



The results of implementation of crystallizers sleeves of construction "VM-sinus", technologies and equipment for their industrial production in conditions of RUP "BMZ" are examined.

А. В. ДЕМИН, В. А. НИКОЛАЕВ, И. В. ГОРЕВОЙ, РУП «БМЗ», Г. И. НИКОЛАЕВ,
А. В. ДРОЗДОВ, С. А. БЕРКОВИЧ, ОАО «АХК ВНИИМЕТМАШ»

УДК 669.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГИЛЬЗ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ КОНСТРУКЦИИ «ВМ-СИНУС» НА БЕЛОРУССКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ

В технологическом процессе непрерывной разливки стали кристаллизатору отведена одна из самых главных функций – формирование слитка требуемого сечения. Основное требование к кристаллизатору – обеспечить максимальный теплоотвод от затвердевающей стали к охлаждающей воде и получить на выходе из кристаллизатора прочную оболочку слитка с хорошей поверхностью, которая не разрушалась бы под воздействием тепла жидкой фазы и ферростатического давления. Естественно, что производительность машины и качество слитка во многом определяются тем, насколько кристаллизатор удовлетворяет всем технологическим требованиям. Гильза – главный сменный рабочий инструмент кристаллизатора, в котором формируется оболочка заготовки. От конструкции гильз кристаллизаторов зависят качество непрерывнолитой заготовки и максимально допустимые скорости разливки.

Производство гильз кристаллизаторов является высокотехнологичным и трудоемким процессом. В мировой практике такие технологии применяются вертикально-интегрированными предприятиями по обработке цветных металлов, имеющими полный цикл производства, от выплавки меди до получения конечного продукта.

На РУП «БМЗ» создан участок по производству гильз кристаллизаторов сечением 125×125 мм, длиной 780 мм с базовым радиусом 5000 мм, для которого приобретены зарубежные технологии и оборудование. Способ изготовления гильз базируется на принципах волочения. Подготовительная операция – волочение трубной заготовки между неподвижной внутренней короткой оправкой (дорном) и наружной фильерой для получения радиальных поверхностей на заготовке. Окончатель-

ная операция – волочение на подвижной оправке, имеющей окончательные размеры и форму готовой гильзы, через финишную фильеру.

Недостатками данной технологии являются:

- зависимость качества внутренней поверхности гильзы от качества поставляемых медных труб (операции по повышению качества внутренней поверхности не предусмотрены);
- недостаточная точность формирования радиуса трубы, являющаяся причиной увеличенного до 4 мм зазора между заготовкой и окончательной оправкой, что приводит к неравномерности деформации как по сечению, так и по длине;
- увеличенная на 250 мм длина заготовки из-за необходимости выполнения удлиненных захватов для волочения, что повышает расход медных труб.

Результаты эксплуатации гильз кристаллизаторов, изготовленных на этом участке, показали несоответствие гильз современным требованиям как по стойкости, так и по качеству отливаемого через них металла.

Для увеличения производительности, повышения надежности работы МНЛЗ и снижения себестоимости непрерывнолитой заготовки АХК «ВНИИМЕТМАШ» разработал конструкцию гильзы кристаллизатора «ВМ-синус» [1]. Наиболее эффективными мерами для решения проблем надежности работы сортовой МНЛЗ при высокоскоростной разливке и получения непрерывнолитых заготовок с высоким качеством поверхности и макроструктурой являются меры, сводящиеся, в конечном итоге, к оптимизации теплового и напряженно-деформированного состояния формирующейся оболочки слитка в кристаллизаторе путем разработки рациональной конструкции гильзы, конфигурации ее внутренней полости и равномер-

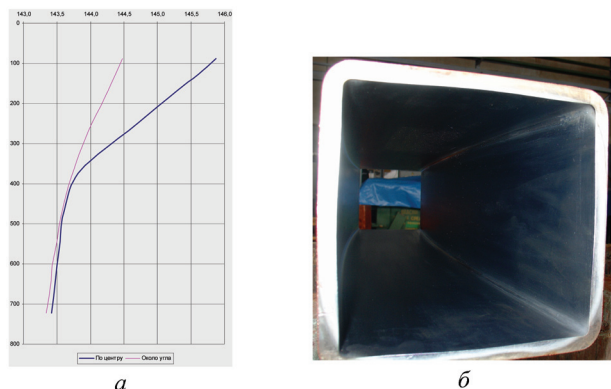


Рис. 1. Гильза сечением 140×140 мм конструкции «ВМ-синус»: а – замер гильзы № 2 прибором ММІ-2000 между радиальными сторонами; б – верхний торец гильзы

