

Summary

Kas'yan G., Pisarsky S., Kodak A., Mintz A., Sirchenko V.

Technology factors of stabilisation of speed open casting of steel on billet CCM of Donetsk electrometallurgical plant

In 2007-2008 for the purpose to increase seriality of casting on billet CCM and quality of billets without system of fast replacement of tundish nozzles the researches directed on stabilisation of casting speed have been executed. The reason of increase of casting speed, leading to the compelled strands closing along with deterioration of nozzle channel, is increase of level oxygen activity in steel. Thus speed wear of nozzle's ZrO_2 is proportional to level of steel oxidation. By results of the executed researches dependence of casting speed from metal oxygen activity in tundish is established, the technology of steel deoxidation for open stream casting is corrected and is provided using of inexpensive quartz pipes on a site ladle-tundish for decrease of casting speed in case of its increase on separate fusions is provided.

Keywords

billet ccm, seriality of casting, casting speed stabilization, level of steel oxidation $a[O]$, deoxidation technology, protective pipe

Поступила 26.05.10

УДК 669.18.046.518:621.746.5.047

Н. Ф. Анищенко, В. В. Кислица*, О. Б. Исаев*, Д. А. Галинков, А. П. Кривенко, Ю. Г. Мороз

ОАО «НПП „Техмет“», Донецк,

*ОАО «МК „Азовсталь“», Мариуполь

Разработка шлакообразующих смесей для разлива стали на МНЛЗ МК «Азовсталь»

Представлены результаты разработки шлакообразующих смесей (ШОС) для разлива непрерывнолитых слябов, в том числе изложена методика определения физических свойств шлакообразующих смесей, результаты промышленного внедрения смесей при производстве низколегированных марок стали перитектического класса на МНЛЗ криволинейного типа и качественные показатели листового проката.

Ключевые слова: *разливка стали на МНЛЗ, вязкость шлаков, кристаллизатор, вискозиметр, индекс отсортировки металла*

Конвертерный цех ОАО «МК „Азовсталь“» в своем составе имеет четыре слябовых двухручьевых МНЛЗ, из которых три – криволинейного типа и одна – с вертикальным участком. Основные технические характеристики криволинейных МНЛЗ приведены в табл. 1.

Постановка задачи ОАО «НПП „Техмет“» и ДонНИИЧермет в конце 2007 г. была обусловлена необходимостью разработки составов смесей для защиты зеркала металла в кристаллизаторах МНЛЗ «МК „Азовсталь“», обеспечивающих сохранение служебных свойств при длительных сроках хранения, уменьшение отсортировки листового проката широкого марочного сортамента (по дефектам «плена», «УЗК»), а также выводом из производства «МК „Азовсталь“» собственного участка по производству шлакообразующих смесей ШОС-5М.

В ходе настоящей работы использовались смеси на основе плавящихся флюсов ШОС-Т-2 (ТУ У 23431197.003-99 «Смеси шлакообразующие

рафинировочные») различного состава, регуляторы скорости плавления (углеродсодержащих материалов – УСМ) и веществ, корректирующих скорость плавления и свойства жидкой шлаковой фазы в процессе ее остывания в зазоре между корочкой сляба и охлаждаемой стенкой кристаллизатора.

Исследование вязкостных характеристик расплавов ШОС проводилось на усовершенствованном высокотемпературном вибрационном вискозиметре.

За основу был взят амплитудно-амплитудный вариант вибрационного метода измерения вязкости с выходом на максимальную амплитуду, что позволило самой колеблющейся системе использовать для стабилизации частоты силы, возбуждающей колебания. Кроме того, не надо заботиться о подгонке резонансных параметров системы и беспокоиться об их строгом постоянстве. Таким образом, в амплитудно-амплитудном варианте вся погрешность измерения вязкости определяется погрешностью в определении амплитуды колебаний. Относительная

