

Сердюков А. О., Тонкушин А. Ф., Смирнов О. М.

Сучасна футерівка для кисневих конвертерів

Сучасні вимоги до футерівки конвертерів поєднують у собі високі показники стійкості при мінімізації питомих витрат на вогнетривки. Системний підхід у виборі матеріалів забезпечує підвищення її стійкості. Він полягає в постійному вдосконаленні проектів в різних зонах футерівки конвертера в сукупності із застосуванням нових вогнетривких периліт і типорозмірів виробів.

футерівка, конвертер, стійкість, днище, плавка, продування

Serdyukov A., Tonkushin A., Smirnov A.

Modern refractory lining for BOF

Modern requirements for refractory lining converters combine high stability while minimizing the unit cost of refractories. Systematic approach in the choice of materials ensures an increase in its durability. It is one of continuous improvement projects in the harmonization of the converter in conjunction with the use of new refractory materials and sizes of MgO

lining, converter, lifetime, bottom, heat, purging

УДК 669.18.046

Рассмотрены вопросы внепечной обработки стали кальцийсодержащими порошковыми проволоками. Показано, что использование проволоки с наполнением аналогами СК30 и СК40 (кальций гранулированный + ферросилиций) приводит к значительному снижению затрат при внепечной обработке стали, при этом усвоение кальция из нового вида проволоки носит более стабильный характер.

Ключевые слова: *сталь, металлопродукция, внепечная обработка, порошковая проволока, кальций, силикокальций, ферросилиций, усвоение.*

современном сталеплавильном производстве внепечная обработка кальцийсодержащими порошковыми проволоками занимает ведущее положение в связи с многофакторностью влияния кальция на физико-химическое состояние расплава, макро- и микроструктуру заготовки, качество и свойства металлопродукции и является неотъемлемой частью технологии [1].

Среди кальцийсодержащих наибольшее распространение получила проволока с наполнением порошком силикокальция. В мировой металлургической практике в настоящее время силикокальций

марки СК30 является наиболее широко используемым сплавом для ввода кальция в сталь. Это обусловлено тем, что такое соотношение компонентов в сплаве (30 % Ca и 60 % Si) обеспечивает оптимальное сочетание основных теплофизических параметров в ферросплавном производстве, влияющих на усвоение кальция. Следует отметить, что при производстве силикокальция с содержанием кальция более 30 % резко возрастают расходы и при этом возникают трудности с отделением ферросплава от шлака, поэтому все мировые производители, как правило, ограничиваются изготовлением силикокальция

марки СК30. В то же время в последние годы в связи с меняющейся конъюнктурой на рынке ферросплавов и изменением качества сырья появилась тенденция использования в определенных условиях комплексного наполнителя, называемого иногда силикокальций СК40 [2, 3]. Такой марки силикокальция в ГОСТах нет, и этот материал не производится, а получается механическим смешением порошков силикокальция и металлического кальция. В процессе ввода проволоки образуется сплав и необходимое содержание кальция в ферросплаве достигается непосредственно при обработке жидкого железоуглеродистого расплава. Такая проволока различных производителей используется на ряде предприятий – ОЭМК, Таганрогский, Белорусский, Молдавский, Донецкий металлургические заводы, ДЭМЗ (бывший «ИСТИЛ») и др. (таблица) [2]. Высокая эффективность использования СК40 обусловлена тем, что сплав с содержанием 40 % Са образуется по мере вхождения порошковой проволоки в жидкий металл. При этом протекает комплекс процессов взаимодействия кальция, свободного кремния и их соединений (нагрев, растворение, испарение, диссоциация, фазовый переход и т. д.) как внутри проволоки, так и в локальном месте высвобождения наполнителя в расплав, что снижает температуру в зоне реакции. Новый вид проволоки с наполнителем СК40 отличается повышенным содержанием кальция в погонном метре проволоки и более высоким усвоением кальция (на 15-30 %) по сравнению с силикокальцием СК30. Поэтому для достижения заданного содержания кальция в металле расход проволоки с СК40 меньше в 1,4-1,6 раза, чем с СК30. Это позволяет значительно уменьшить затраты потребителя при закупке порошковой проволоки и целый ряд технологических преимуществ (снижение задолженности кранового времени, сокращение вспомогательных технологических операций, времени обработки, потерь тепла и пр.). Эффективное снижение затрат уже длительное время подтверждается на указанных предприятиях.