ности охлаждения. С учетом приведенных выше условий был разработан внутренний профиль гильзы, основанный на принципе самокомпенсации усадки. С этой целью верхняя часть гильзы выполнена воронкообразной с вогнутостями синусоидальной формы (рис. 1). При этом амплитуда монотонно убывает по длине гильзы до зоны перехода к формообразующей части. Относительное удлинение синусоиды зависит от квадрата амплитуды и выпрямление выпуклых синусоидальных участков происходит в соответствии с параболической зависимостью, которая наиболее точно описывает процесс усадки оболочки слитка.

В 2008 г. на МНЛЗ-1 РУП «БМЗ» были проведены работы по внедрению гильз кристаллизаторов конструкции «ВМ-синус» сечением 140×140 мм, изготовленных на Московском опытном заводе (МОЗ) ВНИИМЕТМАШ. Одновременно на МНЛЗ эксплуатировали гильзы итальянской и немецкой фирм. На все поступившие гильзы перед использованием на МНЛЗ наносили гальваническое двухслойное покрытие, разработанное на РУП «БМЗ» [2], что позволило повысить износостойкость защитного покрытия. Результаты опытных серий разливок показали, что средняя стойкость гильз конструкции «ВМ-синус» была самой высокой и составила 440 плавов, причем было потеряно только пять ручьев, что составляет 0,06% от числа подготовленных ручьев.

Эти же показатели составляют 434 плавки и 0,15% потерянных ручьев для гильз немецкой фирмы и 375 плавов и 0,2% для гильз итальянской фирмы. При этом ромбичность непрерывнолитых заготовок, разлитых через кристаллизаторы «ВМ-синус», на 20% ниже, чем у конкурентов. На рис. 2, 3 представлено качество макроструктуры заготовок, отлитых со скоростью 2,4 м/мин через кристаллизатор «ВМ-синус» (ручей 1) и со скоростью 2,2 м/мин через кристаллизатор итальянской

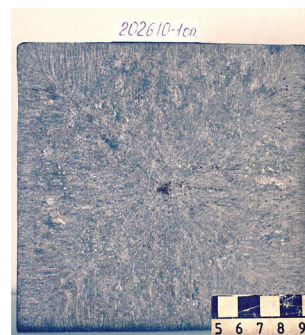


Рис. 2. Макроструктура темплета заготовки сечением 140×140 мм, отлитой в кристаллизаторе с гильзой «ВМ-синус» (плавка № 202610-1)

фирмы. Эксплуатация гильз кристаллизаторов сечением 140×140 мм конструкции «ВМ-синус» на МНЛЗ-1 РУП «БМЗ» показала, что по основным эксплуатационным характеристикам гильза превосходит зарубежные аналоги.

На основании полученных данных было принято решение о производстве гильз кристаллизаторов «ВМ-синус» сечением 125×125 и 140×140 мм на собственном оборудовании и по технологии ВНИИМЕТМАШ. В рамках данной работы был выполнен проект модернизации существующей машины, разработано дополнительное универсальное оборудование для изготовления гильз сечением 125×125, 140×140 мм и рубашек охлаждения для кристаллизаторов 125×125 мм. Высокоточная оснастка (дорны, конусные оправки «ВМ-синус», фильеры) была изготовлена на МОЗ ВНИИМЕТМАШ, а дополнительное оборудование – в ремонтно-механическом цехе РУП «БМЗ». Целью разрабатываемой технологии было дальнейшее повышение качества производства гильз кристаллизаторов с учетом минимизации расходов по ее внедрению.