Технические характеристики МНЛЗ

Параметр	Номер МНЛЗ	
	3 и 5	4
Размеры отливаемых слябов, мм	220, 240, 250*, 1250...2000	220, 250, 300*, 1550...1850
Скорость разливки, м/мин	0,6...0,9	0,7...1,0
Базовый радиус, м	10	10
Длина кристаллизатора, мм	1000	1200
Тип механизма качания	электромеханический	гидравлический
Вторичное охлаждение	водовоздушное	водовоздушное
Автоматическое поддержание уровня металла в кристаллизаторе	+	-
Механическая замена погружаемых стаканов	+	+
Износостойкое покрытие рабочей поверхности кристаллизатора	+	+

погрешность в определении абсолютных значений динамической вязкости (η) составляет ± 3 %. Блок-схема высокотемпературного вискозиметра представлена на рис. 1 [1].

Эффективная экранировка вибрационной системы позволяет измерять вязкость расплавов без выключения нагревательной печи (то есть с необходимой скоростью изменения температуры). Термостатирование же позволяет сохранить постоянными как механические характеристики пружинной подвески, так и электромагнитные параметры вибратора и стабилизировать резонансную частоту всей вибрационной системы прибора.

Для калибровки прибора в качестве калибровочной жидкости были использованы растворы глицерина в дистиллированной воде. Температура калибровочных растворов задавалась термостатом.

Измерение вязкости ШОС производилось в молибденовом тигле, помещенном в изотермическую зону печи Таммана с помощью вольфрамового штока $\varnothing 1,2$ мм, $L = 250$ мм в атмосфере аргона. После изотермической выдержки расплавленного шлака

при 1580 °С в течение 30 мин замеры вязкости проводились в режиме охлаждения со скоростью 4 °С/мин до полного затвердевания шлака с фиксацией соответствующей температуры.

Важно отметить, что измерение вязкости расплавов из смеси, содержащей свободный углерод, представляет значительную трудность. При расплавлении смеси в инертной атмосфере углерод всплывает и скапливается на поверхности шлака, искажая истинное значение вязкости.

Учитывая, что в кристаллизаторе углерод выгорает и на зеркале металла находится жидкая шлаковая прослойка с минимальным содержанием углерода, исходные смеси перед проведением измерений отжигались в окислительной среде при 600 °С в течение 4-х ч, что позволило снизить содержание углерода к минимуму ($< 0,5$ %).

Для проверки работы установки и правильности выбранной методики испытывали смеси импортного производства с декларируемыми производителем химическим составом и вязкостью.

Новизна работы состоит в выборе и обработке

метода подхода к разработке конкретных ШОС. Исходя из условий работы ШОС (тип кристаллизатора, скорость разливки, сортамент разливаемой стали и т. д.) моделируется шлакообразующая смесь с определенным комплексом физико-химических свойств, которые варьируются подбором флюсов, углеродсодержащих материалов, активных разжижжителей и «минерализаторов» с целью оптимизации смазочных свойств и обеспечения стабильности теплоотода от корочки сляба в первом (высокотемпературном) интервале остывания металла.

На основании ранее проведенных исследований для определения коэффициентов вязкости были выбраны базовый флюс ШОС-Т-2 с основностью 0,85 (химический состав молотого флюса ШОС-Т-2 приведен в табл. 2) и модельные