Для достижения таких результатов должны выполняться условия [2], в частности, – использование в качестве шихтового компонента качественного силикокальция СК30 (с минимальным количеством СаО и максимальным кремнием свободного).

Как было отмечено, в силикокальции СК30, при общем содержании Са 30 %, некоторая его часть может находиться в виде оксидов, в т. ч. комплексных (иногда до 10-15 % абс.), что возможно установить только при проведении специального фазового анализа в специализированных институтах. Это приводит к нестабильным показателям по усвоению кальция при внепечной обработке металла порошковой проволокой как с наполнением СК30, так и СК40. Для устранения этого фактора, оптимизации усвоения кальция и снижения затрат при внепечной обработке стали авторами были разработаны новые составы порошковых проволок (аналоги СК30 и СК40) с наполнением ферросилицием и кальцием металлическим (содержание кальция металлического в наполнителе не менее 30 и 40 % соответственно) [4]. В работе [5] представлена диаграмма (рисунок) состояния Ca-Si, на которой показаны рассчитанные авторами точки, соответствующие массовому соотношению между кальцием и кремнием в силикокальции СК30, СК40 и аналоге СК40 – СК40к. Как видно из рисунка, образующийся сплав по мере вхождения порошковой проволоки с наполнением FeSi65 и кальцием металлическим (40 %) в жидкий металл имеет температуру плавления ~ на 150 °С выше, чем СК30. При изготовлении такой проволоки на специальной линии обеспечивается стабильность химического состава комплексного наполнителя по длине проволоки, а также оптимальные условия растворения и физико-химического взаимодействия компонентов наполнителя. Проведенные на ряде металлургических предприятий («Днепропетрсталь», ОЭМК, «Азов-электросталь», «ТАГМЕТ» и других) сравнительные испытания подтвердили высокую эффективность новых видов проволоки, при этом усвоение кальция из нового вида проволоки носит более стабильный

Технологические показатели использования порошковой проволоки с наполнителем СК40

Предприятие	Диаметр проволоки, мм	Эквивалентный коэффициент модифицирования в актах и заключениях по результатам испытаний	Увеличение усвоения кальция, % отн.
ОАО «Енакиевский металлургический завод»	13	0,70	46,5
ОАО «Алчевский металлургический комбинат»	13	0,62	15,4
«ММЗ „ИСТИЛ (Украина)“»	13	0,70	27,0
РУП «Белорусский металлургический завод» ЭСПЦ-1 ЭСПЦ-2	13, 14	0,60 0,55	22,0 35,0
ОАО «Уральская сталь» УКП-1а УКП-2	15	0,62 0,60	19,7 23,7
СЗАО «Молдавский металлургический завод»	13	0,75	10,0
ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат»	15	0,70	14,0
ЗАО «Донецксталь – металлургический завод»	13	0,64	20,3
ОАО «Таганрогский металлургический завод»	13	0,70	-
ОАО «МК «Азовсталь»»	13	0,667	14,9