Рис. 3. Макроструктура темплета заготовки сечением 140×140 мм, отлитой в кристаллизаторе с гильзой итальянской фирмы (плавка № 202610-3)

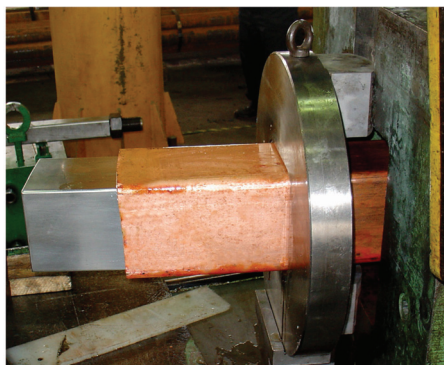


Рис. 4. Волочение трубной заготовки на длинной оправке «ВМ-синус» через фильеру

Отличительной особенностью разработанной во ВНИИМЕТМАШ технологии, используемой при производстве гильз кристаллизаторов в условиях БМЗ, является протягивание короткой оправки (дорна) через трубную заготовку в замкнутом контейнере – операция дорнирование. Последовательное протягивание дорнами позволяет повысить качество внутренней поверхности медной заготовки, уменьшить величину зерна и обеспечить заданные размеры внутреннего сечения заготовки для относительно плотного надевания ее на длинную оправку с зазором 0,5–0,8 мм. Дорнирование производится тремя дорнами цилиндрической формы с увеличивающимся периметром с относительным обжатием 7–9%. Использование оригинальных захватов позволяет сократить расход медных труб на 28% по сравнению с технологией, ранее использовавшейся на РУП «БМЗ».

Основной операцией при производстве гильз является волочение дорнированной заготовки (рис. 4) через фильеру на длинной оправке, форма которой определяет внутреннюю полость гильзы. Относительная деформация при волочении составила 26%, при этом твердость гильз, изготовленных из меди Cu-DHP, составила 86 НВ по шкале Бринелля. Контроль твердости производился прибором «DTLC-3000».

После механической обработки гильзы передаются на гальванический участок, где наносится гальваническое двухслойное покрытие: первый слой – никель 35–40 мкм, второй слой – хром 60–65 мкм. На всех этапах производства внутренние размеры гильз контролируются прибором «MCS-3000». На рис. 5 показана гильза после нанесения никелевого покрытия.

Первоначально была изготовлена опытная партия из пяти гильз кристаллизаторов сечением 140×140 мм, на которых бесконтактным измерительным устройством «MOLD HESKER REFERENCES» было проверено соответствие геометрических размеров изготовленных гильз. После нанесения

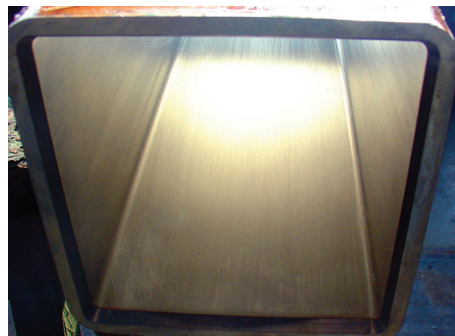


Рис. 5. Гильза «ВМ-синус» с никелевым покрытием толщиной 35–40 мкм

износостойкого покрытия гильзы устанавливали в кристаллизаторы для последующей эксплуатации на МНЛЗ-1 РУП «БМЗ». На сегодняшний момент на опытных гильзах уже отлито более 1000 плавков с рабочей скоростью 2,5–2,6 м/мин.

Макроструктура соответствует техническим требованиям на непрерывнолитую заготовку БМЗ.

Основными показателями качества гильз кристаллизаторов являются надежность работы МНЛЗ; качество непрерывнолитой заготовки; стойкость гильз или их стоимость на 1 т разливаемой стали.

Основные показатели надежности работы МНЛЗ-1 приведены в таблице.

Таблица

Показатель	Среднее за месяц в 2010 г.	Март 2011 г.
Разлито, т	79 062	80 673
Средняя серийность, плавка	24	31,9
Потеря ручьев, шт. (%)	5 (0,1%)	2 (0,05%)

Как видно из таблицы, производительность МНЛЗ увеличилась на 2% за счет увеличения серийности разливок и снижения количества потерянных ручьев.

При проведении сравнительных испытаний в 2008 г. средняя стойкость опытной партии гильз кристаллизаторов конструкции «ВМ-синус» составила 535,8 (от 521 до 565) плавков, при этом средняя стойкость гильз немецкой фирмы – 434 (от 234 до 809) плавки, для итальянских гильз – 375 плавков.

