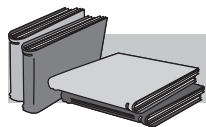


осуществления истечения аргона через пробки не в струйном, а в пузырьковом режиме. Такой блок позволяет осуществлять продувку металла с расходом аргона до 3 м³/т без образования в объеме металла квазистационарных потоков, в том числе, без нарушения сплошности шлакового слоя на поверхности металла [4, 5]. В связи с этим намечено дальнейшее совершенствование продувочных устройств для сталеразливочных ковшей в направлении оптимального расположения пористых пробок в днище ковша и увеличения в них суммарного

количества капилляров.

Таким образом, в промышленных условиях подтверждена целесообразность интенсификации процессов десульфурации стали за счет увеличения до 7,3 л/т•мин расхода аргона на перемешивание расплава. Намечено дальнейшее совершенствование продувочных устройств для сталеразливочных ковшей в направлении оптимального расположения пористых пробок в днище ковша и увеличения в них суммарного количества капилляров.



ЛИТЕРАТУРА

1. Sede1meyer B. Diss. Dokt. Naturwiss. Fak. Phys. Univ. Stuttgart, 1985, 149 s. (РЖМет .1986.7А39.Д).
2. Литвинов В. С. V Всесоюзная конференция, ИМет УНЦ АН СССР, Тез. науч. сообщ., Ч. 2.- Свердловск, 1983.- С. 177-178.
3. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали. М.: Мир, ООО «Изд-во АСТ», 2003, 528 с.
4. Живченко В. С., Олейник Ю. В., Дырул О. М. Рафинирование расплава металла при внепечной обработке. *Металлургическая и горнорудная пром-сть.* - 2002.- № 7.- С. 163-166.
5. Каблуковский А. Ф. и др. Внепечная обработка стали порошковой проволокой.- М.: Metallurgizdat, 2006, 288 с.

УДК 666.762

Б. П. Крикунов, Д. В. Колесников, Н. М. Переворочаев, А. И. Дрейко, Р. А. Аношин, В. А. Романов (Филиал «Металлургический комплекс» ЗАО «Донецксталь – металлургический завод»)

Совершенствование способов фиксации футеровки в корпусе сталеразливочного ковша агрегата «КОВШ-ПЕЧЬ»

За последние десятилетия в мировой практике широкое распространение получил процесс внепечной обработки стали в агрегате «ковш-печь» как общепризнанное средство повышения качественных показателей стали, расширения сортамента и увеличения объемов сталеплавильного производства.

В мартеновском цехе металлургического комплекса ЗАО «Донецксталь-МЗ» в соответствии с «Программой технического перевооружения мартеновского цеха» в 2003 г. построен агрегат «ковш-печь», модернизированы существующая слывовая МНЛЗ и ковшевое хозяйство с освоением новых технологий. До 2012 г. планируется замена мартеновского способа производства стали электросталеплавильным.

Ввод в эксплуатацию агрегата «ковш-печь» вызвал необходимость внесения изменений в конструкцию корпуса сталеразливочных ковшей, изменения схемы футеровки и применения новых огнеупорных материалов. В связи с этим в мартеновском цехе произведен поэтапный перевод всего парка сталеразливочных ковшей на комбинированную схему футеровки с монолитным рабочим слоем стен и днища из плотного корундошпинельного огнеупорного бетона и кирпичным рабочим рядом футеровки шлакового пояса из периклазоуглеродистого кирпича. Комбинированная схема футеровки сталеразливочных ковшей была выбрана на основе анализа существующих технологий и опыта

внедрена технология изготовления и эксплуатации ковшей с использованием анкерного крепления монолитного арматурного слоя и применение для его изготовления саморастекающегося огнеупорного бетона в условиях филиала «Металлургический комплекс» ЗАО «Донецксталь – металлургический завод», что обеспечило повышение стойкости сталеразливочных ковшей и сокращение расхода огнеупоров на 0,8 кг/т стали

металлургических предприятий с учетом особенностей работы мартеновского цеха [1-4].

Одним из важнейших элементов, обеспечивающих стойкость и эксплуатационную надежность футеровки, является система ее фиксации в корпусе сталеразливочного ковша. На большинстве металлургических предприятий для фиксации футеровки в ковшах с обратной конусностью применяется стальной ограничительный пояс на торце корпуса ковша [5-6]. В процессе эксплуатации ковшей стальной ограничительный пояс подвергается тепловому воздействию со стороны электрической дуги при обработке на агрегате «ковш-печь», воздействию шлака при удалении его из ковша после разлива и механическому воздействию со стороны футеровки, имеющей массу около 40 т. В результате ограничительный пояс деформируется и требует частых ремонтов и замены.