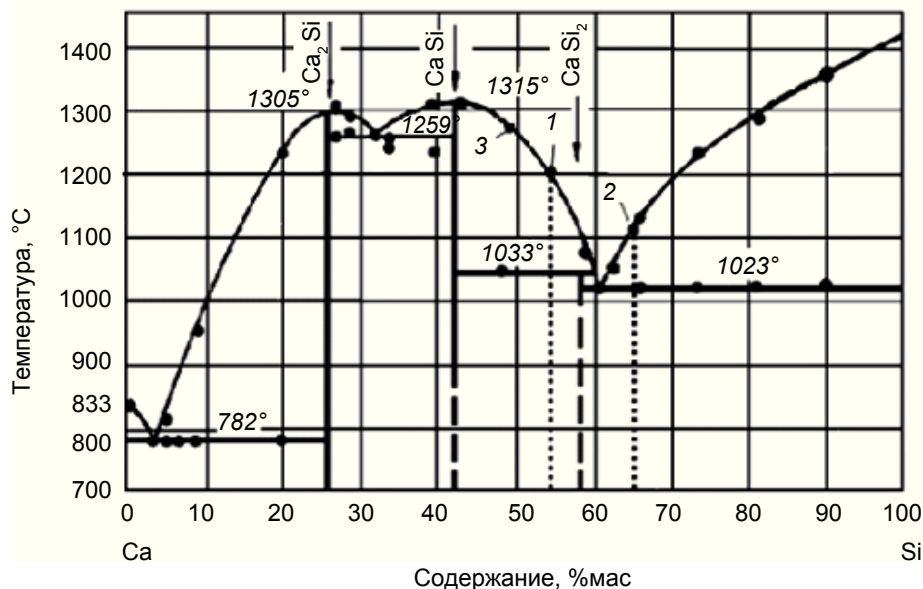


Рис. Диаграмма состояния Ca-Si, массовое соотношение между кальцием и кремнием в силикокальции: 1 – СК40 (СК30 + кальций металлический); 2 – СК30; 3 – СК40к (40 % кальция металлического и 60 % FeSi65).

характер, проблем с разливаемостью в процессе непрерывной разливки не возникает. Одним из преимуществ такой проволоки является низкое содержание углерода (до 0,15 %), что дает возможность использовать ее при обработке специальных сталей.

Так, на одном из предприятий промышленное использование нового вида проволоки СК40, в сравнении с существующим наполнителем (обычным СК40 на базе металлического кальция и силикокальция СК30), при обработке параллельных ковшей одной плавки (выпуск в два ковша) показало стабильно повышенное усвоение кальция: перед отдачей ковша на разливку на 20-25 % отн., по готовому металлу – 15-20 % отн., при обработке стали марок 32Г2, 13ХФА, Ст20 и др. По сложившейся в настоящее время конъюнктуре цен на материалы себестоимость порошковой проволоки с наполнением ферросилицием и кальцием существенно ниже (~ на 20-30 %), чем с качественными СК30 или СК40 (на основе СК30 и кальция металлического), что приводит к значительному снижению затрат при внепечной обработке стали кальцийсодержащими проволоками.

Для сталей с низким содержанием кремния целесообразно использовать порошковую проволоку с AlCa или FeCa. Применение алюмокальциевой проволоки позволяет совместить процессы модифицирования, микролегирования и корректировки содержания алюминия.

Интересные результаты использования алюмокальциевой проволоки приведены в работе [6]. Алюмокальциевая порошковая проволока вводилась в жидкий металл на агрегате ковш-печь в начальной стадии обработки с целью изучения возможности управления внутренней структурой металла для обеспечения необходимых условий формирования более высоких качественных показателей конечного металлопродукта. Вторичный алюминий для раскисления полупродукта при выпуске из сталеплавильного агрегата не использовался, а обработка силикокальциевой проволокой проводилась в обычном

режиме – на финальной стадии обработки. Анализ технологических результатов показал, что использование AlCa проволоки позволило снизить окисленность металла и шлака, что, в свою очередь, предопределило снижение расхода алюмофлюса для раскисления шлака, увеличение скорости и степени десульфурации металла, повышение усвоения алюминия и кальция (из SiCa проволоки). По мнению авторов [6], металлографические исследования показали, что ввод в металл раскисляюще-модифицирующей AlCa лигатуры на ранней стадии обработки позволяет изменять внутреннюю структуру металла:

- количество неметаллических включений уменьшается в 2-6 раз, степень удаления достигает 83,5 %, динамика уменьшения количества включений сохраняется до конечного продукта;
- формирование дендритной структуры после ввода AlCa, а затем и SiCa протекает с увеличением площади межосных участков, соотношение объемов дендритных и межосных участков стабилизируется на уровне 50:50;
- увеличение объема кристаллизующейся жидкости в межосных участках обеспечивает уменьшение дендритной ликвации, получение плотной дисперсной структуры, что также способствует росту количества центров кристаллизации за счет увеличения концентрации вводимых элементов. Такая структура обладает низкой степенью макро- и зональной микросегрегации и приводит к улучшению механических характеристик металла.