Удельные затраты РУП «БМЗ» на гильзы кристаллизаторов конструкции «ВМ-синус» составили 0,14 евро на 1 т разлитой стали, при этом такие же затраты на гильзы немецкой фирмы составили 0,24 евро, на гильзы итальянской фирмы – 0,19 евро.

Основной причиной отбраковки гильз является износ гальванического покрытия, который различается формой повреждения рабочей поверхности в зависимости от внутренней конфигурации гиль-

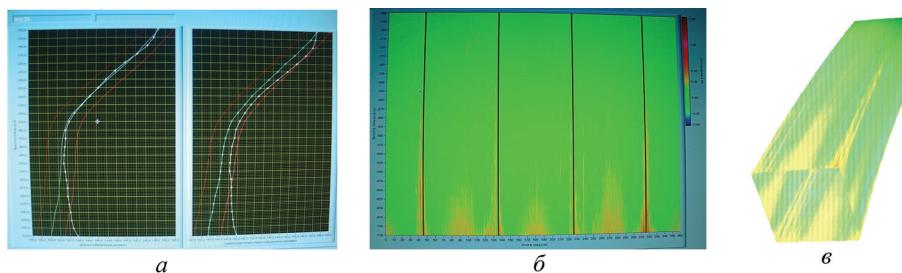


Рис. 6. Характер износа гильзы «VM-синус» после разливки 741 плавки: *а* – электронный замер; *б* – износ по граням; *в* – объемная модель гильзы

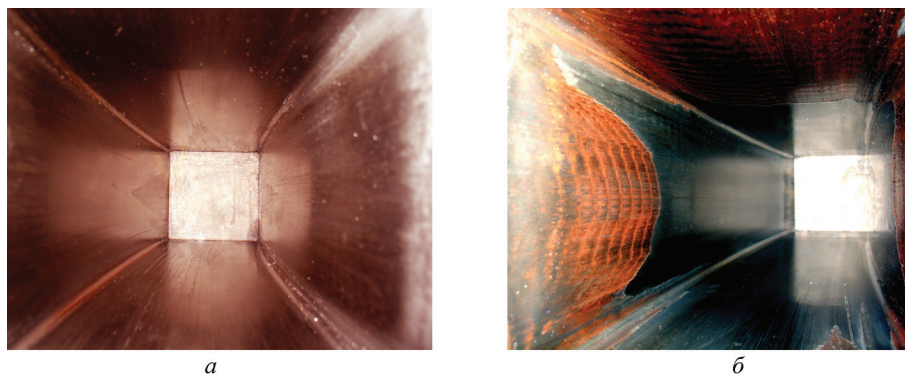


Рис. 7. Износ гильзы: *а* – «VM-синус» после разливки 741 плавки; *б* – немецкой фирмы с плоской стенкой после разливки 455 плавки

зы. На рис. 6 показаны электронные замеры гильзы №БМЗ-28 после разливки 741 плавки, а также объемная модель и ее развертка по граням с характерным износом, свойственным гильзам «VM-синус».

Максимальный износ на грани находится вблизи углов и составляет около 0,55 мм, в то время как износ по центру граней – 0,3–0,4 мм. На рис. 7 представлены фотографии гильзы №БМЗ-28 после разливки 741 плавки и гильзы № К-4 с плоской стенкой немецкой фирмы после отливки 455 плавки.

В настоящее время разливка непрерывнолитых заготовок сечением 125×125 и 140×140 мм на МНЛЗ-1 и 2 производится через кристаллизаторы, в которых установлены гильзы «VM-синус», произведенные на участке изготовления гильз в РМЦ Белорусского металлургического завода. Эксплуатация гильз «VM-синус» в условиях РУП «БМЗ» способствовала повышению надежности работы МНЛЗ и одновременному снижению затрат на 1 т разливаемой стали.

Литература

1. Гильзовый кристаллизатор для высокоскоростного литья металлов / Г. И. Николаев, В. Б. Ганкин, И. Н. Шифрин и др. Пат. РФ № 2325969 В22Д 11/04.
2. Способ нанесения двухслойного гальванического покрытия на медные гильзы и плиты кристаллизаторов / А. В. Демин, В. А. Николаев, С. М. Борщов и др. Евроазиатский пат. № 008676 В22Д 11/059.