

**К. Е. Писмарев, А. А. Ларионов, М. Н. Якин, А. В. Цюцюра, В. А. Шабловский*,
А. П. Кривенко*, Д. А. Галинков*, Д. Ю. Батюков***

ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», Мариуполь

*ООО «НТП «Техмет», Донецк

Совершенствование технологических смесей в условиях ККЦ ЧАО «ММК им. Ильича»

Описаны результаты исследований по разработке новых смесей для теплоизоляции металла в сталеразливочных и промежуточных ковшах, и шлакообразующих смесей для кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) в кислородно-конвертерном цехе (ККЦ) ЧАО «ММК им. Ильича».

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, промежуточный ковш, теплоизолирующая смесь, кристаллизатор МНЛЗ, шлакообразующая смесь.

С целью улучшения качества и снижения себестоимости металла сотрудниками ООО «НТП «Техмет», совместно со специалистами технических служб комбината и кислородно-конвертерного цеха (ККЦ), проведены работы по совершенствованию технологических смесей, применяемых в ККЦ ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ММК им. Ильича).

Для уменьшения потерь температуры металла в сталеразливочных ковшах на участке агрегат доводки стали (АДС) – МНЛЗ, вместо применявшейся ранее гранулированной теплоизолирующей смеси (ТИС) марки ТИС-3 [1], на основе менее дорогостоящих материалов была разработана ТИС марки ТИС-3П(И) состава, %: 40-50 SiO₂; до 7 CaO + MgO; 10-16 C; 16-21 Al₂O₃; до 5 Na₂O + K₂O.

Испытания гранулированной ТИС марки ТИС-3П(И) выполнены на АДС № 3 ККЦ на плавках текущего сортамента. Основными технологическими характеристиками для оценки работы ТИС были выбраны: равномерность распределения смеси по поверхности расплава в ковше, потери температуры металла на участке АДС – МНЛЗ, полнота удаления шлака при кантовании ковша.

Установлено, что подача гранулированной смеси ТИС-3П(И) в сталеразливочные ковши из бункера по системе подачи сыпучих материалов после окончания обработки на АДС сопровождается минимальным пылевыведением и горением. Смесь хорошо распределяется по поверхности ковшевого шлака. Разрушение гранул сопровождается увеличением объема смеси в 2-2,5 раза и образованием в ковше рыхлого теплоизолирующего слоя.

При удельных расходах ТИС-3П(И) около 1 кг/т стали, потери температуры металла на участке АДС – МНЛЗ на опытных плавках были, в среднем, на 1,1°C меньше в сравнении с плавками текущего производства с утеплением ТИС-3.

Роста трудоемкости очистки сталеразливочных ковшей при использовании смеси ТИС-3П(И) отмечено не было.

На основании полученных результатов гранулированная ТИС марки ТИС-3П(И) внедрена в качестве штатной утепляющей смеси.

Для защиты зеркала металла в промежуточных ковшах МНЛЗ, вместо ранее применявшейся ТИС марки ТИС-2 [1], была предложена смесь марки ТИС-1К(И) состава, %: 70-80 SiO₂; до 5 CaO + MgO; 13-20 C; до 5 Al₂O₃; до 2 Na₂O + K₂O. Эта смесь производится на основе высокоогнеупорного легковесного наполнителя с содержанием SiO₂ не менее 99% с добавкой поризаторов и модификаторов, что коренным образом отличает ее от ТИС-2, утепляющее действие которой основано на применении огнеупорного наполнителя системы CaO + MgO + SiO₂ с более высоким содержанием углерода.

Физико-химические характеристики смеси ТИС-1К(И) сходны с характеристиками ТИС, полученными путем термической обработки рисовой лузги.

При вводе в промежуточный ковш смесь ТИС-1К(И) хорошо распределяется, образуя устойчивое защитное покрытие без оголения стали и образования настылей вблизи стопора, и области подвода металла. При расходах смеси до 0,2 кг/т стали ее использование позволяет стабилизировать температуру металла в промежуточном ковше в пределах 5 °С. При этом обеспечивается надежная защита механизмов шибберных затворов от теплового излучения зеркала металла в промежуточном ковше. Препятствий замеру температуры металла через теплоизолирующее покрытие отмечено не было.

