

Компания «Шибер», Москва, Россия

УДК 669.18.046.518:621.746.328-33

РАЗРАБОТКА ШИБЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАЗЛИВКИ МЕЛКИХ СЛИТКОВ И ФАСОННОГО ЛИТЬЯ

Рассмотрена технология внедрения шиберных затворов в литейном производстве и описано оборудование для разлива металла в мелкие слитки и формы.

Ключевые слова: шиберный затвор, разлива металла в слитки, шиберная плита, ковшевой стакан, стакан-коллектор, гнездовой блок, гидравлическая станция.

В черной металлургии внедрение шиберных систем было произведено в 1974–1985 гг. Были созданы отечественные шиберные затворы и огнеупорные изделия для разливочных узлов сталеразливочных ковшей вместимостью 90–350 т. В мировой практике 100 % металла разливают с помощью шиберных затворов. Шиберная разлива успешно развивается и за последние 20 лет в мире были разработаны три поколения шиберных систем [1]. Внедрение шиберных затворов для ковшей вместимостью 10–50 т в России длительное время не осуществлялось из-за отсутствия в тот период необходимого класса шиберных затворов и огнеупоров. Первый современный шиберный затвор для ковшей малой вместимости в России был разработан компанией «Шибер» и внедрен на московском металлургическом заводе «Серп и молот» в 2002 г. Шиберный затвор конструкции РУС-40 был внедрен на ковше вместимостью 10 т [2]. Предприятие окупало свои затраты за 3 мес и обеспечивало 100 %-ную разлива металла на МНЛЗ с 3–4-кратным использованием огнеупоров разливочного узла. Далее затвор конструкции РУС-40М был внедрен на МНЛЗ металлургического завода «Стаск» (г. Красный Сулин), на Оскольском заводе металлургического машиностроения (разлива в слитки) и на других предприятиях. В конце 2011 г. шиберная система РУС-40М была внедрена в ОАО «Русполмет» на 6-т ковше. Благодаря внедрению современных разработок в области огнеупоров и конструкции затворов на предприятии была достигнута максимальная стойкость огнеупоров шиберного узла в России (9 плавов через один комплект огнеупоров). Современные шиберные системы обладают рядом преимуществ по сравнению со стопорными узлами:

1. Возможность повышения качества отливок, в особенности ответственного ассортимента (обеспечение потребностей ОАО РЖД, предприятий энергетики и др.).

2. Возможность внедрения современных технологий и создания современного ассортимента продукции.

3. Снижение потерь металла в несколько раз.

4. Безопасность и удобство обслуживания.

5. Многократное использование огнеупоров разливочного узла.

В настоящее время 100 % литейных предприятий производят разлива металла через стопорные устройства, состоящие из штыря с наборными стопорами и с пробкой, которая закрывает отверстие разливочного стакана в футеровке дна [3]. Такой способ разлива металла применяется уже более 100 лет и морально устарел из-за следующих недостатков:

— стопорное устройство, состоящее из катушек шамотного состава, находится внутри расплавленного металла. Кроме засорения металла силикатными включениями при длительной разливе происходит разъедание швов и создаются аварийные ситуации при разливе металла. Особенно ненадежный элемент узла — головная часть пробки, в конструкции которой уже заложены внутренние трещины, приводящие к аварийной ситуации;

— в связи с отсутствием в России высокопластичных глин, используемых для производства пробок, резко снизилось их качество. Многие огнеупорные предприятия прекратили производство пробок из-за убыточности продукции;

— стопорная система ограничивает возможность применения достижений технического прогресса в использовании современных металлургических процессов для литейной промышленности. Не внедряются:

• установки печь-ковш, позволяющие экономить ферросплавы и электроэнергию;

• основные футеровки, снижающие количество неметаллических включений в 8–10 раз;

• продувка инертными газами, позволяющая, в частности, повысить качество и улучшить структуру отливок.

Отдельные предприятия пытались использовать отдельные элементы современной технологии разливки. ФГУП «Уралвагонзавод» приобрело установку печь-ковш и пыталось обработанный в установке качественный металл переливать в стопорный ковш и с помощью стопора разливать его в слитки. Требуемое качество металла достигнуто не было и затраты предприятия на приобретение дорогостоящего оборудования не окупились.

