Ю. В. Гребнев, В. Ф. Жаркова, Е. Ю. Карпова, Д. Ю. Гребнев

**ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ РАФИНИРОВАНИЕ РАСПЛАВА СТАЛИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННОГО СВАРОЧНОГО ФЛЮСА**

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: mitlp@vstu.ru

Рассматривалась возможность использования сварочного флюса Волжского трубного завода (ВТЗ) для совершенствования процесса окислительного рафинирования стали.

Ключевые слова: окислительное рафинирование стали, сварочный флюс, шлакообразующая смесь.

Yu. V. Grebnev, V. F. Zharkova, E. Yu. Karpova, D. Yu. Grebnev

OXIDATIVE REFINING OF MOLTEN STEEL USING THE WELDING FLUX WASTE

Volgograd State Technical University

The possibility of using welding flux of the Volga pipe plant (VTZ) to improve the process of oxide refining of steel was considered.

Keywords: oxidative refining of steel, welding flux, slag-forming mixture.

В процессах выплавки стали, ее рафинирования, соблюдения температурных режимов важное значение имеют вспомогательные материалы. К этим материалам относятся шлакообразующие материалы и флюсы, окислители и восстановители, науглероживатели. Все эти материалы условно можно назвать шлакообразующими. Затраты на эти материалы в структуре себестоимости отливки составляют не более одного процента. Однако правильное применение шлакообразующих материалов позволяет обеспечить высокое качество расплавов, значительно снизить расходы на ферросплавы, лигатуры и электроэнергию.

Учеными и заводскими технологами разработана и внедрена в производство широкая гамма шлакообразующих смесей. В качестве компонентов шлакообразующих смесей могут эффективно применяться различные отходы производства: окалина, шлаки ЭШП, сварочные

шлаки, бой футеровок алюминиевых электролизеров и другие отходы [1–7].

В работе для проведения экспериментальных плавов были разработаны составы шлакообразующих смесей на основе крупнотоннажных отходов предприятий Волгоградской области.

Для совершенствования процесса окислительного рафинирования стали был выбран сварочный флюс Волжского трубного завода (ВТЗ). Отработанный сварочный флюс (шлак) образуется в процессе сварки под флюсом труб большого диаметра. В процессе плавки используется плавкий сварочный флюс марки АН-60. Годовое образование флюса составляет 1100–1200 тонн.

Состав флюса разработан специально таким образом, чтобы на ранних стадиях расплавления металла электрической дугой образовывался легкоплавкий шлак обеспечивающий рафи-

нирование сварочной ванны от вредных примесей: серы, фосфора, кислорода, водорода.

После остывания сварочного шва шлак легко отделяется от металла трубы. Отработанный шлак сортируют по геометрическим размерам. Мелкая фракция представляет собой непрореагировавшие гранулы сварочного флюса и повторно используется в процессе сварки.

Крупная часть шлака, шлаковые корочки имеют максимальные размеры 25х15х3 мм. Эта часть отработанного флюса вывозится на полигон для захоронения. Вид шлаковых корочек показан на рисунке ниже.

Вследствие термического влияния сварочной ванны в сварочном флюсе происходят химические реакции, изменяется его химический состав и флюс превращается в сварочный шлак.

Химический состав отработанного сварочного флюса приведен в табл. 1.

Вид шлаковых корочек, образующихся при сварке труб большого диаметра

Таблица 1

Химический состав отработанного сварочного флюса, %

Место анализа	SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
ЦЗЛ ВТЗ	43,72	37,72	7,28	6,5	0,55	5,21	7,28
НИО ВгТЗ	41,4	31,3	7,8	6,1	0,90	5,0	7,8
Требования ГОСТ 9087-81 на флюс АН-60	42-46	36-41	5-9	≤10	≤3	≤6	≤0,9

Содержание вредных примесей – фосфора и серы – в шлаковых корочках не превышало 0,02 % каждого.

В корочках шлака обнаружены вкрапления корочек стали в количестве 2,5–3,0 %.

Анализ химического и фракционного состава шлаковых корочек позволяет сделать вывод о пригодности материала для использования в процессе окислительного рафинирования расплава стали.

Экспериментальные и контрольные (выплавленные по действующей технологии) плавки проводились в электродуговых печах ДСП-6 и отличались между собой только используемыми в окислительный период шлакообразующими материалами.

Всего с использованием в окислительный период отработанного сварочного флюса было проведено семнадцать экспериментальных плавов и двадцать одна контрольная плавка стали 20ГФЛ.

