Ю. В. Гребнев, Н. И. Габельченко, В. Ф. Жаркова, Д. Ю. Гребнев

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ВЫПЛАВКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ
В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧАХ С КИСЛОЙ ФУТЕРОВКОЙ**

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: mitlp@vstu.ru

При производстве отливок из среднеуглеродистых марок сталей науглероживание металла присадками передельных чугунов, а также процессы окисления углерода требуют дополнительных затрат вспомогательных материалов и электроэнергии и занимают от 20 до 30 % общего технологического времени на процесс выплавки стали в электродуговой печи с кислой футеровкой. В работе были проведены исследования по совмещению процессов окисления углерода низкоуглеродистых сталей и науглероживания для среднеуглеродистых сталей с процессом расплавления шихты с целью сокращения времени процесса плавки и уменьшения количества трудоемких операций.

Ключевые слова: 45Л, 50Л, среднеуглеродистые стали, низколегированные стали, кислая футеровка, основная сталь, плавка в электродуговой печи, ДСП5М, науглероживание, окисление.

Yu. V. Grebnev, N. I. Gabelchenko, V. F. Zharkova, D. Yu. Grebnev

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS
OF MELTING CARBON AND LOW-ALLOY STEELS
IN ELECTRIC ARC FURNACES WITH ACID LINING**

Volgograd State Technical University

In the production of castings from medium-carbon steel grades, metal carburization with pig iron additives, as well as carbon oxidation processes require additional consumption of auxiliary materials and electricity and take from 20 to 30% of the total technological time for the steel smelting process. an electric arc furnace with an acidic lining. In the work, studies were carried out on the combination of the processes of carbon oxidation of low-carbon steels and carburization for medium-carbon steels with the process of melting the charge in order to reduce the time of the melting process and reduce the number of labor-intensive operations.

Keywords: 45L, 50L, medium-carbon steels, low-alloy steels, acidic lining, base steel, melting in an electric arc furnace, DSP5M, carburization, oxidation.

Введение

Процесс выплавки углеродистых и низколегированных сталей для отливок первой группы [1] в электродуговых печах с кислой футеровкой получил широкое распространение в промышленности. Выплавка стали в электродуговых печах с кислой футеровкой отличается от процесса производства стали в основных печах технологической простотой и более низкими удельными затратами на ферросплавы, флюсы, огнеупоры и электроэнергию. При этом сталь, выплавленная в «кислой» электропечи, отличается более низкими пределами содержания водорода, азота и может иметь практически тот же уровень технологических и механических свойств, как и «основная» сталь [2]. Процесс выплавки в электродуговой печи с кислой футеровкой заключается в расплавлении углеродистой шихты [3], доведении расплава до заданной температуры, легировании, раскислении – модифицировании и разливки металла по литейным формам. Некоторые, незначительные затруднения заключаются в процессе управления углеродом. После расплавления шихты по данным химических анализов первой пробы 1500 плавов в металле в среднем содержится 0,327 % C.

При выплавке низкоуглеродистых марок сталей (15Л, 20Л, 25Л) излишний углерод необходимо выжигать присадками железной руды, железорудных окатышей или путем продувки металлической ванны кислородом.

При производстве отливок из среднеуглеродистых марок сталей (45Л, 50Л) металл необходимо науглероживать присадками перелдальных чугунов. Процессы окисления углерода и науглероживания требуют дополнительных затрат вспомогательных материалов и электроэнергии и занимают от 20 до 30 % общего технологического времени на процесс

выплавки стали рядового качества в электродуговой печи с кислой футеровкой.

Методика работы

В работе было предложено совместить процессы окисления углерода низкоуглеродистых сталей и науглероживания для среднеуглеродистых сталей с процессом расплавления шихты. В работе в качестве науглероживателей и окислителей использовались отходы собственного производства.

В сталелитейном цехе Волгоградского тракторного завода в кислых электродуговых печах ДСП5М выплавляются две группы сталей:

низкоуглеродистые, свариваемые – 20Л и 20ГФЛ;

конструкционные, для деталей, подвергающихся в эксплуатации циклическим нагрузкам и абразивному износу – 45Л, 45ФЛ.

В соответствии с технологическим процессом окисление углерода при производстве сталей 20Л и 20ГФЛ осуществляется присадками в жидкий металл железорудных окатышей в среднем 10–12 кг к весу металлозавалки. Вместо присадок в течение плавки покупных железорудных окатышей было предложено загружать окислитель вместе с металлической шихтой. В качестве окислителя использовались брикеты из кузнечной окалины ($\sum \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} = 97\%$). Для повышения прочности брикетов в их состав вводилась мелкодисперсная пыль от системы очистки газов от электродуговых печей, выплавливающих высокомарганцовистую сталь 110Г13Л основным процессом. Пыль от газоочистки вводилась в состав шихты для брикетов в количестве 15–20 %. Мелкодисперсная пыль заполняла пространство между «чешуйками» кузнечной окалины и значительно повышала прочность брикета.