Специалистами металлургического комплекса ЗАО «Донецксталь-МЗ» вместо металлического пояса был предложен и принят в качестве базового иной элемент фиксации футеровки, который представляет собой монолитное огнеупорное замковое кольцо. Предвари-

тельно по периметру корпуса ковша по внутренней поверхности на расстоянии 40 и 20 мм от верхней кромки в шахматном порядке привариваются квадратные металлические анкерные брусы со стороной 40-60 мм и длиной 150 мм через каждые 50 мм. Формирование монолитного замкового кольца выполняется способом заливки огнеупорного бетона в зазор между корпусом ковша и верхним рядом кирпичной футеровки шлакового пояса. Верхний рабочий ряд кирпичной футеровки шлакового пояса выполняется из фасонных периклазоуглеродистых изделий форматов 4Р8-3 и 4Р22-3 с размерами 250×187×90 (со срезом изделий в сторону борта ковша). На первом этапе для изготовления монолитного кольца был использован плотный муллитокорундовый огнеупорный бетон, требующий вибрационного уплотнения при помощи погружаемых пневматических вибраторов.

По предложенной схеме фиксации футеровки (рисунок) был изготовлен один ковш и в качестве опытного образца отдан в работу. Вибрационное уплотнение огнеупорного бетона оказалось трудноосуществимым.

В ходе эксплуатации сталеразливочного ковша с монолитным замковым кольцом был выявлен ряд недостатков данного вида фиксации:

- ввиду того, что зазор между корпусом ковша и верхним рядом кирпичной футеровки был недостаточным для полноценного ввода погружаемого пневматического вибратора, требование к укладке плотного огнеупорного бетона не выполнялось, в результате монолитное замковое кольцо имело низкую механическую прочность;

- отмечено, что при выполнении технологических операций по удалению жидкого шлака после разливки, удалению лома огнеупоров и переводе ковша из вертикального положения в горизонтальное происходит повреждение фиксирующего пояса и смещение футеровки по продольной оси;

- установлено, что перемещение футеровки явилось причиной образования зазоров между корпусом ковша и его футеровкой, в которые, в последствии, проникал жидкий металл из ковша. Наблюдался локальный перегрев корпуса ковша, а после удаления футеровки на внутрен-

ней поверхности дна ковша был обнаружен застывший металл.

Таким образом, анализ работы опытного сталеразливочного ковша показал, что способ фиксации футеровки ковша путем создания монолитного замкового кольца является недостаточно надежным.

Для усиления фиксации арматурной футеровки в корпусе ковша специалистами завода был разработан новый способ крепления путем установки анкеров в районе дна и шлакового пояса.

Для обеспечения надежной фиксации футеровки внутренняя поверхность дна корпуса ковша была оснащена металлическими анкерами из жаропрочной нержавеющей стали, что позволило дополнительно зафиксировать монолитный выравнивающий слой, являющийся одновременно и арматурным. Внутренняя поверхность стен ковша в шлаковой зоне была также оснащена такими же металлическими анкерами, как и в днище ковша, которые были приварены по периметру внутренней поверхности корпуса ковша на расстоянии от 300 мм до 1500 мм от верхней кромки корпуса. На 1 м² были приварены 9 анкеров, расположенных под углом 90° друг относительно друга.

При данном типе фиксации было минимизировано воздействие на элемент фиксации футеровки высокой температуры и жидкого высокотемпературного расплава.

Монолитный слой футеровки стен в районе шлакового пояса с анкерным креплением призван удерживать от смещений кирпичную арматурную футеровку стен, расположенную ниже шлакового пояса. Учитывая плотный контакт монолитного рабочего слоя футеровки и кирпичного арматурного ряда футеровки стен, обусловленного наличием выступов в кирпичной арматурной кладке, анкерное крепление призвано зафиксировать и рабочий монолитный слой футеровки.