Высокая температура плавления, устойчивость к спеканию и малая насыпная плотность смеси ТИС-1К(И) позволили уменьшить удельный расход ТИС в сравнении со смесью ТИС-2 при отливке слябов на МНЛЗ №№ 1-3 ККЦ с 0,25-0,35 до 0,17-0,19 кг/т стали.

На основании полученных результатов, смесь марки ТИС-1К(И) внедрена как штатная ТИС для утепления металла в промковше.

Для повышения качества поверхности литых заготовок и снижения затрат на производство стали в ККЦ проводятся работы, направленные на разработку шлакообразующих смесей (ШОС), которые

обеспечивают получение в кристаллизаторах шлаков с улучшенными физико-химическими характеристиками, а их производство не связано с использованием дефицитных и дорогостоящих материалов, что удешевляет их производство.

Так взамен применявшейся ранее на МНЛЗ №№ 1, 2 [2] ШОС марки ШОС-Т-4К была разработана универсальная смесь ШОС-Т-4-2(И) основностью 0,82-0,92 состава, %: 10-12 С; 28-37 СаО; до 5 MgO; 32-40 SiO₂; до 5 Al₂O₃; 6-8 (Na₂O + K₂O); 6-8 F.

Благодаря изменению химического и компонентного состава, обеспечивается стабильное плавление исходной порошкообразной ШОС, равномерное формирование и необходимая толщина жидкой шлаковой фазы (6-12 мм). Применение смеси ШОС-Т-4-2(И) обеспечивает требуемое качество поверхности слябов из металла низкоуглеродистых, перитектических и среднеуглеродистых марок стали. При этом, по ходу разливки не наблюдается свечение, горение, повышенное пылевыведение, образования коржей и шнуров, в том числе и на нестационарных режимах разливки.

Учитывая необходимость производства значительных объемов высокоуглеродистых марок стали, предложена смесь ШОС-Т-4-2(УИ).

Главной особенностью получения заготовок из высокоуглеродистого металла является низкая температура ликвидус и, соответственно, меньшая температура разливки стали. В связи с этим при разливке высокоуглеродистых марок стали необходимо использовать ШОС с пониженными температурами плавкости и повышенной скоростью плавления смеси. Шлаки, образующиеся при плавлении ШОС, должны обладать требуемыми значениями вязкости при низких температурах.

С учетом этого, для разливки стали Ст45 была предложена ШОС марки ШОС-Т-4-2(УИ) основностью 0,78-0,86 состава, %: 9,5-11,5 С; 27-30 СаО; до 5 MgO; 32,5-35,5 SiO₂; до 5 Al₂O₃; 9,5-11,5 (Na₂O + K₂O); 5,8-7,3 F. Компонентный состав смеси обеспечивает понижение температуры ее плавления и вязкости сформированного при плавлении ШОС шлака. Соответствующие характеристики смесей ШОС-Т-4-2(УИ) и ШОС-Т-4-2(И) представлены для сравнения в таблице.

По результатам промышленных испытаний установлено, что использование смеси ШОС-Т-4-2(УИ) обеспечивает необходимое качество поверхности заготовок при одновременном уменьшении количества

Сведения о свойствах ШОС

Показатели	ШОС-Т-4-2(И)	ШОС-Т-4-2(УИ)	
Температура, °С:			
	размягчения	1048	1007
	плавления	1094	1080
	растекания	1124	1096
Вязкость, П:			
	1200 °С	6,48	3,45
	1300 °С	3,0	1,72
	1400 °С	1,55	1,17

аварийных разливок. Смесь ШОС-Т-4-2(УИ) внедрена как штатная смесь для разливки высокоуглеродистых марок стали.

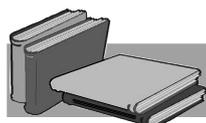
Технологические смеси для ММК им. Ильича поставляются с более узкими диапазонами содержания компонентов, чем указанные в технических условиях (ТУ).

Составы смесей для разливки стали в ККЦ ЧАО «ММК им. Ильича» продолжают совершенствоваться, осуществляется разработка новых видов смесей. В настоящее время ведется работа по созданию ШОС, которые позволят уменьшить количество дефектов поверхности слябов при разливке перитектических марок стали на МНЛЗ №№ 1, 2 ККЦ.

Склонность перитектической стали к образованию трещин на поверхности литых заготовок обусловлена напряжениями, которые возникают в корке затвердевающего слитка из-за значительного уменьшения объема металла при превращении его структуры из ферритной в аустенитную.