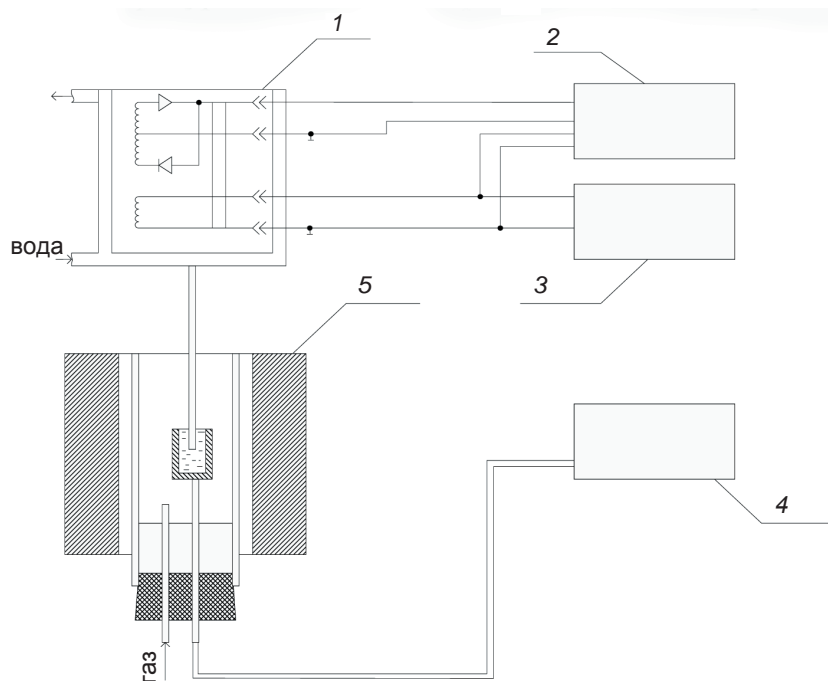


Рис. 1. Блок-схема высокотемпературного вискозиметра: 1 – вибратор, 2 – усилитель-ограничитель, 3 – милливольтметр В7-40/3, 4 – ПП-63, 5 – печь Таммана

Химический состав флюса ШОС-Т-2

CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe _{общ}	Na ₂ O + K ₂ O	S	F	Основность
35,60	42,00	3,20	2,90	0,67	8,70	0,32	6,54	0,85

Таблица 3

Химический состав модельных смесей

Смесь	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	F	Na ₂ O + K ₂ O	C	Основность
ШОС-Т-4-2-3	35,63	32,60	3,07	2,95	7,69	7,25	9,75	1,09
ШОС-Т-4-2-32	35,16	33,43	3,14	3,03	7,36	7,44	9,13	1,05
ШОС-Т-4-2-33	34,08	33,95	3,19	3,07	7,42	7,53	10,43	1,00
ШОС-Т-4-2-35	33,61	34,77	3,26	3,15	7,09	7,73	10,31	0,97

смеси ШОС-Т-4-2, некоторые из которых приведены в табл. 3.

Кривые вязкости шлаковых расплавов вышепеченных смесей приведены на рис. 2.

На основании проведенных физико-химических

исследований предварительно была выбрана смесь ШОС-Т-4-2-аз-3, в дальнейшем именуемая ШОС-Т-4-2(3).

Химический состав шлакообразующей смеси ШОС-Т-4-2(3) представлен в табл. 4.

Шлакообразующая смесь марки ШОС-Т-4-2(3) для кристаллизатора МНЛЗ проходила испытания на МНЛЗ криволинейного типа № 3-5 конвертерного цеха «МК „Азов-сталь“». В большинстве случаев смесь ШОС-Т-4-2(3) использовалась на одном из ручьев МНЛЗ (впоследствии – на обоих ручьях), на другом ручье применялась порошкообразная смесь ШОС-5М собственного производства «МК „Азов-сталь“» или импортные. В ряде случаев производили смену типа смеси по ручьям в процессе разлива серии плавов.

Результаты опытно-промышленных испытаний шлакообразующей смеси ШОС-Т-4-2(3), серийной смеси ШОС-5М и смесей иностранного поставщика приведены на рис. 3.

Удельный расход опытной смеси в анализируемый период составил (0,65...0,70) кг/т стали, что аналогично расходу серийно применяемой ШОС-5М и смесям зарубежных производителей.

Замечаний по работе смеси ШОС-Т-4-2(3), приведших к нестабильной работе оборудования МНЛЗ или созданию аварийных ситуаций, не выявлено.

На основании опытно-промышленных исследований было принято решение о проведении промышленных испытаний технологии применения шлакообразующих смесей различных производителей.

