

С. В. Трунов¹, М. В. Конев², К. Т. Н. И. С. Сарычев² (✉), К. Т. Н. И. Н. Чмырев³

¹ ООО «ОсколПромСнаб», г. Воронеж, Россия

² ЗАО «Липецкметаллургпроект», г. Липецк, Россия

³ ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, Россия

УДК 669.18.046

К ВЫБОРУ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СМЕСИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ*

Рассмотрены теплоизолирующие смеси, разработанные на основе местного сырья. Определены их характеристики с помощью установок российского производства и применение их на отечественных металлургических предприятиях.

Ключевые слова: теплоизолирующие смеси (ТИС), непрерывная разливка стали, микрокремнезем, диатомит, промежуточный ковш, сталеразливочный ковш.

Технологическим регламентом непрерывной разливки стали строго установлен температурный интервал металла в сталеразливочном и промежуточном ковшах — не выше 20 °С [1].

Широко известно, что для стабилизации температуры жидкого металла, находящегося в сталеразливочных ковшах, применяют теплоизолирующие смеси (ТИС) на основе зол уноса ТЭЦ П-4-Л (насыпная плотность 1000 кг/м³) [2]; зол уноса ТЭЦ и рисовой лузги (насыпная плотность 500–1000 кг/м³) [3]; минеральной составляющей (металлургические шлаки и бой огнеупорных материалов) и углеродсодержащего материала ТИС-2А (насыпная плотность 700 кг/м³) [4]; диатомита и микрокремнезема [5]; золы рисовой лузги Glutin RS6 (RS10) (насыпная плотность 250 кг/м³) [2].

Многие производители ТИС для регулирования стоимости производимых смесей используют пылевые выбросы, оседающие на фильтрах, такие как микрокремнезем, золы уноса ТЭЦ. Микрокремнезем — это продукт выбросов при производстве ферросилиция, он представляет собой пустотелые шарики диаметром 0,1÷0,2 мкм, его

можно отнести к наноматериалам. Микрокремнезем имеет насыпную плотность 170–180 кг/м³, он не только снижает стоимость ТИС, но и повышает их технологические свойства.

В сертификатах на ТИС указывают химический состав и насыпную плотность, но действительную эффективность ТИС определяют такие показатели, как коэффициент теплопроводности при высоких температурах, температуры спекания и плавления.

Для оценки эффективности различных видов ТИС были изготовлены теплоизолирующие смеси разного состава (табл. 1).

Коэффициент теплопроводности определяли по методике [6, 7] на опытной лабораторной установке ЗАО «Липецкметаллургпроект». Принципиальная схема установки показана на рис. 1.

Температуры спекания и плавления определяли в муфельной лабораторной печи. Образцы смесей дискретно нагревали в корундовом тигле до 1350, 1450, 1500, 1550, 1600, 1650 и 1700 °С с выдержкой 30 мин с последующим охлаждением. Насыпную плотность смесей определяли по ГОСТ 32558–2013. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Смеси SILTIS склонны к спеканию в интервале 1350÷1450 °С, и эта склонность резко возрастает с уменьшением размера частиц компонентов смеси, так как микрокремнезем имеет размер частиц 0,1–0,2 нм, которые при перемешивании в бетоносмесителе могут дополнительно измельчаться до 0,05–0,1 нм.

Данные смеси прошли испытания на нескольких металлургических предприятиях России. Критериями оценки эффективности применения указанных ТИС служили: средняя

* По материалам доклада на международной научно-практической онлайн-конференции «Современные тенденции в области применения наноматериалов при производстве огнеупорных материалов» (17.06.2020 г.).



И. С. Сарычев
E-mail: sari4evis@mail.ru

Таблица 1. Химический состав ТИС

Материал	Химический состав, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	C
Диатомит фракции 3–4 мм	86,0	6,10	0,30	2,80	1,30	0,20	0,80	–
Микрокремнезем МК 85, диатомит (30 %)*	87,0	0,50	2,00	2,50	0,10	0,10	1,33	0,8
Микрокремнезем МК 85, фракцией 1–2 мм (гранулированный)*	92,0	0,40	0,28	1,20	2,95	1,23	1,30	0,8
Зола рисовой лузги (ЗРЛ)	86,5	1,30	3,36	0,64	1,57	2,09	1,93	11,0
Смесь ЗРЛ и МК 85 (1)	86,0	1,01	1,91	1,10	1,12	1,57	1,72	8,0
Смесь ЗРЛ и МК 85 (2)	86,0	0,88	1,80	1,57	0,80	1,50	1,61	5,9

