



УДК 621.74

Поступила 16.10.2017

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОВОДКИ И РАЗЛИВКИ СТАЛИ И СПЛАВОВ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В. И. ЗОЛОТУХИН, А. Г. ГОЛОВКО, Е. И. ГОРДЕЕВ, Д. А. ПРОВОТОРОВ, НПП «Вулкан-ТМ», г. Тула, Россия, Алексинское шоссе, 34. E-mail: viz101@bk.ru

В статье рассматриваются вопросы комплексной технологии и оборудования доводки и разливки стали и сплавов в литейной промышленности. Даны решения, позволяющие гарантированно снизить неметаллические включения в расплаве, а также решить ряд других сопутствующих проблем литейного производства, таких, как внедрение системы донной продувки расплава инертным газом; внедрение защиты струи металла от вторичного окисления; футеровки свода дуговой электропечи и т. д.

Показаны различные виды изделий и оборудования производства НПП «Вулкан-ТМ»: продувочных донных пробок и узлов, стаканы-дозаторы, устройство газодинамической защиты струи металла от вторичного окисления, двухручьевой трайб-аппарат мод. ТАП 2-1 с бунторазматывающим устройством.

Описаны преимущества оборудования для сталеразливки и внепечной обработки стали.

Ключевые слова. *Огнеупоры, сталеразливочный ковш, внепечная обработка, рафинирование расплавов, неметаллические включения, донная продувка расплава, трайб-аппарат, устройство газодинамической защиты металла.*

MODERN EQUIPMENT FOR REFINING AND CASTING OF STEEL AND ALLOYS IN FOUNDRY PRODUCTION

V. I. ZOLOTUKHIN, A. G. GOLOVKO, E. I. GORDEEV, D. A. PROVOTOROV, SPE «Vulkan-TM», Tula City, Russia, 34, Alexinsky highway. E-mail: viz101@bk.ru

The article deals with the issues of complex technology and equipment for refining and casting steel and alloys in the foundry industry. Solutions are given that make it possible to guarantee a reduction in nonmetallic inclusions in the melt, as well as to solve a number of other related problems of foundry production, such as the introduction of a bottom blowing melt system with an inert gas; the introduction of protection of the metal stream from secondary oxidation; lining the arch of an electric arc furnace, etc.

Various types of products and equipment produced by NPP Vulkan-TM are shown: blowing bottom plugs and assemblies, metering nozzles, gas-dynamic protection of the metal stream from secondary oxidation, two-arm wire-feeding machine mod. TAP 2-1 with unwinding device.

Advantages of the equipment for steel casting and extra-furnace steel processing are described.

Keywords. *Refractory products, steel ladle, extra-furnace steel processing, melt refining, non-metallic inclusion ions, bottom blowing melt system, wire-feeding machine, gas-dynamic protection device of the metal.*

На современном этапе развития отечественных сталелитейных производств сохраняется тенденция расширения возможностей способов внепечной обработки за счет инновационных процессов в создании огнеупорных и вспомогательных материалов, в частности, благодаря серьезному прогрессу в области производства огнеупоров повышенной стойкости (футеровка сталеразливочного ковша, продувочные пробки и т. п.).

Комплексное решение задач по совершенствованию методов внепечной обработки и рафинирования расплавов на протяжении последнего десятилетия доказало наибольшую эффективность по сравнению с поэтапной модернизацией отдельных единиц технологического оборудования. На протяжении длительного времени стремительное появление на рынке и внедрение донных продувочных фурм различных модификаций и производителей не способно было в полной мере реализовать требуемый уровень качества внепечной обработки, так как существующее оборудование по подаче порошковой проволоки в ковш не позволяло обеспечить скоростные режимы и точность дозирования проволоки.