Приведенные в работе [6] результаты требуют дальнейшего подтверждения.

Для обработки сталей с низким содержанием алюминия и кремния, а также жесткими требованиями по неметаллическим включениям многие предприятия применяют порошковую проволоку с наполнителем FeCa. Как показала практика, использование такого сочетания компонентов обеспечивает спокойное протекание реакций даже при увеличении содержания кальция в проволоке на 25 % по сравнению с СК30 (диаметр проволоки 13 мм). Вместе с тем следует отметить, что в FeCa проволоке, как правило, используется механическая смесь стальной дробы и гранулированного кальция (чаще всего в соотношении 60:40 %мас.). Считается, что дробь играет роль пассиватора кальция при его высвобождении из проволоки в глубине металлургического расплава. Нам представляется, что это не совсем так. Насыпные массы гранулированного кальция (0,9-1,0 г/см³) и дробы (4,0-4,5 г/см³) различаются в 4-5 раз. В FeCa (60:40) проволоке диаметром 13 мм содержится 86 г Ca и 130 г дробы. С учетом насыпных масс ингредиентов, объем, занимаемый гранулированным кальцием внутри проволоки ~ в 3 раза больше объема,

занимаемого дробью. В таком случае дробь в большей степени играет роль балласта, чем пассиватора. Тем более, известны случаи, когда некоторые производители проволоки использовали дробь, которая действительно играла роль балласта на кораблях, а после списания и разделки кораблей в ней содержалось до 10 % окислов железа.

В этой связи интересен новый вид проволоки, разработанный авторами, – наполнитель из металлического (гранулированного) кальция в утолщенной оболочке (0,6-0,7 мм) [7]. Промышленные испытания этой проволоки диаметром 13 мм по сравнению с использованием проволоки с наполнителем FeCa с равнозначным содержанием кальция показали, что: ввод новой проволоки в расплав происходит более спокойно, с меньшим бурлением и пылегазовыделением. Это подтверждается по пробе после ввода проволоки на ковш-печи и МНЛЗ более высоким усвоением кальция – 10-15 % отн.

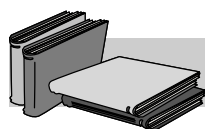
Полученные результаты показывают перспективность нового вида проволоки как с технологической, так и экономической точек зрения.

Перспективным направлением, причем для всех групп марок стали, является использование комплексных наполнителей (например, содержащих механи-

ческую смесь металлического кальция и высокоосновной плавящейся рафинирующей смеси), которые позволяют одновременно осуществлять микролегирование, модифицирование и рафинирование металла, включая удаление неметаллических включений.

Использование новых составов кальцийсодержащих порошковых проволок позволяет значительно повысить эффективность использования кальция, снизить затраты на выпечную обработку, обеспечивая при этом заданное качество готового металла. Это достигается при выполнении ряда условий:

- использование качественных шихтовых компонентов;
- технология изготовления проволоки обеспечивает стабильность химического состава комплексного наполнителя по длине проволоки, а также оптимальные условия растворения и физико-химического взаимодействия компонентов наполнителя;
- технологический режим ввода порошковой проволоки создает возможность расплавления оболочки и взаимодействие наполнителя с жидким металлом в нижней части ковша.



ЛИТЕРАТУРА

1. Прецизионная обработка металлургических расплавов / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисленко, И. А. Павлюченков, В. Ю. Болотов – М.: Теплотехник, 2007. – 424 с.
2. Дюдкин Д. А., Кисленко В. В. Особенности усвоения кальция из порошковой проволоки с комплексным наполнителем СК40 // Металл и литье Украины. – 2009. – № 1-2. – С. 20-23.
3. Пат. № 67016 України. Дріт для позапічної обробки металургійних розплавів / Д. А. Дюдкін, С. Ю. Бать, В. В. Кисіленко. – Опубл. 2005, Бюл. № 5.
4. Пат. № 44822 України. Дріт для обробки рідких металів кальцієм / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисіленко. – Опубл. 2005, Бюл. № 19.
5. Гасик Л. Н., Игнатъев В. С., Гасик М. И. Структура и качество промышленных ферросплавов и лигатур. – Киев: Техніка, 1975. – 151 с.
6. Переворочаев Н. М., Крикунов Б. П. Металлургический комплекс ЗАО «Донецксталь – металлургический завод». – Донецк: Норд-Пресс, 2009 – 370 с.
7. Пат. № 44819 України. Дріт для присадки кальцію у рідкий метал / В. В. Кисіленко, Д. А. Дюдкін. – Опубл. 2009, Бюл. № 19.

