



*The carried out experimental and scientific-research works enabled to organize mass production of grinding bodies, which being successfully tested at the enterprises of building industry of the Republic of Belarus now.*

И. А. БУСЕЛ, УП «ИНЖГЕОСТРОЙ», И. Е. ОМЕЛЬЧЕНКО, ОАО «МЗОО»,  
Л. З. ПИСАРЕНКО, УП «ИНЖГЕОСТРОЙ», В. М. ПРИЕМКО, ОАО «МЗОО»

УДК 621.74

## РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

В настоящее время весьма актуальными являются решения вопросов импортозамещения и получения конкурентоспособной продукции на предприятиях Республики Беларусь. Это касается, в частности, проблем разработки технологических процессов отливки мелющих тел, работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного и абразивного износа, в цементной, строительной, горнодобывающей и других отраслях промышленности, связанных с измельчением высокоабразивного минерального сырья (руда, песок и др.) в шаровых мельницах.

К мелющим телам, работающим в условиях ударно-абразивного износа, относятся шары, используемые для грубого помола материалов, а к мелющим телам, работающим в условиях абразивного износа, – цилиндры (цильпесбы) и др., используемые для тонкого и сверхтонкого помола. Это деление в известной степени условное.

Основная масса мелющих шаров изготавливается из стали. ГОСТ 7524-89 [1] распространяется на шары стальные катаные, кованные и штампованные и классифицируется по твердости на четыре группы: 1 – нормальной твердости общего назначения; 2 – повышенной твердости общего назначения; 3 – высокой твердости для измельчения руд черных металлов; 4 – особо высокой твердости для измельчения руд цветных металлов, цемента и огнеупоров.

Вместе с тем, для производства мелющих тел, в том числе и шаров, наиболее часто используются низко- и высоколегированные белые чугуны. Благодаря наличию в их структуре большого количества карбидов, прочно связанных с металлической основой, отливки из белых чугунов могут длительно эксплуатироваться в абразивно-активных

средах, сохраняя первоначальную форму. При этом сроки работы мелющих тел увеличиваются в несколько раз по сравнению со сталями [2].

Наиболее трудной является проблема обеспечения промышленности стройматериалов и горнообогатительных комбинатов мелющими цилиндрами (цильпесбами) для тонкого и сверхтонкого помола. В настоящее время практически все заводы изготавливают цильпесбы из чугуна. Высокую твердость и износостойкость имеют белые чугуны, структура которых состоит из цементита и перлита, причем в отдельных случаях доэвтектический чугун. Эти структурные составляющие могут содержаться в чугуне в форме сохранившейся эвтектики – ледебурита.

Производство мелющих цилиндров в СНГ организовано на ряде металлургических заводов, где с целью удешевления продукции используют доменные передельные чугуны первого перепада с заливкой металлических форм на карусельно-кокильных и конвейерно-кокильных машинах. К числу производителей мелющих тел по данной технологии относятся: ОАО «Гурьевский металлургический завод»; ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»; ОАО «Нишне-Тагильский металлургический комбинат»; ОАО «Пашийский металлургическо-цементный завод»; ОАО «Косогорский металлургический завод», а также ряд литейных заводов России, Украины, Германии, Италии и др.

И хотя по сравнению с литьем в песчаные формы эти методы более прогрессивные, однако недостатки в технологии производства не дают возможности рекомендовать их для более широкого внедрения из-за большого количества недолитых форм, рыхлот, газовых и усадочных раковин, утя-

жин. Около 30% отливок составляют «коротыши», получаемые вследствие замораживания форм при заливке [3].

В Республике Беларусь производство мелющих тел в металлические формы находится пока в стадии получения небольших экспериментальных партий, созданы опытные кокильные и центробежные машины, которые естественно не могут обеспечить необходимый объем выпуска мелющих тел.

Научно-производственным частным унитарным предприятием «Инжгеострой» совместно с ОАО «Минский завод отопительного оборудования» разработана технология и освоено производство мелющих тел новых модификаций в песчано-глинистые формы.

Учитывая опыт СНГ в получении шаров и цельпесов, недостатки в получении качественных мелющих тел литьем в кокиль, было принято решение для выпуска мелющих тел использовать современные высокопроизводительные АФЛ типа «Disamatik» литьем в разовые земляные формы. Предполагалось, что получение высококачественного литья на АФЛ даст возможность компенсировать недостатки, связанные с более медленной скоростью охлаждения отливок в земляных формах по сравнению с металлическими. Более того, предусмотрено в белом чугуна повышение содержания хрома, регулирование C и Si, а также создание рациональных конструкций мелющих цилиндров (цельпесов) с повышенными площадями контакта при 100%-ном получении годных отливок без усадочных раковин и пористости.

Поскольку именно установленные малые добавки хрома (0,5–1,0%) достаточны для необходимого повышения твердости (415–530 НВ) и износостойкости цельпесов, это дает возможность организовать массовый выпуск отливок цельпесов и шаров диаметром 40–60 мм в ОАО «МЗОО» параллельно с серийной продукцией из серого и белого чугуна на АФЛ «Disamatik», снабженной автоматической заливочной станцией с выплавкой чугуна в вагранке.

Использование высокопроизводительных АФЛ типа «Disamatik» является в условиях Республики Беларусь практически единственным перспективным альтернативным решением, которое может обеспечить массовый выпуск мелющих тел высокого качества в песчано-глинистых формах по сравнению с другими способами (литье в кокиль, центробежное литье и др.), где наращивание больших объемов выпуска мелющих тел связано с большими капитальными затратами, требует организации новых производств.