Расширение спектра операций по легированию, рафинированию и модифицированию металла для выпуска высококачественной продукции повлекло за собой острую необходимость в увеличении стой-

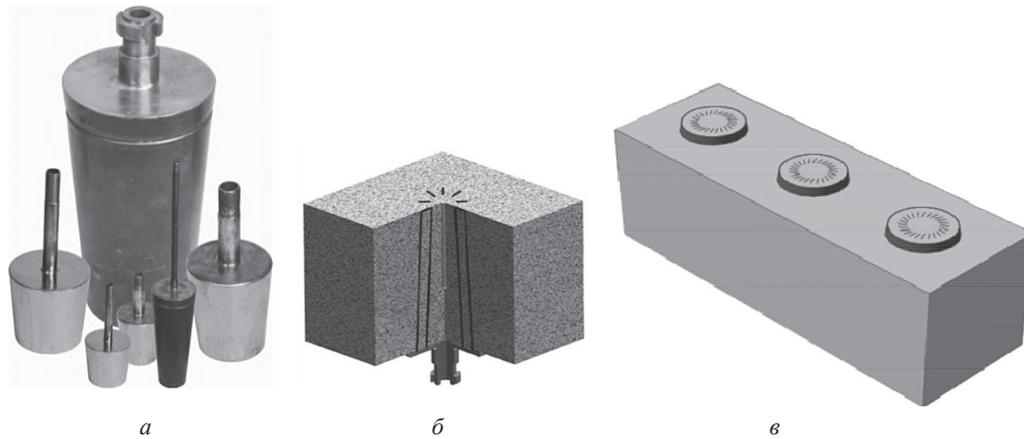


Рис. 1. Оборудование для донной продувки производства НПП «Вулкан-ТМ»: *а* – продувочные донные пробки; *б* – монолитный узел; *в* – мультипродувочный блок

кости футеровки, а следовательно, и сменных огнеупорных частей стопоров. Если задачу повышения стойкости футеровки можно было решить путем подбора различных вариантов футеровок, то повышение эксплуатационных характеристик элементов стопора практически всегда склоняло к покупке комплектов за рубежом, по завышенной стоимости, либо к переходу на шиберную разливку металла, что не всегда осуществимо (малый тоннаж ковшей, особенные требования к условиям разливки и т. п.).

Продукция НПП «Вулкан-ТМ» широко известна в литейной отрасли промышленности. В рамках комплексного решения задач повышения эффективности методов внепечной обработки и разливки стали предприятие реализовало качественный скачок как за счет совершенствования методов изготовления формованных и неформованных огнеупоров, так и за счет одновременного расширения возможностей технологического оборудования для доводки и разливки стали.

В настоящее время в литейном производстве все чаще возникает необходимость получения качественных отливок с минимальным содержанием неметаллических включений, а следовательно, снижение процента существующего брака. «Вулкан-ТМ» предлагает комплексное решение существующей проблемы, позволяющее гарантированно снизить такие включения, а также решить ряд других сопутствующих проблем: внедрение системы донной продувки расплава инертным газом; внедрение защиты струи металла от вторичного окисления при заливке металла в форму; проектирование, изготовление и поставка монолитной (бетонной) футеровки свода дуговой электропечи; проектирование и поставка оборудования для замены шамотной футеровки ковша на корундовую либо поставка готовой корундовой футеровки; нанесение защитного слоя на шамотные изделия сифонного припаса; защита стержня или формы от струи металла керамической вставкой.

Подтверждением востребованности продукции НПП «Вулкан-ТМ» служит значительная численность предприятий-заказчиков, среди которых более 40 литейных заводов, а также машиностроительных предприятий, имеющих собственные литейные цеха.

В настоящее время НПП «Вулкан-ТМ» разработано более 20 моделей продувочных пробок и узлов, используемых на литейных ковшах различной емкости (рис. 1). Продувочные пробки и узлы «Вулкан-ТМ» успешно работают более чем на 25 предприятиях РФ и дальнего зарубежья.

Приоритетным показателем эффективности таких изделий для литейных производств является соответствие стойкости продувочной пробки (узла) стойкости шамотной футеровки ковша.