В последние годы по просьбе литейных предприятий предпринимались попытки отдельных отечественных организаций внедрения шибберных систем для разливки фасонного литья. Например, НПП «Вулкан» пыталось перенять принципы типовой шибберной разливки крупных предприятий черной металлургии у отдельных литейных предприятий («Промлит», Чебоксары, и др.). Внедрение шибберных затворов без учета знания специфики разливки литья в мелкие слитки и формы не удалось. Желаемые результаты выдавались за действительные, а неудачные попытки внедрения создали определенное негативное отношение у большинства специалистов литейного производства к решению этой проблемы.

Этап № 1. Проведение опытных разливок на ФГУП «Уралвагонзавод»

Компания «Шиббер», являющаяся одной из ведущих в России в области внедрения шибберной разливки, по просьбе ФГУП «Уралвагонзавод», которое проводило реконструкцию литейного производства с установкой импортной линии ХТС, заключила в 2008 г. договор на разработку огнеупоров и оборудования для разливки мелких слитков и фасонного литья с помощью шибберных систем. В договоре были определены жесткие критерии технологии (количество перекрытий плит не менее 100 раз и др.). На основании договора была составлена совместная программа проводимых исследований. Специалисты отдела главного металлурга (Н. П. Нурдаветов и другие) провели необходимые консультации специалистов компании «Шиббер» по специфике разливки металла для железнодорожного транспорта (температурные режимы разливки, условия кристаллизации слитка и др.). Это позволило уже на стадии разработки исключить часть предлагаемых компанией «Шиббер» идей, которые серийно используются в черной металлургии, но не удовлетворяют существующим требованиям литейного произ-

водства, и из программы работ были исключены многие предложенные нами идеи:

— возможность повышения температуры выпускаемого из печи металла для снижения эффекта замерзания металла в разливочном канале шибберного затвора;

— организация разливки жидкой стали из ковша в формы с частичным перекрытием струи расплавленного металла (подтеком).

В процессе совместных работ компания «Шиббер» изменила форму и типоразмеры серийно применяемых на большинстве металлургических предприятий огнеупоров и разработала специальный комплект огнеупоров для разливки мелких слитков. В огнеупорах была предусмотрена возможность подачи газовой смеси в разливочный канал, что, по нашему мнению, должно способствовать предотвращению замерзания металла внутри канала.

При выполнении условий договора впервые в России были проведены две успешные разливки металла из 30-т ковша в литейные формы. В процессе испытаний из металла марки 20ГЛ, обработанного на АКП-30, были произведены отливки основных деталей для РЖД (рама боковая, балка надрессорная, корпус автосцепки, букса и др.). Отдельные параметры технологии и состав металла марки 20ГЛ приведены ниже:

Содержание, %:	
углерод	0,19–0,21
сера и фосфор, не более	0,02
марганец	1,25–1,35
кремний	0,3–0,35
хром и никель, не более	0,3
алюминий	0,025–0,05
титан	0,01–0,03
ванадий	0,01–0,06
кальций, не более	0,01
Содержание FeO в конечном шлаке, %	
не более	1
Удельный расход электроэнергии на внепечную обработку стали, кВт/т	40–60
Длительность обработки, мин	40–50
Температура металла в конце его обработки, °C	1570–1590

По окончании работ был проведен сравнительный анализ слитков по количеству и видам дефектов при разливке металла (серийных и опытный ковш). Замечаний по дефектам слитков, механической прочности, микроструктуре и другим показателям в адрес компании «Шиббер» не поступило. Были отмечены особенность формирования плотной компактной струи и снижение дефектов внутренней структуры.