Трудности при разработке технологии выплавки хромистого чугуна заключались в том, что при работе с использованием дуплекс-процесса «вагранка-миксер» возможна выплавка только близких по химическому составу чугунов с ограниченным содержанием хрома (0,07–0,2%) или же выплавка только легированных, в том числе и хромистых чугунов. В производственной практике ОАО «МЗОО» наряду с традиционными составами чугунов с ограниченным содержанием хрома, из одного и того же миксера требуется получение белого хромистого чугуна (0,5–1,0% Cr). Однако из-за наличия в миксере всегда остающегося остатка металла предыдущей плавки, так называемое «болото», например обычного белого чугуна, переход на белый чугун с повышенным содержанием хрома, а затем на серый чугун с низким содержанием хрома явился непростой технологической задачей, которая была успешно решена и позволила организовать в ОАО «МЗОО» массовое производство высококачественных мелющих тел для нужд предприятий Республики Беларусь с обеспечением в чугунах необходимых пределов по содержанию хрома.

На шихтовом дворе ЛЦКСЧ ОАО «МЗОО» проведена соответствующая перепланировка, исключающая пересечение потоков возврата белого и серого чугуна с возвратом хромистого. Легированный лом коррозионностойких и жаропрочных хромистых сталей, используемых для выплавки чугуна для мелющих тел, и возврат хромистого чугуна хранится в отдельных бункерах и приемках, исключающих попадания их в шихту для белого или серого чугуна. На способ получения хромистого чугуна подана заявка на получение евразийского патента.

Принималось много попыток найти оптимальную форму цилиндров (цельпесов) [3] с целью повышения производительности мельницы и увеличения тонины помола. При этом преследовалась основная цель – увеличить поверхность соприкосновения, а также поверхность трения между мелющими телами и размалываемым материалом.

В традиционных технологиях измельчения природных материалов применяются цилиндрические мелющие тела (цельпесы), имеющие небольшой литейный уклон. Для них характерен линейчатый контакт, переходящий в точечный при самом незначительном перекосе, вызываемым негладким рельефом контактной поверхности футеровки или падением в случайном порядке. Недостатком цилиндров является также то, что при отливке такой формы вследствие неравномерного

охлаждения у торца, особенно в верхней части отливки, возникают напряжения, вызывающие повышенную хрупкость и раскалывание, которые могут быть усугублены наличием усадочных раковин и рыхлот. Осколки цилиндров могут попадать в технологическое оборудование.

Была поставлена задача – создать форму мелющего тела, приближенную к форме естественного износа. За счет отсутствия углов, торцов и граней обеспечиваются повышенная прочность и износостойкость.

Создано несколько конструкций мелющих тел, для которых изготовлена модельная оснастка для изготовления отливок на АФЛ «Disamatik». Получены патенты на полезные модели.

Для обеспечения хороших эксплуатационных свойств мелющих тел необходима технология, исключая появление усадочной пористости и раковин, которые являются наиболее распространенным видом брака шаров и цилиндров и которые связаны с несовершенством существующих литниковых систем. Наличие в тепловых узлах мелющих тел усадочной пористости и раковин приводит в процессе их эксплуатации к быстрому износу и разрушению в наиболее слабых сечениях – в области усадки.

Ранее использовались различные типы литниковых систем, однако все они обладали недостатками. Так, например [4], известна литниковая система для получения шаров диаметром от 13 до 50 мм в разовые песчано-глинистые формы с горизонтальным разъемом, содержащая стояк и коллектор, от которого горизонтальными рядами располагаются питающие друг друга мелющие тела. Как показала практика, около 60% отливок имели раковины и рыхлоты.

То же можно сказать и о литниковой системе для отливок мелющих тел в металлические формы с вертикальным разъемом [2], где отливки между собой также располагаются последовательно, т. е. питают друг друга. И хотя питание отливок осуществляется так, что верхние отливки являются прибылями, не удалось избежать известных недостатков.

Не удалось избежать таких же недостатков и в разработанной фирмой «Disa» специальной литниковой системе для мелющих тел [5].

Тем не менее, перед разработчиками технологии была поставлена задача – получить 100% годных отливок без усадочной пористости и раковин с оптимальными сечениями питателей, обеспечивающих удовлетворительное отделение отливок от литниковой системы. Было найдено нетрадиционное решение, которое впервые позволило решить проблему 100%-ного получения годных отливок. С использованием разработанной литниковой системы изготовлены модельные оснастки, по которым уже произведено более 2500 т качественного литья. На разработанную литниковую систему получен патент.

Таким образом, проведенные экспериментальные и научно-исследовательские работы дали возможность наладить массовое производство мелющих тел, которые проходят успешные испытания на предприятиях стройиндустрии Республики Беларусь.

Промышленные испытания опытных партий мелющих тел, изготовленных по разработанной технологии, показали их хорошие эксплуатационные качества при измельчении сырьевых компонентов для производства ячеистого бетона и помоле цемента.

### Литература

1. ГОСТ 7524-89 Шары стальные мелющие для шаровых мельниц.
2. Поддубный А. Н., Романов Л. М. Износостойкие отливки из белых чугунов для металлургии и машиностроения. Брянск: Придесенье, 1999.
3. Несвижский О. А. Долговечность быстроизнашивающихся деталей цементного оборудования. М.: Машиностроение, 1968.
4. Гарбер М. Е. Отливки из белых износостойких чугунов. М.: Машиностроение, 1972.
5. Технические материалы фирмы «Disamatik» Dansk Indarstry Sindikat ALSLR2730 HERLEY DENMARK, 1974.