В результате эксплуатации изделий получены положительные цифровые характеристики, среди которых следующие:

- отливки, обработанные инертным газом с помощью продувочных узлов, показали, что достижение механических свойств на ударную вязкость повысилось на 30% (ОАО «Металлист», г. Качканар);
- обработка металла аргоном показала снижение неметаллических включений (на примере стали марки 42ХНМ) – оксиды, силикаты, нитриды в среднем в 2 раза (ОАО «Металлургический завод «Электросталь»).

Важно отметить, что расплавы, предназначенные для отливок железнодорожного литья, должны быть подвержены обязательной продувке инертным газом. Данное требование отражено в специальном ГОСТ 4491-2016. В настоящее время все отечественные заводы железнодорожного литья обеспечены системами аргоновой продувки металлов производства «Вулкан-ТМ».

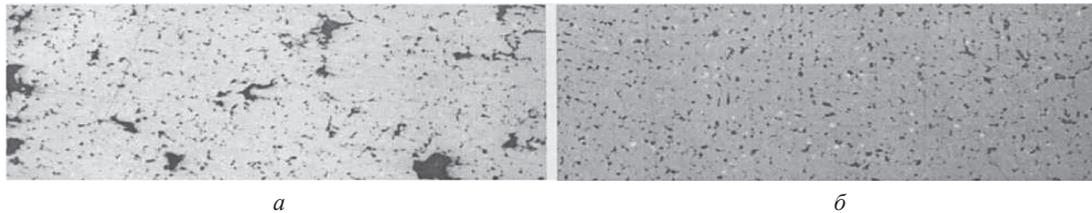


Рис. 2. Микроструктура проб плавки: *а* – без продувки аргоном; *б* – время продувки аргоном 5 мин



Рис. 3. Комбинированная донная продувочная пробка



Рис. 4. Стаканы-дозаторы стопорных ковшей

В 2015 г. на одном из отечественных машиностроительных предприятий были проведены опытно-промышленные испытания по внедрению технологии донной продувки аргоном цветных сплавов (бронзы) на печах марки ИЛТ. Микроструктурный анализ полученных проб плавки показан на рис. 2.

В образцах, полученных после продувки, отсутствует пористость, кроме того, произошло измельчение структурных составляющих. Отмечено положительное влияние продувки бронзы на ее механические свойства. Таким образом, результаты исследования на загазованность до и после продувки аргоном показали положительный эффект продувки.

Технология продувки позволяет снизить издержки на производство стальных и цветных сплавов и рекомендуется к использованию в условиях литейных цехов.

К числу новых разработок в области продувки расплава инертным газом относится мультипродувочный блок, состоящий сразу из трех продувочных узлов. В 2016 г. блок прошел успешные испытания на предприятии ОАО «Тяжпрессмаш» на 30-тонных ковшах. Совмещение нескольких узлов в одном блоке показало высокую эффективность перемешивания расплава в сочетании с экономической выгодой по сравнению с использованием нескольких отдельно устанавливаемых блоков.

К новейшим разработкам НПП «Вулкан-ТМ» в производстве огнеупоров относятся комбинированные донные продувочные пробки, имеющие традиционные радиальные продувочные щели и новый элемент – керамические трубки с продольными отверстиями диаметром не более 0,1 мм (рис. 3). Количество трубок и отверстий в них зависит от размеров продувочной пробки. Комбинированная пробка имеет отдельный подвод газа к радиальным щелям и керамическим трубкам.

Преимуществами использования комбинированных продувочных пробок являются обеспечение более дисперсных пузырьков газа и гарантированной продувки расплава через отверстия в трубках в случае заметалливания радиальных щелей; снижение риска заметалливания радиальных щелей за счет более интенсивного образования пузырьков вблизи рабочей поверхности продувочной пробки.

В 2016 г. НПП «Вулкан-ТМ» было освоено производство разливочных стаканов для стопорных ковшей (рис. 4). Стаканы, полностью изготовленные из шпинельного бетона, зарекомендовали себя наилучшим образом. Поверхность стакана-дозатора, контактирующая со стопорной пробкой, выполняется полностью без раковин за счет использования инновационной технологии изготовления с применением полиуретановых оснасток, обеспечивающих высокое качество рабочих поверхностей виброформованных огнеупорных изделий. На предприятиях, где проходили испытания опытных партий, отмечены минимальная адгезия металла и отсутствие необходимости притирки стакана и стопорной пробки.