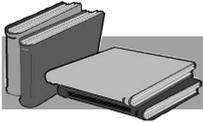
Для предотвращения образования трещин, корка затвердевающего слитка в кристаллизаторе должна иметь минимально необходимую толщину, для чего необходимо ограничивать интенсивность теплопередачи от поверхности слитка к стенке кристаллизатора. Одним из путей решения этой задачи является повышение кристалличности шлака, для чего при разливке перитектических марок стали рекомендуют использовать ШОС высокой основности [3, 4].

Исходя из этого, для разливки перитектических марок стали разработан вариант смеси ШОС-Т-4-1, который отличается повышенной до 1,26-1,32 основностью смеси (СаО/SiO₂) и увеличенным содержанием плавней (Na₂O+K₂O, F) до 15%. Это позволит увеличить кристалличность шлаковой прослойки и уменьшить термические напряжения в формирующейся корочке сляба. В ближайшее время планируются испытания данного варианта ШОС.



ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность защиты металла, разливаемого непрерывным способом / В. В. Климанчук, А. П. Бочек, С. А. Лавриншин и др. // Сталь. – 2007. – № 1. – С. 20-22.
2. Оптимизация эксплуатационных характеристик МНЛЗ / А. П. Бочек, И. Н. Фентисов, Б. В. Небога и др. // Сталь. – 2007. – № 1. – С. 22-24.
3. Экхардт Д. Выбор шлакообразующих смесей для непрерывной разливки углеродистой стали / Д. Экхардт, Д. Бехманн // Сталь. – 2008. – № 11. – С. 19-22.
4. Хаазе Р. Современные шлакообразующие смеси для сифонной и непрерывной разливки стали / Р. Хаазе, А. Зенин // Бюллетень «Черная металлургия». – 2005. – № 7. – С. 43-45.



REFERENCES

1. Klimanchuk V. V., Bochek A. P., Lavrinishin S. A. et al. (2007). Effektivnost' zashchity metalla, razlivaemogo nepreryvnyim sposobom. [Effectiveness of protection of the metal spilled in the continuous way]. *Stal'*, no 1, pp. 20-22. [in Russian].
2. Bochek A. P., Fentisov I. N., Neboga B. V. et al. (2007). Optimizaciia ekspluatatsionnykh kharakteristik MNLZ. [Optimization of production characteristics of CCM]. *Stal'*, no 1, pp. 22-24. [in Russian].
3. Ekhardt D., Bekhmann D. (2008). Vybor shlakoobrazuiushchikh smesei dlia nepreryvnoi razlivki uglerodistoi stali. [The choice of slag-forming mixes for the continuous pouring of carbon steel]. *Stal'*, no 11, pp. 19-22. [in Russian].
4. Khaaze R., Zenin A. (2005). Sovremennye shlakoobrazuiushchie smesi dlia sifonnoi i nepreryvnoi razlivki stali. [The modern slag-forming mixes for siphon and continuous pouring of steel]. *Biulleten' «Chernaia metallurgiiia»*, no 7, pp. 43-45. [in Russian].

Анотація

Пісмарьов К. Є., Ларіонов О. О., Якін М. М., Цюцюра А. В., Шабловський В. О., Кривенко О. П., Галінков Д. О., Батюков Д. Ю.

Удосконалення технологічних сумішей в умовах ККЦ ПАТ «ММК ім. Ілліча»

Описано результати досліджень з розробки нових сумішей для теплоізоляції металу у сталерозливальних і проміжних ковшах і шлакоутворюючих сумішей для кристалізаторів машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) у киснево-конвертерному цеху (ККЦ) ПАТ «ММК ім. Ілліча».

Ключові слова

Сталерозливальний ківш, проміжний ківш, теплоізолювальна суміш, кристалізатор МБЛЗ, шлакоутворююча суміш.

Summary

Pismarev K., Larionov A., Yakin M., Tsutsura A., Shablovskii V., Krivenko A., Galinkov D., Batiukov D.

Improvement of technological mixtures for BOF shop of PJSC «Ilyich Iron and Steel Works»

Article deals with the results of research to develop new mixtures for heat insulation of steel in pouring ladles and tundishes and slagforming mixtures for continuous caster moulds for BOF shop of PJSC «Ilyich Iron and Steel Works».

Keywords

Steel pouring ladle, tundish, heat insulation mixture, continuous caster mould, slagforming mixture.

Поступила 14.12.16