Изготовление монолитного арматурного слоя футеровки в районе шлакового пояса производили без использования специального металлического шаблона. В качестве шаблона для изготовления монолитной арматурной футеровки шлакового пояса толщиной 80 мм был использован рабочий ряд футеровки из периклазоуглеродистых огнеупорных изделий. На

торцевую часть монолитного рабочего слоя стен поэтапно по 2-3 ряда устанавливались 5 рядов периклазоуглеродистого кирпича форматов 4Р8, 4Р22. При этом между рядами кирпичной футеровки шлакового пояса и корпусом ковша был выдержан зазор 80 мм. Далее за установленную рабочую футеровку из периклазоуглеродистого кирпича был залит огнеупорный бетон, после чего произведена выдержка в течение 12 ч. Верхний ряд выполняли с использованием фасонных периклазоуглеродистых изделий форматов 4Р8-3 и 4Р22-3 с размерами 250×187×90 (со срезом изделий в сторону борта ковша). Изготовление замкового монолитного кольца осуществлялось выше описанным способом.

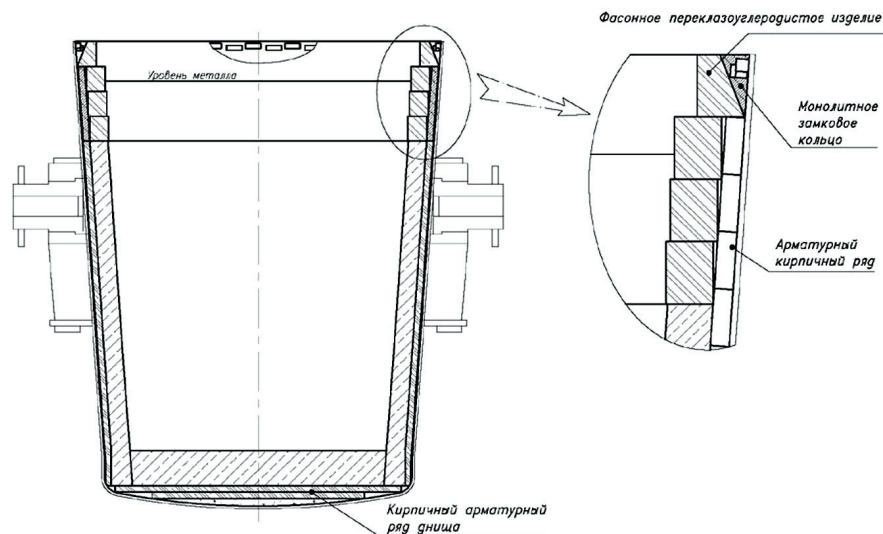


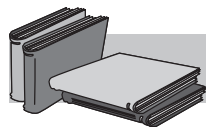
Рис.

Схема футеровки сталеразливочного ковша с арматурным рядом из огнеупорных изделий и монолитным замковым кольцом

Для достижения активного течения низкоцементных и сверхнизкоцементных бетонов, а также хорошего заполнения ими бетонируемого объема необходимо применение вибрации (виброуплотнение). Качество футеровки при этом в значительной степени определяется используемым для укладки бетона оборудованием. При предложенном способе крепления футеровки возникают трудности получения монолитного арматурного слоя толщиной до 80 мм из-за отсутствия практической возможности ввода погружаемого вибратора для его уплотнения при изготовлении. Поэтому для выполнения арматурного слоя футеровки и монолитного замкового кольца, фиксирующего футеровку, необходим саморастекающийся огнеупорный бетон. Этими обстоятельствами обусловлен поиск низкоцементных безвибрационных (литых или саморастекающихся) огнеупорных бетонов. Саморастекающиеся бетоны должны обладать достаточной текучестью под действием собственного веса при влажности 5-8 %, при этом необходимо, чтобы показатели свойств этих бетонов были сопоставимы показателям виброуплотняемых бетонов аналогичного состава [7-10].

По нашему предложению ОАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного» для изготовления монолитного арматурного слоя футеровки сталеразливочных ковшей разработано и испытано в условиях мартеновского цеха металлургического комплекса ЗАО «Донецксталь-МЗ» саморастекающийся бетон марки СМКНЦБС.

Величину растекаемости бетонной смеси характеризовали диаметром круга, образованного массой, которая вытекала после выдержки в течение 10 мин из стандартного конуса без применения вибрации. Образцы (кубы с ребром 40 мм) изготавливали методом заливки в разборные металлические формы. Их выдерживали на воздухе в течение 3-х суток, а затем термообработывали при различных температурах, °С: 110 (2 ч), 1000 (5 ч), 1450 (5 ч). Предел прочности при сжатии образцов определяли в соответствии с ГОСТ 4071.1-94; открытую пористость и кажущуюся плотность – по ГОСТ 2409-95; изменение линейных размеров (усадка или рост) – путем замера до и после термообработки.