Наряду с разработкой шпинельных стаканов для предприятий, использующих стопорную разливку металла, НПП «Вулкан-ТМ» разработана линейка основных типоразмеров стопорных пробок из анало-

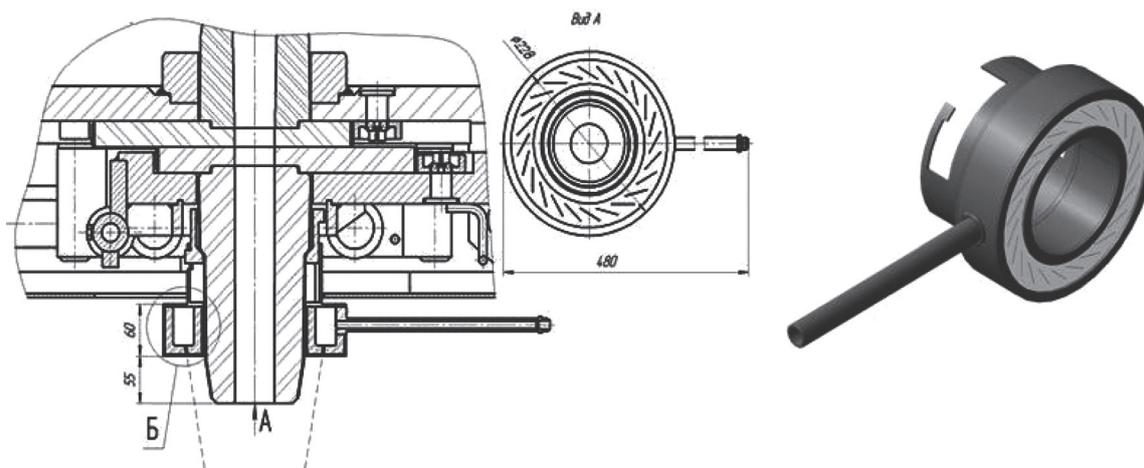


Рис. 5. Устройство газодинамической защиты струи металла от вторичного окисления

гичного шпинельного бетона, обеспечивающих узлу «стопорная пробка – стакан» повышенную стойкость, герметичность соединения и сниженную адгезию.

Результатом развития производства современных систем для разливки стали и сплавов является создание унифицированных шиберных затворов серии ВТ для литейных ковшей.

Сложившаяся вначале основания фирмы идея создания шиберных затворов в качестве альтернативы существующим стопорам в последнее время была качественным образом переосмыслена, принимая во внимание не сокращающееся число факторов, ограничивающих использование данного оборудования на мини-металлургических и литейных предприятиях. Это, в свою очередь, привело к освоению производства огнеупоров для стопорных систем качественно нового уровня, тем самым, представив возможность использования огнеупорных комплектующих отечественного производства в качестве альтернативных не только на смену устаревшим, но и не уступающих по качеству импортным.

Конструкция затворов обеспечивает возможность использования огнеупорных комплектов различных типоразмеров и поставщиков, в том числе вновь появляющихся на рынке, без замены самого затвора. Это позволяет потребителю выбрать оптимальный комплектующий огнеупорный припас и, тем самым, сократить затраты на разливку. Оборудование в полной мере удовлетворяет потребностям современного литейного производства по соотношению «цена-качество» и условиям импортозамещения.

Среди новейших разработок в производстве неформованных огнеупоров следует отметить улучшенный вариант огнеупорной пасты (мертеля) марки ПО-Ш85Ф, дополнившей линейку высокотемпературных мертелей для вклейки шиберной керамики. В ходе успешных испытаний опытной партии мертеля марки ПО-Ш85Ф отмечена улучшенная консистенция мертеля, исключая подтеки и оползания, а также повышенная скорость его затвердевания. Кроме того, особенностью мертеля, выгодно отличающей его от других марок, является то, что он не требует обязательной сушки. Также потребителями отмечено, что мертель марки ПО-Ш85Ф по своим эксплуатационным характеристикам сопоставим с мертелями европейских производителей.

