

УДК 669.18.046.518

П. С. ХАРЛАШИН (д-р техн. наук, проф.), **Т. А. ЛЕВИЦКАЯ,**
В. М. БАКЛАНСКИЙ

Приазовский государственный технический университет

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ НОВОЙ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ ПРИ РАЗЛИВКЕ СТАЛИ ВАЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассмотрены результаты производственных испытаний новой шлакообразующей смеси с уменьшенным содержанием плавикового шпата и пониженной температурой плавления при разливке стали на МНЛЗ. В предлагаемой смеси дорогостоящий нефелиновый концентрат заменен дешевым шлаком электропечного производства марганцевых сплавов. В данной работе приводятся результаты поручьевой отсортировки листового проката из слябов, полученных при разливке плавов с применением опытной ШОС, сформулированы основные ее преимущества в сравнении с используемой в цехе нормативной смесью.

непрерывная разливка, шлак, плавиковый шпат, сляб, кристаллизатор

К настоящему времени предложено несколько сотен различных по составу и свойствам шлакообразующих смесей (ШОС), порошкообразных и гранулированных для защиты зеркала металла в кристаллизаторах МНЛЗ и в промежуточных ковшах. Однако, разработка новых составов ШОС и корректировка применяемых смесей по тем или иным параметрам, обычно сопровождающиеся исследованиями их физико-химических и технологических свойств в порошкообразном и расплавленном состояниях, сохраняют свою актуальность. Основными причинами неослабевающего интереса производителей к таким научным разработкам являются стремление снизить стоимость ШОС при повышении ее экологической безопасности и качества непрерывно-литых заготовок, расширение сортамента разливаемой на МНЛЗ стали и изменения в сырьевой базе металлургического предприятия как вынужденные, так и конъюнктурного характера.

Целью лабораторных исследований и последующих за этим промышленных испытаний было разработать ШОС для защиты зеркала металла, которая не содержит дорогостоящих компонентов и имеет низкую температуру плавления для среднеуглеродистых марок стали, имеющих низкую температуру начала кристаллизации и повышенную склонность к хрупкому разрушению при высоких температурах по сравнению с малоуглеродистой сталью. Для получения качественных слябовых заготовок из

таких сталей разливочный шлак, образующийся из ШОС, должен быть соответственно более легкоплавким (температура растекания на уровне 1100-1120 °С) и жидкоподвижным (вязкость при 1450 °С не выше 0,15 Па·с), чтобы его смазывающее действие распространялось до нижнего края кристаллизатора по всему периметру оболочки затвердевающей заготовки.

В результате теоретических и лабораторных исследований опытным путем была установлена возможность замены дорогостоящего нефелинового концентрата, входящего в состав промышленных ШОС, на дешевые отходы производства. Наиболее легкоплавкие и менее вязкие шлаки были получены при замене нефелина и части плавикового шпата шлаками электропечного производства марганцевых сплавов. В исследованиях использовали метод «большой капли» для определения поверхностного натяжения и метод вибротермографирования шлакового расплава для определения его вязкостно-плавкостных свойств. Для оптимизации компонентного состава защитной низкоплавкой смеси использовали метод последовательного симплекс-планирования эксперимента. Температура плавления и начала течения новой смеси (1113 °С) на 44 °С ниже, чем у шлака из промышленной ШОС (1157 °С), а вязкость при температурах жидкой стали у них одинаковая, однако при 1300 °С шлак из опытной смеси оказывается менее вязким, что повышает эффективность его "смазывающего" действия в нижней части кристаллизатора и снижает усилие вытягивания непрерывнолитой заготовки.

Результаты лабораторных исследований и пробные испытания, которые позволили уточнить содержание графита и затем откорректировать состав смеси, послужили основанием для проведения производственных испытаний легкоплавкой смеси.

Проведение сравнительных испытаний имело целью исключить влияние посторонних факторов, не связанных со свойствами сравниваемых объектов и являющихся общими для них, на результаты испытаний и получить таким образом возможно более объективную информацию о достоинствах и недостатках опытного образца. Поэтому, при испытаниях опытной смеси, ее применяли в кристаллизаторе только одного из ручьев разливочной машины при использовании в другом ручье промышленной ШОС.

Приготовление опытной ШОС с компонентным составом, % масс.: цемент марки «400» - 28; плавиковый шпат -18; силикатная глыба -20; основной шлак, производства Fe-Mn – 22; графит аморфный – 12 производилось в соответствии с требованиями ТИ 232-151-2005 (раздел «Применение шлакообразующей смеси для защиты зеркала металла в кристаллизаторе») к химическому и гранулометрическому составам компонентов смеси.

Химический состав опытной смеси, по данным экспресс-анализа, отвечает требованиям таблицы 1. Колебания содержания отдельных компонентов обусловлены непостоянством состава исходных материалов.

Таблица 1 – Химический состав опытной шлакообразующей смеси

Составляющие смеси	Содержание в смеси, % масс.							Влажность	Основность, CaO/ SiO ₂
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	F	C	S		
Содержание, % масс.	32-38	30-35	н.б. 4	4-8	5-8	7-10	н.б. 1	н.б. 0,5	0,9-1,3

Количество выплавленной стали составило 6,4 тыс. тонн. (марка сталей 09Г2ФБ, Е-32, 10ХСНД).

Данные по отсортировке листового проката приведены в таблице 2. Они получены по результатам поручевой отсортировки листов, прокатанных в ТЛЦ.