При проведении опытных плавок по инициативе цехового персонала были созданы жест-

кие условия эксплуатации. Компания «Шибер» предложила схему установки литейных форм, в которой для снижения эффекта затвердевания металла в разливочном канале шиберного затвора и сокращения времени переезда ковша от одной формы к другой предполагалось последовательное расположение литейных форм на одной линии. Однако изменение расположения форм в условиях оборонного предприятия требовало длительных согласований, и поэтому литейный ковш перемещали по территории литейного участка в соответствии с традиционной схемой разлива. В результате этого вместо ожидаемого времени перемещения ковша от формы к форме в течение 30–45 с фактическое время переезда составило около 3 мин. Количество перекрытий шиберного затвора с учетом так называемой «подкачки» производилось более 65 раз. Несмотря на жесткие условия испытания была показана реальная возможность перспективы внедрения шиберных затворов при разливе металла в литейном производстве. Испытания показали, что для обеспечения разлива в условиях 30-т ковша ФГУП «Уралвагонзавод» требуется замена затвора конструкции РУС-40М на более мощный (РУС-60).

Этап № 2. Разработка специализированного для литейного производства шиберного оборудования и проведение исследовательских работ, направленных на создание элементов технологии разлива металла в литейные формы

Наступивший в 2009 г. кризис экономики не позволил обеспечить достаточное финансирование исследовательских разработок в области внедрения шиберных систем для литейного производства как со стороны основного заказчика (ФГУП «Уралвагонзавод»), так и в компании «Шибер». Однако, учитывая важность развития шиберной разлива, компания «Шибер»

самостоятельно продолжила финансирование отдельных наиболее важных направлений. За период 2009–2011 гг. было обеспечено развитие следующих направлений развития шиберных систем.

Доработка конструкции шиберных затворов РУС-40М (РУС-60) для учета специфики разлива в условиях литейного производства.

Разработанные компанией «Шибер» затворы РУС-40М (РУС-60), которые успешно используются в черной металлургии, потребовали изменения конструкции отдельных элементов. Потребовались усиление узла сжатия шиберных плит и повышение надежности элементов затвора, работающих в условиях интенсивного нагрева.

При разливе металла в формы возникает большой тепловой поток от зеркала разливаемого металла, который влияет на упругие свойства применяемых в шиберном затворе пружинных элементов. Интенсивность теплового поля зависит от расстояния между затвором и разливочной воронкой. Для снижения интенсивности нагрева разработан экран с защитным покрытием и созданы тарельчатые пружины с высокой стойкостью при больших температурах. Предусмотрены варианты эксплуатации затвора без подачи воздуха для охлаждения корпуса затвора и пружинных элементов. Разработанная конструкция затвора показана на рис. 1.

Совершенствование гидравлической системы. В процессе разлива металла на ФГУП «Уралвагонзавод» были определены претензии к системе гидропривода, состоящего из гидравлической станции РУС ГО-01, рукавов высокого давления и гидроцилиндров:

— рукава высокого давления (РВД) в зоне разлива металла с целью защиты от теплового излучения были частично покрыты шнуровым асбестом. Предложенный материал не выдерживал возникающих нагрузок и приводил к преждевременному выходу из строя РВД;

— для гидравлических цилиндров требовались повышение температурного интервала при службе, а также создание дополнительной защиты от излучения (рис. 2);

— предложенная гидравлическая станция обеспечивала скорость открытия и закрытия шиберного затвора в течение 12–15 с. При транспортировании ковша длительность перевозки составляла до 3 мин и при длительной разливе происходило застывание металла в разливочном канале.

Для устранения этих недостатков были предложены следующие технические решения:

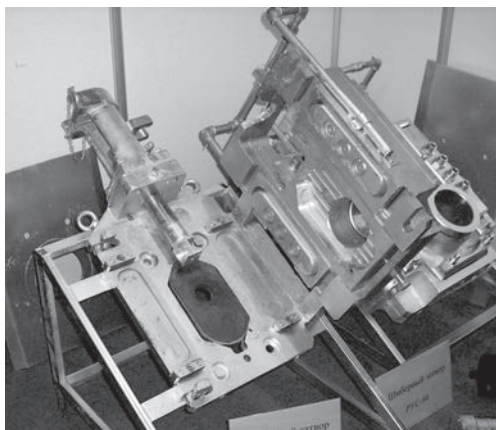


Рис. 1. Шиберный затвор РУС-40-ФЛ-ПГ

— для комплектации гидравлических станций были применены импортные рукава высокого давления (до 150 ат) в специальной теплозащитной оплетке, обеспечивающей надежную работу до 1200 °С (рис. 3). Рукава снабжены необходимыми штуцерами и быстроразъемными соединениями, что позволяет в критических ситуациях осуществить быструю замену;