Разработанное НПП «Вулкан-ТМ» альтернативное устройство газодинамической защиты струи металла от вторичного окисления (рис. 5) имеет широкие технические возможности, в том числе адаптированность под сифонную разливку металла. Стойкость системы защиты составляет до семи плавов.

За счет возможности многократного использования газодинамическая защита является более предпочтительным вариантом по сравнению с использованием защитных труб и эластичных вставок – доля затрат на тонну разливаемого металла меньше на 30–40%. На предприятии ООО «МЗ «Камасталь» внедрена и штатно используется СЗВО производства «Вулкан-ТМ» при разливке особо ответственных сталей экспортного назначения. При этом выявлено, что применение системы позволило снизить затраты на переточку поковок в 1,3 раза, замечания по УЗК – в 1,4 раза; брак по УЗК – в 2,3 раза и дефектность по классу В/в – в 1,3 раза.

В настоящее время «Вулкан-ТМ» разработано несколько видов футеровок для литейных ковшей от 0,5 до 4 т. Предлагаемые массы для футеровок – набивные, тиксотропные, наливные. Также для ковшей малой емкости предлагается формованная футеровка – либо тигли (монолитная), либо отдельные составные части (формованные кольца).

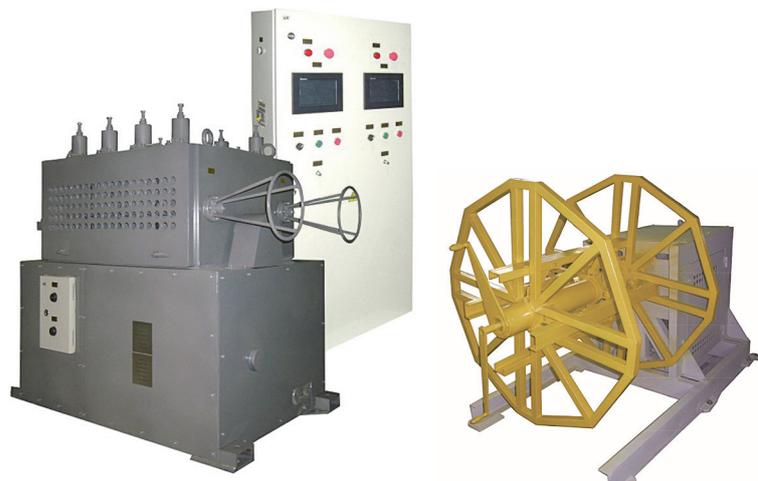


Рис. 6. Двухручьевой трайб-аппарат мод. ТАП 2–1 с бунторазматывающим устройством

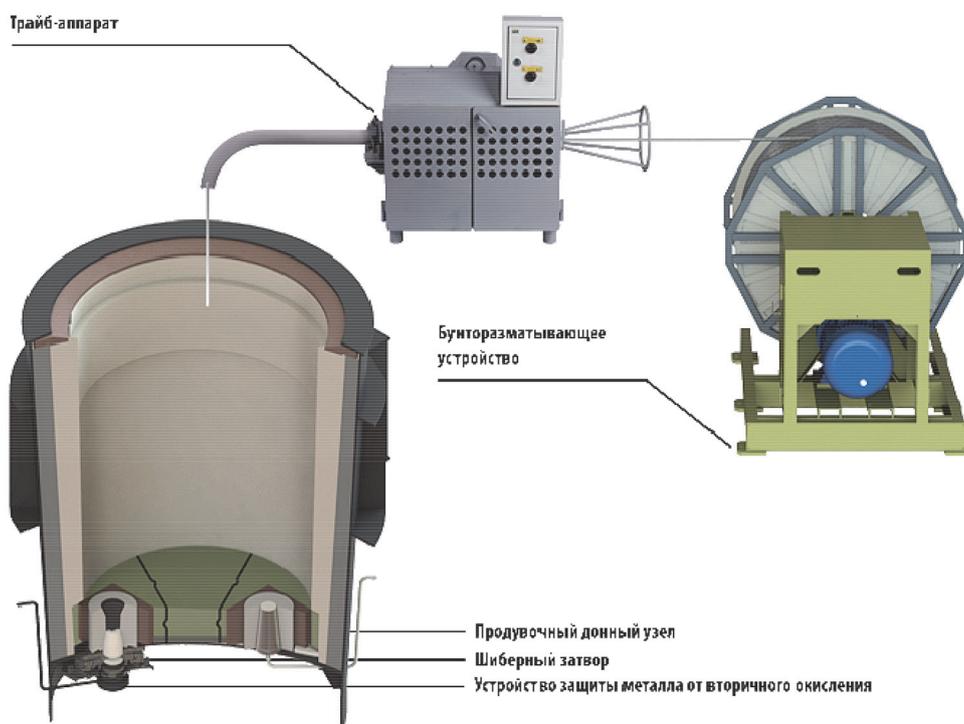


Рис. 7. Технологический комплекс оборудования доводки и разливки стали и сплавов в литейной промышленности

Предлагаемая огнеупорная футеровка прошла успешные испытания в реальных производственных условиях. Так, на Тихвинском вагоностроительном заводе была проведена заливка разливочного ковша огнеупорным бетоном марки VulCAST91. Официальное заключение, полученное после испытаний опытно-промышленной партии, указывает, что бетон отработал необходимое количество плавов, показав хорошие эксплуатационные свойства.