Таблица 2 – Поручевая отсортировка листового проката из слябов, полученных при разливке плавов с применением опытной ШОС

Наименование	Ед.изм.	Тип используемых ШОС	
		нормативная	опытная
Количество плавов	штук	35	36
Прокатано слябов	тонн	5032	6408
Отгружено годного	тонн/%	4959,2 / 98,553	6363,6 / 99,307
Отбраковано по дефектам: плена газовый пузырь УЗК	тонн/%	13,8 / 0,274 0,9 / 0,018 7,6 / 0,151	7,6 / 0,119 – 7,2 / 0,112
Переведено на сталь 3сп1 по расслою	тонн/%	50,5 / 1,004	29,6 / 0,462
Всего отсортировано	тонн/%	72,8 / 1,447	44,4 / 0,693

При проведении испытаний опытной ШОС не было отмечено ни одного случая зависания корочки сляба, в то время как, при защите зеркала металла в кристаллизаторе смесью, применяемой на комбинате, на тех же плавках было зафиксировано 2 зависания.

Из таблицы 2 видно, что опытная ШОС обеспечивает получение более высокого качества непрерывнолитых слябов, при этом значительно снижая потери металла по поверхностным дефектам.

В результате производственных испытаний выявлено, что расход предложенной смеси несколько выше расхода сравнительной ШОС. Это связано с более быстрым проплавлением опытной смеси в кристаллизаторе и с более глубоким проникновением образующегося из нее шлака в зазор

между оболочкой заготовки и стенкой кристаллизатора. Отмечена значительная разница в содержаниях фтора в этих смесях, которая в большинстве случаев в 1,15-1,25 раза больше в промышленной ШОС. Анализ производственных плавов показал высокую ассимилирующую способность опытной ШОС по отношению к глиноземсодержащим включениям, содержащимися в жидкой стали. По приближенным расчетам она на 20-60 % выше в сравнении с промышленной ШОС. Отмечена меньшая окислительная способность шлака из опытной ШОС. При проведении плавов химический анализ проб металла показал полное соответствие состава заданным маркам стали. На всех плавках скорость разлива на двух ручьях была либо одинаковой, либо немного ниже на том ручье, где применялась промышленная ШОС. Статистический анализ отсортровки металла, отлитого с применением опытной ШОС, показал, что основными ее причинами являются разливка без защиты струи металла от окисления при переливах из стальной в промковш, а также смена вышедших из строя погружных стаканов, т.е. по причинам только технологического характера. Суммарная отбраковка слябов по поверхностным дефектам получилась в 2,5 раза меньшей, чем при разливке этих же плавов под промышленной ШОС, что подтверждает получение сляба более высокого качества.

Сравнительный металлографический анализ отобранных образцов показал, что по содержанию сульфидных включений образцы практически не отличаются, а по содержанию силикатных и оксидных включений в металле разлитом под опытной смесью почти в 2 раза ниже.

К достоинствам опытной смеси можно отнести следующее:

- более глубокое по высоте кристаллизатора проникновение прослойки жидкого шлака, на что указывает меньшее среднее усилие вытягивания непрерывно-литой заготовки и отсутствие случаев зависания корочки сляба в процессе разлива;
- более высокая ассимилирующая способность шлака, образующегося из смеси, по отношению к глиноземсодержащим неметаллическим включениям, находящимся в жидкой стали, о чем свидетельствуют большая степень его обогащения глиноземом и соответственно меньшее количество оксидных неметаллических включений в пробах металла, отобранных из кристаллизатора;
- меньшая окислительная способность шлака из опытной смеси, обеспечивающая более высокую стабильность химического состава разливаемой стали в кристаллизаторе;
- повышение качества непрерывно-литых заготовок, что проявилось в снижении более чем в 2 раза отбраковки слябов по поверхностным дефектам и снижении количества листового проката, отсортированного и забракованного по поверхностным и внутренним дефектам;

– снижение токсичности и улучшение санитарно-экологических условий труда разливщиков, из-за уменьшенного содержания в смеси плавикового шпата и меньшего содержания оксидов марганца (соответственно фтора и марганца в воздухе).

Все перечисленные преимущества новой смеси выявлены в результате сопоставления и обработки показаний регистрирующих приборов в пульте управления МНЛЗ и паспортных данных по разливке стали, отсортировке и отгрузке слябов и листового проката из них, а также анализа и исследований проб металла и шлака, взятых из кристаллизатора, и темплетов, отобранных от слябов из обоих ручьев разливочной машины. Предложенная ШОС защищена патентом Украины. (№ U 200509151, - Київ, МО і НУ, Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл. №2, 2006 р.)

Таким образом, сравнительными испытаниями, проведенными с поручьевым контролем качества листового проката из слябов опытных плавок, подтверждены преимущества опытной ШОС относительно используемой в цехе нормативной смеси.

Надійшла до редколегії 23.09.2009.

**П. С. ХАРЛАШИН, Т. А. ЛЕВИЦЬКА,
В. М. БАКЛАНСЬКИЙ**

Приазовський державний технічний університет

Промислові дослідження нової шлакоутворюючої суміші при розливанні сталі валового виробництва. Розглянуто результати промислових випробувань нової ШУС зі зменшеним вмістом плавикового шпату і зниженою температурою плавлення.

*безперервне розливання, шлак,
плавиковий шпат, сляб, кристалізатор*

**P. S. KHARLASHIN, T. A. LEVITSKAYA,
V. M. BAKLANSKIY**

Priazovsky State Technical University

Industrial Tests of New Slag-Forming Mixture in the Process of Steel Teeming. The article provides the results of production tests of new slag-forming mixture with low content of fluor-spar and lower melting temperature.

*continuous casting, slag, fluor-spar, slab,
mould*

© П. С. Харлашин, Т. А. Левицкая, В. М. Бакланский, 2009