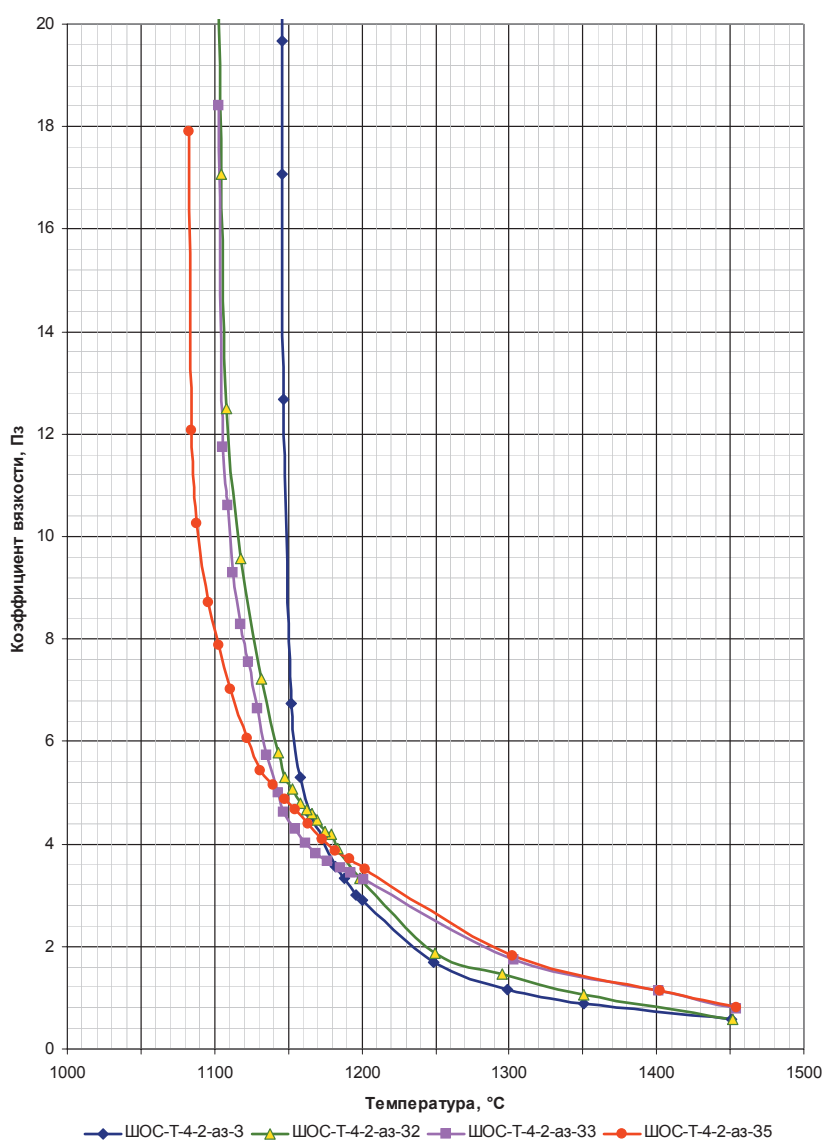


Рис. 2.

Политермы вязкости расплавов некоторых вариантов ШОС-Т-4-2

Таблица 4

Химический состав шлакообразующей смеси ШОС-Т-4-2(3)

CaO _{общ}	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	Fe _{общ}	F	CaF ₂	C	R ₂ O	Основность
35,70	33,3	3,6	1,27	0,06	0,6	7,41	15,2	8,8	6,2	1,07

Сравнительные данные по результатам повторных испытаний ШОС-Т-4-2(3) и смесей других производителей приведены в табл. 5.

Из анализа полученных результатов отсортировки металла было принято решение об изготовлении последующих партий смеси ШОС-Т-4-2, химический состав которых соответствовал следующим требованиям, %мас.: CaO – 36,0 (±1,5 % абс.); SiO₂ – 33,0 (±1,5 % абс.); F – 7,0 (±1 % абс.); C – 10,0 (±1 % абс.); MgO – 3,0 (±1 % абс.); Al₂O₃ – 3,0 (±1 % абс.); (Na₂O + K₂O) – 6,5 (±1 % абс.).

Необходимо отметить высокую гибкость технологии изготовления ШОС-Т-4-2, которая позволяет достаточно точно получать заданный химический состав шлакообразующей смеси.