Расширение технологических возможностей серийно выпускаемых трайб-аппаратов серии ТАП для подачи порошковой проволоки в ковш позволило пересмотреть определяющую роль донной продувки в процессе равномерного распределения легирующих компонентов по всему объему ковша. Главной отличительной особенностью трайб-аппаратов НПП «Вулкан-ТМ» (рис. 6) является то, что они имеют организованную систему приема проволоки и устройство, синхронизирующее размотку бунта (бунторазматывающее устройство) с циклами работы трайб-аппарата.

Бунторазматывающее устройство – новая и уникальная разработка на российском рынке и в настоящее время не имеет аналогов. При использовании различных режимов подачи проволоки с каждого ручья устанавливаются независимые бунторазматывающие устройства, которые могут размещаться на разных технологических уровнях, что является существенным преимуществом их использования на участках с ограниченной площадью.

Трайб-аппараты поставлены на 13 промышленных предприятий РФ и дальнего зарубежья, среди которых ОАО «НПК «Уралвагонзавод», ОАО «Тяжпрессмаш», ОАО «ПО «Бежицкая сталь», ОАО «БЕЛАЗ» (Беларусь), ТОО «KSP Steel» (Казахстан), «Гватемала де Никель» (Гватемала) и др.

Рассмотренный комплекс оборудования для сталеразливки и внепечной обработки стали (рис. 7) является актуальным решением в деле повышения эксплуатационных характеристик конечного продукта и эффективности производств, так как обеспечивает модернизацию литейных производств на основе современных конкурентоспособных технологий; внедрение инноваций с целью получения высококачественных сталей с совокупно-заданными свойствами; уменьшение импортозависимости отечественных предприятий от зарубежных поставщиков.

В рыночных условиях роста цен комплекс оборудования НПП «Вулкан-ТМ», изготовленный на основе инновационных технологий, позволит сократить затраты в пересчете на 1 т разливаемого металла, не потеряв при этом в качестве. Данное оборудование, способное к обеспечению универсальности и гибкости в адаптации к различным производственным условиям, позволяет учитывать интересы литейных предприятий и того сегмента заводов, которые имеют уникальные технологические особенности, требующие нестандартного подхода к производству комплектующих и оригинального оборудования.