— разработана документация и организовано производство модернизированной гидравлической станции РУС-ГТ-ФЛ-ПГ, которая учитывает специфику разлива мелких слитков и фасонного литья. Гидравлическая станция обеспечивает уменьшение времени перекрытия затвора в 3–5 раз и способствует снижению эффекта замерзания металла в разливочном канале (рис. 4). Большое внимание было уделено безопасности работы гидравлической системы шибрных затворов в условиях литейного производства. Поставляемые гидравлические станции комплектуются отечественными негорючими жидкостями, использование которых исключает возгорание в процессе эксплуатации. С учетом влияния климатических условий предлагаются несколько модификаций гидравлических станций:

- зимнее исполнение, которое обеспечивает надежную эксплуатацию в зимнее время благодаря дополнительной установке специального нагревателя гидравлической жидкости;

- летнее исполнение, в котором обеспечивается охлаждение гидравлической жидкости с помощью специального вентилятора;

- стационарный и переносной варианты исполнения. Гидравлическая станция комплектуется электрошкафом и пультом управления и может устанавливаться в любом месте цеха. Предусмотрен также вариант малогабаритной станции, которая может устанавливаться на кране для перевозки ковшей с расплавленным металлом.

Разработка огнеупорных изделий разливочного узла для обеспечения разлива мелких слитков и фасонного литья. Несмотря на то что в процессе испытаний замечаний к вещественному составу огнеупоров не было, потребовалось устранение отдельных замечаний, главным из которых был обнаруженный эффект «замерзания» металла в разливочном канале в момент перекрытия затвора и в процессе перемещения ковша от формы к форме. Было проверено несколько технических решений, связанных с изменением конструкции огнеупорных элементов разливочного узла с использованием менее теплопроводных материалов и внедрения дополнительной совре-

менной теплоизоляции. Частичному снижению «замерзания» способствовало увеличение диаметра разливочного канала в верхней части



Рис. 2. Малогабаритные гидравлические цилиндры для шибрных затворов



Рис. 3. Рукав высокого давления в защитной оплетке

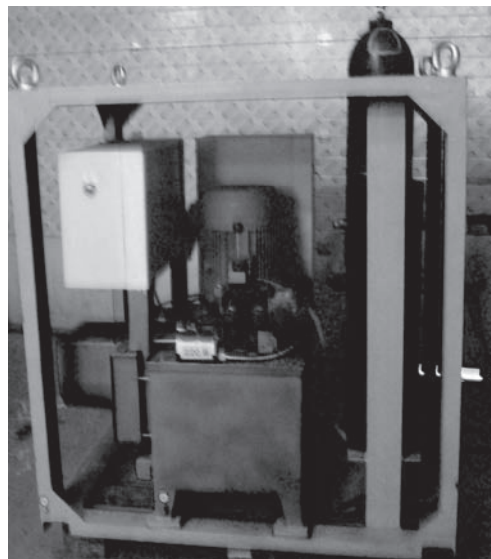


Рис. 4. Гидравлическая станция РУС-ГТ-ФЛ-ПГ для литейного производства

разливочного узла. Определены оптимальные диаметры и длина ковшевого стакана и стакана-коллектора. Огнеупорные изделия для ши-

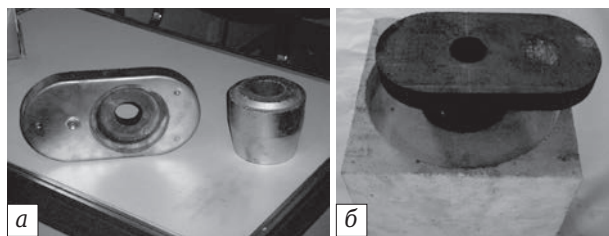


Рис. 5. Шиберная плита с подводом газовой смеси и ковшевой стакан (а), гнездовой блок с плитой и стаканом (б)

берного узла (рис. 5) соответствуют мировому уровню и изготовлены из современных материалов (корундоцирконографит и др.).