Постоянство химического состава изготавливаемых шлакообразующих смесей гарантирует постоянство их физических свойств – вязкости, температуры плавления и поверхностного натяжения на межфазной границе «шлак-металл». ШОС-Т-4-2(3) имеет стабильные значения по основным химическим составляющим.

С применением смеси ШОС-Т-4-2(3) на МНЛЗ № 3-5 «МК „Азовсталь“» в последнее время отлито около 1500 плавов широкого марочного сортамента. В процессе применения смеси по визуальной оценке установлено, что характер поведения смеси на зеркале металла в кристаллизаторе не изменился, расход смеси составил в среднем (0,65...0,70) кг/т стали. Замечаний технологического персонала по работе смеси в кристаллизаторе не отмечено. На рис. 4 и 5 представлены данные отсортировки металла поточного производства.

Из рис. 4 видно, что индекс отсортировки металла, отлитого под ШОС-Т-4-2(3) меньше индекса отсортировки металла, отлитого под смесями импортного производства.

Как видно из рис. 5, индекс отсортировки на ответственных марках стали 09Г2С, Х70, 70МЛТВ, 17Г1СУ, отлитых под ШОС-Т-4-2(3) меньше индекса отсортировки данного металла, отлитого под импортной смесью на 0,07...0,47 относительных единиц.

Сравнительный анализ применения ШОС-Т-4-2(3) и смесей импортного производства будет продолжен на углеродистой стали перитектического класса и группе низкокремнистых марок стали.

Выводы

1. На криволинейных МНЛЗ под шлакообразующей смесью ШОС-Т-4-2(3) отлито более 500 000 т металла.
2. Промышленные испытания ШОС-Т-4-2(3) показали, что смесь имеет стабильный химический состав, что гарантирует постоянство ее физических свойств – вязкости и температуры плавления.
3. Применение смеси ШОС-Т-4-2(3) показало положительные результаты на широком марочном сортаменте. Индекс отсортировки металла, отлитого под ШОС-Т-4-2(3), меньше индекса отсортировки металла, отлитого с применением смесей импортного производства.

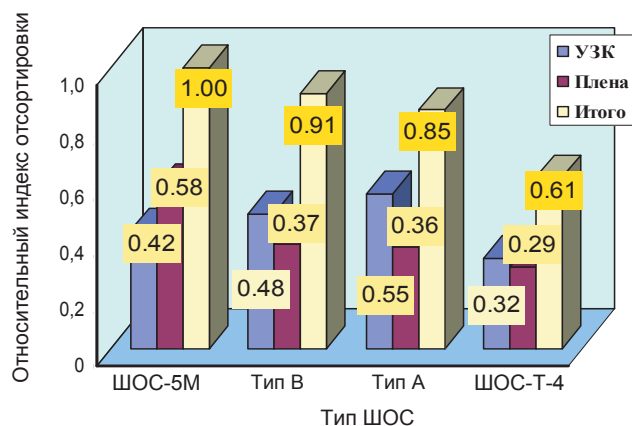


Рис. 3. Отсортировка металла, разлитого под шлакообразующими смесями различных производителей

Таблица 5
Средние данные по результатам прокатки опытных и сравнительных слябов

Марка ШОС	Прокатано листов, шт	Отсортировки листового проката, отн. индекс		
		плена	УЗК	всего
ШОС-Т-4-2(3)	4447	0,35	0,26	0,61
Другие ШОС	3989	0,30	0,57	0,87
Другие ШОС без ШОС-5М	2278	0,31	0,69	1,00