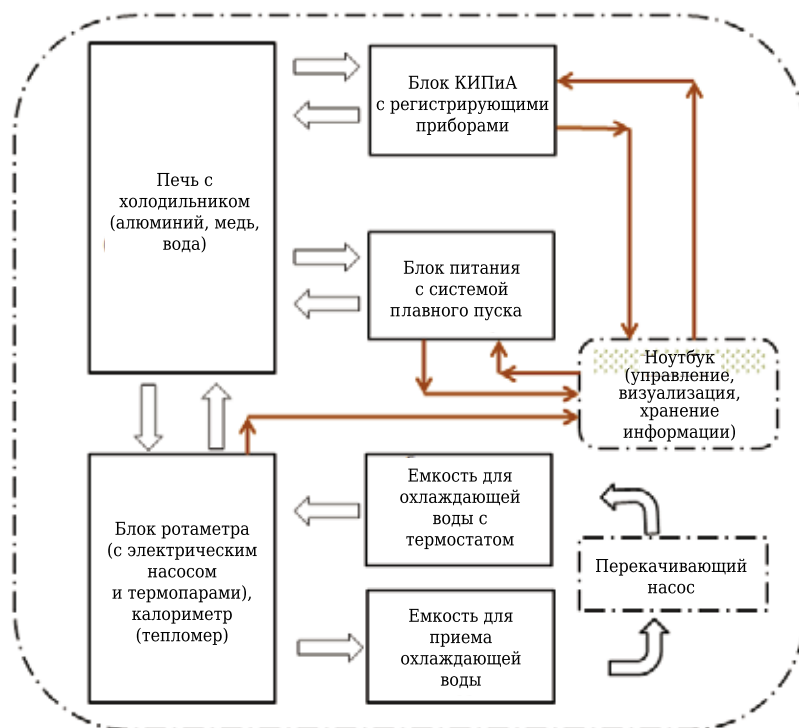
* ТИС: SILTIS NS-SL, SILTIS MS-SL — производства ООО «Монолит».

скорость снижения температуры в ковше; расход смеси в кг/т металла; себестоимость смеси.

После обработки плавов на установке доводки металла (УДМ) или установке печь-ковш

(УПК) производили стандартное измерение температуры металла в сталеразливочном ковше (Т1), во время разливки плавов в промежуточном ковше в начале разливки (Т2) и дополнительно за 3–5 мин до закрытия шиберного затвора (Т3). При этом в промежуточном ковше для рафинирования использовали ШОС и при испытаниях первых двух смесей (диатомит, МК 85 порошок) использовали серийные ТИС. Результаты испытаний приведены в табл. 3. Влияние испытуемых ТИС на изменение химического состава стали не выявлено.

Для реализации технологии производства порошковых смесей ТИС на основе золы рисовой лузги и микрокремнезема ООО «Оскол-ПромСнаб» спроектировало, смонтировало и ввело в эксплуатацию производственную линию на промышленной площадке (с. Хлевное Липецкой обл.). В состав линии входят кран укосины для подачи сырья в питатели, шнековый и вибрационный питатели, ленточный транспортер для подачи сырья в барабанную печь-смеситель, барабанная



Лабораторная установка для определения эффективной теплопроводности огнеупорных гранулированных материалов (при стационарном одномерном температурном поле в порошкообразных образцах и при температуре на горячей стороне до 1400 °С)

Таблица 2. Характеристики ТИС по результатам исследований

Показатели	Наименование материала					
	диатомит фракции 3–4 мм	микрокремнезем МК 85 и диатомит (порошки)*	микрокремнезем МК 85 (гранулы 1÷2 мм)*	зола рисовой лузги	смесь ЗРЛ и МК 85 (1)	смесь ЗРЛ и МК 85 (2)
Температура спекания, °С	1550	1350	1450	1600	1550	1500
Температура плавления, °С	1650	1500	1550	1700	1650	1600
Коэффициент теплопроводности при 1200 °С, Вт/(м·°С)	0,160	0,180	0,175	0,045	0,063	0,087
Насыпная плотность, кг/м³	450	240	225	145	185	215

* ТИС: SILTIS NS-SL, SILTIS MS-SL — производства ООО «Монолит».