Дополнительно были проведены научно-исследовательские работы по снижению потерь тепла через огнеупоры шиберного узла и применены новые теплоизоляционные материалы с температурой службы до 1400 °С. Эти материалы способствуют снижению эффекта замерзания металла в разливочном канале шиберного затвора.

Разработка нового узла шиберной системы «Устройство подогрева металла в разливочном узле». Ранее этот узел не входил в состав шиберной системы, и его наличие является основным условием для обеспечения разливки металла в литейном производстве. Для снижения замерзания металла в разливочном канале был использован принцип подачи газовой смеси через шиберную плиту в канал разливочного узла. Газовая смесь подается в момент перекрытия затвора и под определенным давлением поступает в разливочный канал. Количество смеси должно обеспечить поддержание необходимой температуры для предотвращения замерзания металла. Положительный результат разливки в условиях ФГУП «Уралвагонзавод» был получен благодаря этому новому элементу затвора. Однако при разливке первых опытных плавов не были определены количество и состав подаваемого газа, не было создано оборудование, которое обеспечивало бы синхронность проведения операций: открытие – закрытие затвора, подача газовой смеси; отсутствовали элементы безопасности подачи смеси газа и не отработано время операции прожигания канала. Для разливки опытных плавов требовалось несколько специалистов, причем действия между ними с трудом согласовывались. Потребовалось привлечение нескольких организаций различного профиля.

Совместно с МИСиС [4] было проведено математическое моделирование процесса потерь тепла расплавленного металла в разливочном канале (участок внутренней поверхности гнездового блока и ковшевого стакана). Было опре-

делено, что скорость охлаждения металла в канале превышает скорость охлаждения металла в ковше в 5 раз. Поэтому необходим дополнительный подвод тепла за счет подачи газовой смеси. Подобранны состав и количество газовой смеси, один из компонентов которой благодаря экзотермической реакции с элементами стали обеспечивает создание заданной среднетемпературой температуры по всему объему разливочного канала. Второй компонент газовой смеси на первом этапе частично снижает температуру металла, а в дальнейшем поддерживает необходимую температуру на заданном уровне, обеспечивая поперечную циркуляцию металла в канале. Разработанная газовая смесь в любом отношении не является взрывоопасной и способствует развитию конвекции за счет усиления циркуляции металла в ковше. В результате работы получены теплотехнические расчеты для шиберной системы, используемой в литейном производстве. Разработанные в процессе работы параметры, составы газовой смеси и конструкция узла устройства подогрева металла в разливочном узле являются интеллектуальной собственностью компании «Шибер».

Разработана также автоматическая система подачи газовой смеси, сблокированная с механической и гидравлической системами привода, что является одним из главных факторов системы безопасности управления затвором. Благодаря разработанной системе все операции по перемещению шиберных плит и подогреву разливочного канала газом осуществляет один работник.

Разработка и совершенствование отдельных элементов технологии. При внедрении шиберной системы потребовалось решение отдельных элементов технологии разливки фасонного литья.

Открытие шиберного затвора. В черной металлургии в качестве стартовой смеси применяют различные материалы (дунит, спеченный магнезит, хромиты, песок, кокс и др.). Степень открытия составляет 50–60 %. Были разработаны специальные смеси, позволяющие обеспечить открытие затвора при малом диаметре канала с учетом длительности работы на установке печь-ковш и др. Смесь обеспечила 95 %-ное открытие затвора. Для обеспечения разливки рекомендованы отечественная и импортная стартовые смеси. При разливке фасонного литья в отличие от разливки на МНЛЗ не допускается попадание стартовой смеси внутрь формы. Был разработан новый способ отсечения стартовой смеси, не позволяющий ей попадать в форму и ухудшать качество слитка.