Химический состав пыли газоочистки, %

$\Sigma \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	MnO	CaO	SiO ₂	Mg
35–40	20–30	20–30	10–15	5–7

В качестве связующего для брикетов использовалось жидкое стекло в количестве 2–3 %. После брикетирования брикеты высушивались при температуре 160–180 °С.

Брикеты вместе с металлической шихтой магнитными шайбами или грейфером загружались в завалочную бадью и затем в печь. На подину печи предварительно подавался известняк флюсовый, обеспечивающий формирование шлака на первых этапах расплавления шихты.

Расход брикетов – 9–10 кг на тонну металлозавалки. По расчетам такого количества окислителя достаточно для получения в расплаве 0,21–0,23 % углерода.

А после расплавления шихты металл не продолжительное время выдерживался под окислительным шлаком, и шлак удалялся в шлаковню. Средняя выдержка под окислительным шлаком составляла 12–13 минут. В дальнейшем плавка велась в соответствии с действующей на заводе технологической инструкцией. Всего была проведена 21 балансовая плавка сталей 20Л и 20 ГФЛ по экспериментальной технологии.

При выплавке сталей марок 45Л и 45ФЛ жидкий расплав науглероживался присадкой в электродуговую печь совместно с шихтой брикетами из стружки чугунов марки СЧ15 и СЧ20. В качестве связующего в брикетах использовалось жидкое стекло. Время сушки брикетов – 60–90 минут при температуре 160–180 °С.

Следует отметить, что практически полное отсутствие операций по перевалке и транспортировке позволило снизить прочность брикетов и расход жидкого стекла в брикетах первой и второй группы с 6 до 2–3 %.

Расчет количества брикетов проводился на получение после расплавления шихты содержания углерода 0,39–0,41 % при среднем химическом составе чугуновой стружки: С = 3,3 %; Si = 2,91 %; Mn = 0,72 %.

Необходимое количество брикетов на тонну углеродистой металлозавалки составило 150–180 кг.

После присадки в печь металлозавалки совместно с чугуновыми брикетами плавка велась в соответствии с действующей в сталелитейном

цехе технологической инструкцией. Всего было проведено 19 балансовых плавок стали 45Л и 45ФЛ по экспериментальной технологии.

Результаты исследования

В ходе проведения балансовых плавок были получены многочисленные положительные результаты.

Процесс выплавки углеродистых и низколегированных сталей значительно ускорился, сократились трудоемкие операции. Общее время плавки в среднем сократилось по сравнению с действующей технологией:

- для низколегированных сталей на 31–32 минуты;

- для среднеуглеродистых сталей на 16–17 минут.

Экономия электроэнергии на тонну металлозавалки составила:

- для низкоуглеродистых сталей до 45–47 кВт/час;

- для среднеуглеродистых сталей на 21–22 кВт/час.

При выплавке сталей достигнута экономия материалов:

- для низколегированных сталей железорудных окатышей в количестве 9–10 кг на тонну металлозавалки;

- для среднеуглеродистых сталей доменного передельного чугуна в количестве 60–80 кг на тонну металлозавалки.

Отмечено повышение среднего содержания марганца в низкоуглеродистой стали после окончания окислительного периода на 0,04 %, с 0,09 до 0,13 %.

Отмечено повышение среднего содержания марганца и кремния после расплавления шихты при выплавке среднеуглеродистой стали:

- для кремния 0,29 %, с 0,11 до 0,4 %;

- для марганца на 0,19 %, с 0,10 до 0,29 %.

Повышения содержания серы и фосфора в экспериментальных плавках не было обнаружено.

Выводы

1. Проведение плавки различных сталей по экспериментальным технологиям с учетом технологических особенностей их выплавки позволяет значительно улучшить технико-экономические характеристики:

- существенно снизить расход первичных материалов и утилизировать вторичные материалы и отходы производства;

- заметно снизить расход электроэнергии;

– снизить трудоемкость процесса выплавки стали;

– достигнуть снижения затрат на производство:

для низкоуглеродистых сталей – 410–430 рублей на тонну металлозавалки;

для среднеуглеродистых сталей 290–310 рублей на тонну.

2. Новые технологии выплавки низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей вне-

дрены в сталелитейном цехе Волгоградского тракторного завода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Технологические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 32 с.

2. Кудрин, В. А. Перспективы использования кислых сталеплавильных процессов / В. А. Кудрин // Сталь. – № 11. – 2001. – С. 15–18.

3. ГОСТ 2787-80. Металлы черные вторичные. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 62 с.