Дюдкін Д. О., Кисіленко В. В.

Нові технологічні рішення позапічної обробки сталі порошковими кальцієвмісними дротами

Розглянуто питання позапічної обробки сталі порошковими кальцієвмісними дротами. Показано, що використання дротів з наповненням аналогами СК30 та СК40 (кальцій гранульований + феросиліцій) призводить до значного зниження витрат при позапічній обробці сталі, при цьому засвоєння кальцію з нового виду дроту носить більш стабільний характер.

сталь, металопродукція, позапічна обробка, порошковий дріт, кальцій, силікокальцій, феросиліцій, засвоєння

Dyudkin D., Kysilenko V.
New technological solution
with calcium fillers

The issues of steel secondary refining by cored wires with calcium by analogues SC30 and SC40 (granules calcium + ferrosilicon) refining by calcium-containing wires. In addition, calcium re-

steel, metal production,
con, recovery

УДК 621.746

В конвертерном цехе ОАО «МК "АзовСталь"» впервые на территории СНГ внедрена технология изготовления рабочей футеровки промежуточных ковшей «сухим» методом с применением магнезиальной «сухой» массы и оборудования. Эта современная технология позволяет существенно увеличить технологичность операций изготовления рабочей футеровки промежуточных ковшей.

Ключевые слова: футеровка, огнеупоры, промежуточный ковш, плавка, днище

Успешная конъюнктура рынка металлопродукта вынуждает металлургические предприятия постоянно осуществлять поиск новых возможностей снижения себестоимости производимой продукции и повышения ее качественных характеристик. В связи с этим, все более актуальными становятся передовые ресурсо- и энергосберегающие технологии, обеспечивающие сокращение расхода дорогостоящих материалов и энергоресурсов без увеличения капитальных затрат. Типичным примером реализации этой тенденции, применительно к огнеупорным технологиям, является внедрение технологии изготовления рабочей футеровки промежуточных ковшей «сухими» магнезиальными массами, получившей широкое распространение в Европе.

В 2009 г. впервые на территории СНГ в конвертерном цехе ОАО «МК "АзовСталь"» внедрена технология изготовления рабочей футеровки промежуточных ковшей «сухим» методом, (с применением магнезиальной «сухой» массы и оборудования, поставленного компанией «Dalmond Feuerfest Siegburg GmbH & Co.», входящей в состав «Группы "Магнезит"»), которая позволяет улучшить основные технико-экономические показатели процесса разлива

стали – снизить удельные затраты на огнеупорные материалы и энергоресурсы, используемые для сушки/разогрева футеровки, и сократить время цикла подготовки промежуточных ковшей к разливке. Подобная технология позволяет не только существенно увеличить технологичность операций изготовления рабочей футеровки промежуточных ковшей, но и улучшить качество непрерывнолитой заготовки, обеспечить безаварийный режим работы агрегата.

Разработка «сухой» магнезиальной массы

Компания «Dalmond» имеет значительный опыт разработки и производства «сухих» масс для промежуточных ковшей и оборудования для изготовления подобных футеровок. «Сухие» магнезиальные массы, производимые «Dalmond», используются на ряде крупных европейских предприятий (ряд предприятий компаний «Thyssen Krupp и Mittal steel»).

«Сухая» магнезиальная масса марки Broli-tex M-O-85, производимая «Dalmond» и используемая в качестве расходимой (рабочей) футеровки промежуточного ковша на МНЛЗ № 6 в конвертерном цехе ОАО «МК "АзовСталь"», изготавливается на основе спеченных периклазовых порошков