Обеспечение начала разливки. Начальный момент разливки представляет определенную сложность. После высыпания стартовой смеси начинается разливка металла. Большое значение имеет точность установки сталеразливочного ковша над разливочной воронкой литейной формы. Металл должен попасть в центр воронки (диаметр ~30 мм), чтобы не было разбрызгивания металла. При отклонении от центра разливки ухудшается качество слитка. При разливке с помощью стопора фиксация центра разливки происходит с помощью «зайчика», отраженного от нижней части стакана. При разливке с применением шиберного затвора необходима коррекция установки центра разливочного отверстия над воронкой, что требует определенного опыта у обслуживающего персонала. Для ликвидации этого явления на шиберный затвор установлен специальный индикатор — такое решение позволило обеспечить центровку и способствовало лучшему формированию струи металла.

Формирование струи металла. Технология разливки фасонного литья предполагает наличие «подкачек», представляющих собой закрытие стопором пробки с целью кратковременного прекращения подачи металла в форму. Далее при открытии стопора происходит резкая подача порции металла, что улучшает качество заполнения формы и способствует вытеснению воздуха из жидкого металла. При шиберной разливке количество «подкачек» резко снижается благодаря возможности регулирования скорости подачи расплавленного металла в зависимости от степени заполнения ковша. При необходимости можно перекрыть струю и после некоторой паузы открыть затвор для подачи определенной порции металла. При внедрении шиберной разливки обнаружен также положительный эффект, связанный с компактностью струи металла. Струя получается более плотной, чем при разливке с помощью стопорного устройства.

Организационно-технические мероприятия. Отсутствие внедрения шиберной разливки на фасонном литье во многом определяется сложностью организации производства с новыми схемами работы.

1. Необходимость установки литейных форм на одной линии с минимальным расстоянием между формами. Данное мероприятие является одним из факторов, влияющих на замерзание металла в разливочном канале. Расположение литейных форм на одной линии позволяет крановщику сократить время переезда и центровки ковша над разливочной воронкой. Необходимо на каждом

предприятии определить оптимальную схему разливки.

2. При проведении опытных разливок время переезда ковша с шибером в положение «Закрыто» составляло более 3 мин. Испытания позволили определить минимальное время открытия шиберного затвора без прожигания. В конце разливки, когда разливочный канал полностью прогрет, время замерзания металла в канале сокращается. При использовании современных автоматических разливочных линий имеется реальная возможность создания оптимальной технологии разливки с помощью шиберных систем.

Этап № 3. Продолжение работ по внедрению шиберной разливки в литейном производстве

В настоящее время многие литейные предприятия для улучшения качества отливок проводят реконструкцию литейного производства. В основном проводимые работы относятся к закупке оборудования для формовочных линий и изготовления литейных форм. Модернизации передела, связанного с разливкой металла, уделяется меньше внимания. В 2011–2012 гг. ООО «ПК «БСЗ» (г. Бежецк) предприняло попытку объединения усилий нескольких организаций в решении задачи по внедрению шиберной разливки в литейном производстве. Предприятие проводит подготовительные работы по приобретению установки ковш-печь с освоением шиберной заливки форм для комплекса АФЛ-1 в ЛЦ № 3. Для выполнения работ по изготовлению конструкторской документации на доработку сталеразливочного ковша ООО «ПК «БСЗ» привлекло ЗАО «Литафлом», которое является одним из ведущих научных организаций отрасли. Все вопросы внедрения шиберной системы, начиная от поставки оборудования, проведения пусконаладочных работ и внедрения, были поручены компании «Шибер».

Для выполнения работ в мартеновском цехе был подготовлен 8-т сталеразливочный ковш, на который был установлен шиберный затвор марки РУС-40-ФЛ-ПП, разработанный специально для данного предприятия. Кроме шиберного затвора ковш был укомплектован устройством для установки продувочных фурм, разработанным компанией «Шибер». На первом этапе промышленных испытаний были разлиты три плавки металла марки 20ГЛ и отработаны оптимальные режимы подачи газовой смеси для прогрева и прожигания ковшевого стакана. В результате первых испытаний были достигнуты удовлетворительные результаты:

