т) после энергозатрат на уровне 300–320 кВт·ч/т (22500–24000 кВт·ч) металлошихты, для варианта II (завалка и подвалка 90 т) после энергозатрат 360–380 кВт·ч/т (32400–34200 кВт·ч) металлошихты, при этом начальная скорость загрузки окатышей должна составлять 10–15 кг/МВт/мин (35–55 т/ч). Дальнейшее увеличение скорости должно возрастать ступенчато до уровня 28–30 кг/МВт/мин (105–110 т/ч).

По результатам выполненных исследований разработано и внедрено в производство изменение 3 к технологической инструкции ТИ 840-С-07-2000.

УДК 621.735.34

В.Е. АНТОНЮК, д-р техн. наук,
П.А. ВИТЯЗЬ, д-р техн. наук,
А.А. ШИПКО, д-р техн. наук (НАНБ)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЬЦЕРАСКАТКИ ДЛЯ БЕЛОРУССКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Белорусское машиностроение производит большое количество деталей, имеющих форму кольца: подшипники на Минском подшипниковом заводе, коронные шестерни планетарных передач на Минском тракторном, Минском автомобильном и Белорусском автомобильном заводах и Минском заводе колесных тягачей, специальные подшипники и колесные диски на Белорусском автомобильном заводе. Однако для изготовления заготовок колец используется устаревшая технология. Так, на Минском подшипнико-