ЛИТЕРАТУРА

1. Минц А. Я., Касьян Г. И. Особенности износа футеровки сталеразливочного ковша агрегата «печь-ковш» ЗАО «ММЗ «ИСТИЛ (Украина)» // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2002. – № 10. – С. 141-142.
2. Смирнов А. Н., Минц А. Я., Гиниятуллин Р. В. Исследование характера износа футеровки агрегата ковш-печь в условиях современного минзавода // Электрометаллургия. – 2001. – № 3. – С. 26-35.
3. Аксельрод Л. М., Родгольц Ю. С., Пайвин А. А. и др. Совершенствование футеровки сталеразливочных ковшей в ОАО «Волжский трубный завод» // Новые огнеупоры. – 2003. – № 5. – С. 80-83.
4. Аксельрод Л. М., Бочаров С. В., Савченко С. Г. и др. Опыт применения огнеупорных материалов в футеровке агрегатов ковш-печь. // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2004. – № 7. – С. 45-52.
5. Служба огнеупоров: Справочник / Л. М. Аксельрод и др.; Под ред. И. Д. Кашеева, Е. Е. Грищенко. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002, С. 218-247.
6. Сарычев А. Ф., Носов А. Д., Коротких В. Ф., и др. Освоение технологии внепечной обработки стали на установке «печь-ковш» конвертерного цеха ММК // Совершенствование технологии на ОАО «ММК». – Магнитогорск. – 2001. – Вып. 6. – С. 52-57.
7. Гарсел Д. В., Аксельрод Л. М. Низкоцементные огнеупорные бетоны: материал и опыт применения // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2001. – № 1. – С. 67-72.
8. Аксельрод Л. М. Огнеупорные бетоны нового поколения в производстве чугуна и стали // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 8. – С. 35-41.
9. Пивинский Ю. Е. Новые огнеупорные бетоны и вяжущие системы — основополагающее направление в разработке, производстве и применении огнеупоров в XXI веке. Ч. III. Шпинельные и литые (саморастекающиеся) бетоны // Огнеупоры и техническая керамика. – 1998. – № 4. – С. 12-18.
10. Исследования по разработке составов высокоглиноземистых огнеупорных низкоцементных бетонов с преобладающим использованием отечественного сырья / В. В. Примаченко, В. В. Мартыненко, Л. А. Бабкина и др. // Сборник ОАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного». – Харьков: Каравелла. – 2002. – № 102. – С. 70-76.

На втором этапе после внесения изменений в конструкцию ковша – введения анкерного крепления и изменения состава огнеупорного бетона был изготовлен и испытан опытный сталеразливочный ковш. В ходе эксплуатации сталеразливочного ковша с анкерным креплением арматурного слоя футеровки днища и шлакового пояса проходов жидкого металла к корпусу ковша не выявлено, что явилось подтверждением предположения о наличии смещений футеровки относительно продольной оси корпуса сталеразливочного ковша.

Результаты усовершенствования и испытаний конструкции ковша с анкерным креплением арматурного слоя дало основание для внедрения данного мероприятия на всех сталеразливочных ковшах начиная с 2005 г. Внедрение ковшей с использованием анкерного крепления монолитного арматурного слоя сталеразливочных ковшей и применением для изготовления арматурного слоя саморастекающегося огнеупорного бетона обеспечило повышение стойкости сталеразливочных ковшей в среднем на 8-12 плавов, сокращение расхода огнеупоров на 0,8 кг/т стали.

Выводы

В условиях сталеплавильного цеха филиала «Металлургический комплекс» ЗАО «Донецксталь-металлургический завод» разработан новый способ фиксации арматурной футеровки в корпусе сталеразливочного ковша. В днище и шлаковом поясе ковша в определенном порядке устанавливаются анкера из жаропрочной стали. Отработана технология применения отечественного муллитокорундового низкоцементного саморастекающегося бетона в малодоступных для вибрации местах, что позволило исключить возникновение аварийных ситуаций при эксплуатации сталеразливочных ковшей. Внедрение технологии изготовления и эксплуатации ковшей с использованием анкерного крепления монолитного арматурного слоя и применением для его изготовления саморастекающегося огнеупорного бетона обеспечило повышение стойкости сталеразливочных ковшей в среднем на 8-12 плавов, сокращение расхода огнеупоров на 0,8 кг/т стали.