Таблица 3. Результаты испытаний ТИС в промежуточном ковше

Параметры испытаний	Наименование материала					
	диатомит фракции 3–4 мм	микрокремнезем МК 85 и диатомит (порошки)*	микрокремнезем МК 85 (гранулы 1÷2 мм)*	зола рисовой лузги	смесь ЗРЛ и МК 85 (1)	смесь ЗРЛ и МК 85 (2)
Снижение температуры металла на участке УДМ–УНРС (Т1–Т2), °С (скорость снижения, °С/мин)	22 (0,74)	24 (0,84)	23 (0,79)	18 (0,62)	19 (0,65)	20 (0,68)
Снижение температуры металла в промежуточном ковше (Т2–Т3), °С (скорость снижения, °С/мин)	10 (0,21)	12 (0,22)	10 (0,21)	10 (0,15)	7 (0,17)	9 (0,18)
Суммарное снижение температуры металла (Т1–Т3), °С (скорость снижения, °С/мин)	38 (0,42)	39 (0,43)	37 (0,41)	37 (0,36)	35 (0,39)	36 (0,40)
Расход ТИС, кг/т:						
в сталеразливочном ковше	1,25	1,73	1,85	1	1,15	1,2
в промежуточном ковше			0,8	0,35	0,4	0,5
Относительная себестоимость ТИС, %	40	35	45	100	75	50

*ТИС: SILTIS NS-SL, SILTIS MS-SL — производства ООО «Монолит».

печь (перемешивание компонентов и удаление избыточной влаги), барабанный холодильник, ленточный транспортер для подачи в бункер полуавтомата фасовки, вибрационный полуавтомат фасовки, автомат — запайщик полиэтиленовых пакетов. Данная линия позволяет получать ТИС влажностью 0,5÷0,7 % при исходной влажности компонентов до 5 % с насыпной плотностью ТИС 180–230 кг/м³, что недостижимо при

применении бетономешалок (насыпная плотность достигает 380–450 кг/м³).

ТИС на основе золы рисовой лузги и микрокремнезема (ООО «ОсколПромСнаб») конкурентоспособны с импортными ТИС Glutin RS6 и Glutin RS10 (насыпная плотность 250 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,06 Вт/(К·м) [2]), стоимость которых в разы превышает стоимость отечественных ТИС.

Библиографический список

1. **Тахаутдинов, Р. С.** Производство стали в кислородно-конвертерном цехе Магнитогорского металлургического комбината / Р. С. Тахаутдинов. — Магнитогорск : Магнитогорский дом печати, 2001. — 146 с.
2. **Шабловский, В. А.** Основные критерии выбора шлакообразующих и утепляющих смесей для проковша МНЛЗ / В. А. Шабловский, Н. Ф. Анищенко, В. Н. Паршин [и др.] // Сб. трудов 14 международного конгресса сталеплавателей. — Москва–Электросталь, 2016. — С. 525–529.
3. **Пат. 2308350 Российская Федерация.** Теплоизолирующая смесь для защиты и теплоизоляции металла в промежуточных ковшах и сталеразливочных ковшах при непрерывной разливке стали / Куклев А. В., Топтыгин А. М., Обьедков А. П., Соколова С. А., Полозов Е. Г.; патентообладатель ООО «Корад». — № 200514094/02; заявл. 28.12.2005; опубл. 20.10.2007, Бюл. № 29.
4. **Кривенко, А. П.** Опыт применения универсальных теплоизолирующих смесей для промежуточного ков-

ша / А. П. Кривенко, А. Н. Легченков, Ю. В. Климов // Сталь. — 2007. — № 11. — С. 13–16.

5. **Пат. 2661981 Российская Федерация.** Состав для теплоизоляции расплава металла и способ изготовления состава / Лебедев И. В., Никифорова М. П.; патентообладатель Н. П. Никифорова. — № 2017118716; заявл. 30.05.2017; опубл. 20.07.2018, Бюл. № 21.

6. **ГОСТ 7076–99.** Приложение А «Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме». — М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000.

7. **ГОСТ 12170–85.** Огнеупоры. Стационарный метод измерения теплопроводности изделия огнеупорные. Методы испытаний. Часть 1: сборник. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. ■

Получено 07.07.2020

© С. В. Трунов, М. В. Конев, И. С. Сарычев, И. Н. Чмырев, 2020 г.