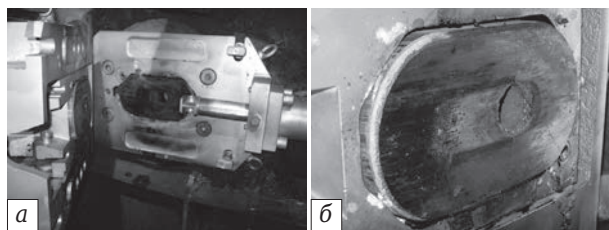


Рис. 6. Шибберный затвор РУС-40-ФЛ-ПГ (а) и шибберная плита (б) после службы

— переезд с формы на форму происходил без подтека и прожигания канала кислородной трубкой;

— время переездов составляло от 20 до 90 с;

— число открытий и закрытий затвора 34–43;

— брак по отливкам балка надрессорная и рама боковая, залитым в ходе разливки, отсутствовал.

Были определены некоторые специфические особенности новой технологии. Так, при полном открытии шибберного затвора заливка форм отливок балка надрессорная происходила без перелива металла через край литниковой чаши. Для заливки форм отливок рама боковая и корпус автосцепки требовалось дросселирование струи металла.

В дальнейшем в течение 2011–2012 гг. на участке ручной формовки, который в настоящее время еще приспособлен к шибберной разливке, проводилось более 10 опытных разливок. При разливке дорабатывались отдельные элементы технологии, связанные с режимами дросселирования струи металла при заливке крупного и среднего литья, определением влияния шибберной разливки на химический состав и механические свойства стали и др. В настоящее время в мартеновском цехе ежемесячно проводится несколько разливок. Это позволяет до ввода в эксплуатацию строящегося ЛЦ-3, в котором предусмотрена установка форм на разливочной машине, получить необходимый опыт эксплуатации. На первой стадии внедрения разливку металла проводили специалисты компании «Шиббер». В настоящее время после проведения технического обучения подготовлены несколько специалистов-разливщиков из персонала цеха. На рис. 6 показано состояние

шибберного затвора конструкции РУС-40-ФЛ-ПГ и шибберной плиты после службы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в России была проведена разливка металла с помощью разработанных компаний «Шиббер» шибберных затворов конструкций РУС-60М и РУС-40-ФЛ-ПГ. Проведенные работы подтвердили принципиальную возможность внедрения шибберных систем в литейном производстве. Разработаны отечественное оборудование и огнеупоры мирового уровня для обеспечения комплексного внедрения шибберной разливки с учетом специфики разливки литейного производства. В процессе промышленных испытаний отработаны основные элементы технологии разливки металла в литейные формы. Уровень качества полученных отливок удовлетворяет требованиям основного потребителя. Для дальнейшего внедрения шибберной разливки в литейном производстве требуется набор статистических данных для получения положительного заключения от заказчиков металлопродукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кононов, В. А.** Перспективы применения шибберных затворов при разливке металла / В. А. Кононов, А. А. Алпатов, А. И. Соколов [и др.] // *Сталь*. — 2002. — № 3. — С. 59–65.
2. **Кононов, В. А.** Основные тенденции развития шибберных систем / В. А. Кононов, А. А. Алпатов, Н. В. Кононов, В. П. Василенко // *Новые огнеупоры*. — 2011. — № 5. — С. 24–28.
3. **Кононов, В. А.** Шибберные затворы для литейных ковшей / В. А. Кононов, А. А. Алпатов, Н. В. Кононов // *Литейное производство*. — 2000. — № 2. — С. 27–29.
4. **Кононов, В. А.** Эффективность внедрения шибберной разливки в литейном производстве / В. А. Кононов, В. П. Василенко, С. И. Герцык, М. В. Шишимиров // *Металлургия, машиностроение*. — 2009. — № 6. — С. 2–5.
5. **Кононов, В. А.** Эффективность внедрения шибберной разливки в литейном производстве / В. А. Кононов, В. П. Василенко, С. И. Герцык, М. В. Шишимиров // *Литейщик России*. — 2010. — № 11. — С. 23–26. ■

Получено 07.02.13

© В. А. Кононов, В. П. Василенко, А. А. Алпатов,
2013 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



<http://expo-asia.ru/>

Metal + Metallurgy China 2014 — Международная выставка по литью, металлообработке и промышленным печам и международная выставка металлургической промышленности

19–22 мая 2014 г. • г. Пекин, Китай