Окисление примесей присадками сварочного шлака начиналось при температуре 1560–1570 °С. При соблюдении температурного режима и наличии в расплаве 0,5–0,7 % углерода на зеркале жидкого металла формировали жидкоподвижный шлаковый покров присадками

известняка в количестве около 25 кг на тонну металлозавалки и шамотного боя в количестве 2–3 кг/т. Плавиковый шпат в количестве от 1,5 до 2,5 кг/т металлозавалки использовался только в контрольных плавках – плавках, выплавленных по действующей технологии. В экспериментальных плавках на всем продолжении окислительного периода плавиковый шпат не использовался, так как в отработанном сварочном флюсе соединения типа CaF₂ присутствует в количестве ~ 7 %.

Окислительные материалы вводились в печь в количествах, обеспечивающих равномерное интенсивное кипение без выброса металла и шлака. Первая порция окислителей составляла на тонну металлозавалки:

контрольные плавки – железорудные окатыши в количестве до 10 кг;

экспериментальные плавки – отработанный сварочный флюс до 20 кг.

Одновременно с окислителями в печь вводили порции известняка в количестве 5–7 кг/т металлозавалки.

Последующие порции окислителей вводились в печь, когда энергичное кипение металла и шлака начинало успокаиваться.

Содержание углерода контролировалось по отбираемым пробам и результатам их химического анализа. Усредненные результаты кон-

троля химического состава расплава до начала окислительного периода и после его окончания окисления примесей сведены в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав стали по ходу окислительного периода, %

Материал	C	Mn	Si	P	S
Сталь по расплавлению шихты	0,59	0,06	0,05	0,051	0,048
Сталь после окислительного рафинирования:					
– контроль	0,21	0,03	0,06	0,032	0,047
– эксперимент	0,19	0,22	0,05	0,027	0,047

В табл. 3 сведены усредненные технико-экономические показатели контрольных и экспериментальных плавов, полученные в ходе окислительного рафинирования.

Таблица 3

Технико-экономические характеристики контрольных и экспериментальных плавов в окислительный период

Обозначение плавов	Расход материалов металлозавалки, кг/т				Продолжительность окислительного периода, мин
	Железорудные окатыши	Сварочный шлак	Плавиковый шпат	Известняк	
Контрольные	26,5	-	3,4	44	59
Экспериментальные	–	40,1	–	43	52

Следует отметить, что сварочный шлак вызывал интенсивное кипение металлической ванны, значительно повышал жидкоподвижность шлака. Скорость и глубина выгорания углерода при присадке сварочного шлака оказались более интенсивными, чем расчетные. Поэтому расход сварочного шлака (флюса) в эксперименте был снижен с 52 кг/т металлозавалки (расчетное значение) до 40 кг/т металлозавалки (достигнутое в эксперименте).

Присадка сварочного шлака (флюса) из-за более высокой в целом химической активности вызывала большую скорость окисления углерода:

контрольные плавки – 0,67 %/мин;

экспериментальные плавки – 0,77 %/мин.

Использование сварочного флюса позволило провести более глубокую дефосфорацию за более короткое время. Содержание фосфора в расплаве снизилось с 0,051 до ... %:

контрольные плавки – 0,032 %;

экспериментальные плавки – 0,027 %.

Во всех экспериментальных плавках отмечен рост содержания марганца в среднем до 0,22 % по реакции:

В контрольных плавках содержание марганца снижается практически до следов.

В экспериментальных плавках экономятся первичные материалы:

железорудные окатыши – 26,5 кг на тонну металлозавалки;

плавиковый шпат – 3,4 кг на тонну металлозавалки.

Расход известняка остается на прежнем уровне.

Сварочный шлак – отход производства и не имеет цены. Поэтому за счет экономии шлакообразующих материалов и ферромарганца марки ФМн88 достигается экономия в 247 рублей на тонну металлозавалки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Получение из мелкодисперсных отходов брикетированных железифлюсов и их использование при производстве стали / Ю. В. Сорокин [и др.] // *Металлург.* – 2014. – № 7. – С. 34–37.
2. Повышение степени деформации при выплавке стали путем добавок твердого известково-железистого шлака / Б. А. Кустов [и др.] // *Сталь.* – 2004. – № 3. – С. 32–33.
3. А.С. СССР 375 59 98 кл. C21 с5/54, 1980. Способ получения комплексного флюса.
4. Разработка производства рафинирующих флюсов с использованием отработанных шлаков ЭШП / Н. Ф. Яков-

лев [и др.] // Металлургия и коксохимия. – 2003. – № 81. – С. 100–102.

5. А.С. СССР № 226653, кл С21 с5-54, 1989 Брикет для раскисления сталей и сплавов.

6. А.С. СССР № 1255644, кл С21 с 5-54, 1994 Твердая шлакообразующая смесь.

7. А.С. СССР, кл С21 с5/54, 1982 Шлакообразующая смесь для рафинирования металла.