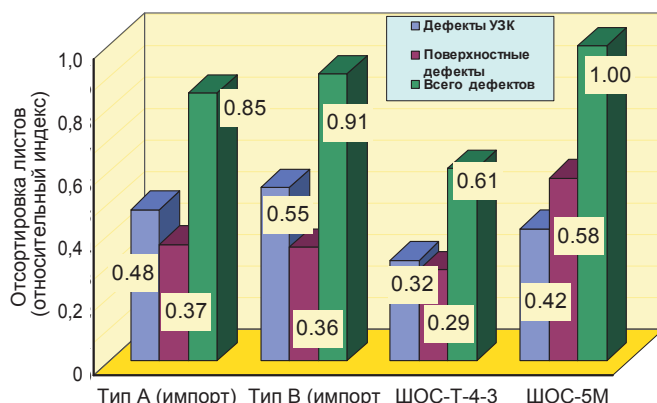


Рис. 4. Отсортировка листового проката по дефектам сталеплавильного производства

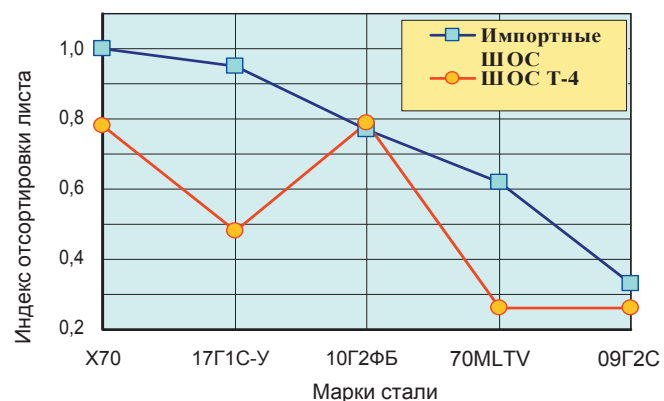
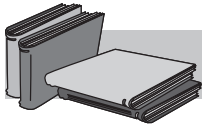


Рис. 5. Отсортировка листового проката низколегированных марок стали по дефектам сталеплавильного производства

4. Шлакообразующая смесь ШОС-Т-4-2(3) внедрена в поточное производство на МНЛЗ криволинейного типа при разливке широкого марочного сортамента.



ЛИТЕРАТУРА

1. Лидефельт Х., Хассельстром П. Характеристики рабочих свойств шлакообразующих смесей для непрерывной разливки стали: Материалы международного конгресса. – М.: Металлургия, 1987. – 224 с.

Анотація

Аніщенко М. Ф., Галінков Д. О., Кривенко О. П., Мороз Ю. Г., Кислиця В. В., Ісаєв О. Б.

Розробка шлакоутворювальних сумішей для розливання сталі на МБЛЗ МК «Азовсталь»

Представлено результати розробки шлакоутворювальних сумішей для розливання безперервнолитих слябів, у тому числі викладено методику визначення фізичних властивостей шлакоутворювальних сумішей, результати промислового впровадження сумішей при виробництві низьколегованих марок сталі перитектичного класу на МБЛЗ криволинійного типу і якісні показники листового прокату.

Ключові слова

розливання сталі на МБЛЗ, в'язкість шлаків, кристалізатор, віскозиметр, індекс від-сорткування металу

Summary

Anischenko N., Galinkov D., Krivenko A., Moroz Yu., Kislitsa V., Isaev O.

Development of slag-forming mixtures for continuous casting of steel at LTD «Azovsteel»

The results of work on the development of slag-forming mixtures for steel slabs continuous casting, including the method of determining the physical properties of slag-forming mixtures, also the results of industrial application of mixtures in the production of low-alloy steels with continuous casting of peritectic class and the quality of rolled plates are given.

Keywords

steel continuous casting, slag viscosity, mold, slag viscometer, sorting metal index

Поступила 26.05.10

УДК 669.184: 666.762

И. Н. Салмаш, А. Н. Смирнов

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Исследование напряженного состояния и прочности футеровки сталеразливочных ковшей

В режиме выдержки стали в ковше (при постоянной температуре внутренней стенки футеровки) в рабочем слое футеровки шлакового пояса и стен ковшей возникают напряжения и деформации, вызывающие ее разрушение. Показано, что нецелесообразно допускать износ рабочего слоя на уровне 60 % и более, поскольку локальное разрушение футеровки может привести к аварийной ситуации – прогару футеровки в зоне повышенного износа.

Ключевые слова: ковш, футеровка, шлаковый пояс, деформация, локальное разрушение