



УДК 669.18

Поступила 02.08.2017

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОВОЛОКИ С НАПОЛНИТЕЛЕМ  
«ТВЕРДЫЙ» КАЛЬЦИЙ ВЗАМЕН ПРОВОЛОКИ С НАПОЛНИТЕЛЕМ  
«СИЛИКОКАЛЬЦИЙ» В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ  
ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»**

**PROSPECTS FOR THE USE OF CORED WIRES WITH FILLER «SOLID»  
CALCIUM INSTEAD OF CORED WIRES WITH FILLER «SILICO-CALCIUM»  
IN STEELMAKING OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY  
OF HOLDING «BMC»**

*А. И. РОЖКОВ, О. М. ГРУДНИЦКИЙ, В. В. НИКОЛАЕВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.  
E-mail: ibm.tu@bmz.gomel.by, andreYROgkov73@yandex.ru*

*A. I. ROZHKOVA, O. M. GRUDNITSKY, V. V. NIKOLAEV, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: ibm.tu@bmz.gomel.by, andreYROgkov73@yandex.ru*

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с использованием проволоки с экструдированным металлическим кальцием, взамен проволок с наполнителями из силикокальция марок СК30 и СК40 с целью модифицирования включений в жидкой стали. Приведена информация о результатах испытаний проволок с металлическим кальцием в сталеплавильном производстве ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК».*

*The article examines the issues associated with the use of wires with an extruded calcium metal, instead of wires with the fillers of silico-calcium brands SK40 and SK30, for the purpose of modification of inclusions in liquid steel. Information is provided about the test results of wires with calcium metal in steelmaking OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC».*

**Ключевые слова.** *Электросталь, расплав, стальковши, модифицирование включений, металлический кальций, пирозффект.*  
**Keywords.** *Elektric steel, the melt, the steel ladle, modification of inclusions, calcium metal, pyroelectric effect.*

В мировой практике производства электростали широкое применение получило использование алюминийсодержащих материалов для раскисления расплавов, выпускаемых из сталеплавильных агрегатов и при последующей внепечной обработке стали. При этом производители электростали столкнулись с проблемой зарастания металлопроводки машин непрерывной разливки стали продуктом раскисления – оксидом алюминия. Наиболее эффективным решением указанной проблемы стало модифицирование включений оксида алюминия посредством присадки в жидкую сталь силикокальция.

Для целей модифицирования включений оксида алюминия в сталеплавильном производстве ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» отработана и применяется технология, при которой используются порошковые проволоки с наполнителями из силикокальция марок СК30 (содержание кальция в пределах от 28 до 32%) и СК40 (содержание кальция в пределах от 40 до 45%). Последний представляет собой механическую смесь дробленых силикокальция и кальция дистиллированного гранулированного. Проволоки диаметром 14 мм поставляются в бухтах различными изготовителями. Ввод проволок в расплав осуществляется трайб-аппаратами со скоростями от 3,0 до 3,5 м/с, обеспечивающими проникновение проволоки на достаточную глубину. При характерных для внепечной обработки стали параметрах окисленности металлической, шлаковой и газовой фаз практически весь кальций через несколько минут после усреднительной продувки находится в металле в виде оксидов CaO и его соединений с корундом  $mCaO \cdot nAl_2O_3$ . Действующая технология предусматривает использование кальция на

финальной стадии внепечной обработки для модифицирования корундосодержащих неметаллических включений путем перевода их в легкоплавкие алюминаты и алюмосиликаты типа  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ . Модифицирование необходимо для более полного удаления неметаллических включений и улучшения разливаемости стали. Во время последующей продувки аргоном большая часть образующихся включений удаляется в шлак, при этом содержание кальция в металле резко снижается. Поэтому при использовании кальция для модифицирования основным параметром, определяющим качество проведенной обработки, является не общее содержание кальция в металле, а разливаемость стали.

В последние годы в связи с ростом мировых объемов производства монолитного электролитического кальция и снижением его стоимости использование данного материала в качестве наполнителей проволок для модифицирования включений в стали находит все более широкое применение. Причем материал применяется в экструдированном виде – стальная оболочка выполняет функцию защиты. Данный вид материала с содержанием кальция от 98,5 до 100,0% получил также наименование «металлический кальций».

Работа по определению возможности использования проволок с наполнителями из экструдированного металлического кальция в сталеплавильном производстве ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» была начата в 2016 г. Для испытаний поступали проволоки от французского и российского производителей двух видов: в стальной оболочке и стальной оболочке с дополнительным термоизоляционным слоем. Использовали проволоки диаметром 10 мм, так как проволоки с наполнителем из экструдированного металлического кальция обладают повышенной жесткостью по сравнению с проволоками с порошковыми наполнителями. Ввод проволок в расплав осуществляли трайб-аппаратами, при необходимости дополнительно их перенастраивая. Первоначальная скорость присадки ограничивалась в диапазоне от 2,5 до 3,0 м/с. Снижение скорости отдачи по сравнению со скоростями, установленными действующей технологией (от 3,0 до 3,5 м/с), было связано с опасениями пироэффекта, выбросов шлака и металла из ковша. Других факторов, снижающих скорость подачи материала (скручивание, перегиб, излом, трещины, раздавливание, раскрытие замка и т. д.), не наблюдалось. При разливке стали случаев затягивания шибера стальной ковша или стаканов и защитных труб промковша не зафиксировано.

К отмеченным достоинствам использования проволоки с наполнителем из экструдированного металлического кальция по сравнению с использованием проволок с наполнителями из силикокальция марок СК30 и СК40 относятся: 1) снижение удельного расхода проволоки; 2) возможность снижения количества присаживаемого кальция, предположительно связанное с улучшением его абсорбции в стали; 3) стабильный удельный вес наполнителя по длине инъекционной проволоки; 4) отсутствие прироста кремния, что особенно актуально при производстве низкокремнистых марок стали.

Единственным выявленным, но существенным недостатком присадки проволоки с металлическим кальцием является наличие пироэффекта, сопровождавшегося выбросами металла и шлака из ковша. Выбросы приводили к налипанию шлака и металла на элементы оборудования, прогару подводящих инертный газ к стальной ковше быстросъемных резиновых шлангов. Следует указать, что пироэффект при использовании проволоки в исполнении с дополнительным термоизоляционным слоем наблюдался в меньшей степени, чем в исполнении только в одной стальной оболочке. Негативные последствия пироэффекта можно минимизировать снижением уровня расплава в стальной ковше, однако это приведет к ухудшению всех производственных и экономических показателей. Попытка минимизировать выбросы шлака и металла из ковша снижением скорости присадки проволоки успехом не увенчалась, так как на скорости ввода от 2,0 до 2,5 м/с существенного уменьшения пироэффекта не наблюдалось, а дальнейшее снижение скорости могло привести к снижению эффективности модифицирования.

Проведенные испытания показали принципиальную возможность использования проволок с экструдированным металлическим кальцием взамен проволок с наполнителями из силикокальция марок СК30 и СК40 в сталеплавильном производстве ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» с целью модифицирования включений на основе оксида алюминия. Окончательную оценку целесообразности такой замены еще предстоит определить в ходе последующей работы.