



*The results of introduction of sleeves of crystallizers of construction «Vm-sinus», produced in conditions of the Belorussian metallurgical works on the technology developed in AHK BNIIMETMASH, are considered.*

А. В. ДЕМИН, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИЛЬЗ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ КОНСТРУКЦИИ «ВМ-СИНОС» НА СОРТОВЫХ МНЛЗ РУП «БМЗ»

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 БМЗ при строительстве металлургического комплекса был создан участок по производству гильз кристаллизаторов сечением 125×125 мм, длиной 780 мм с базовым радиусом 5000 мм, для которого приобретены зарубежные технология 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.

Окончательная 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;

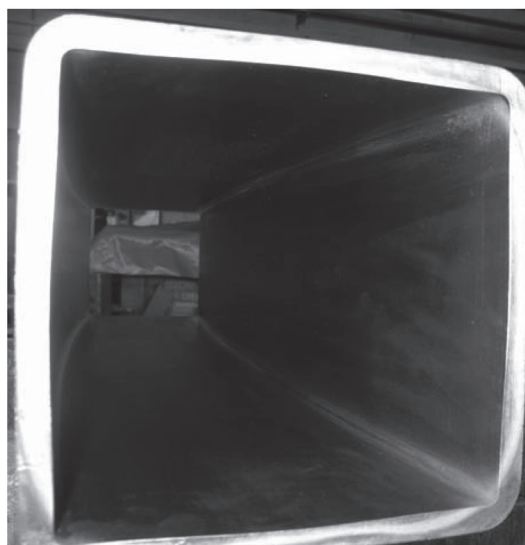
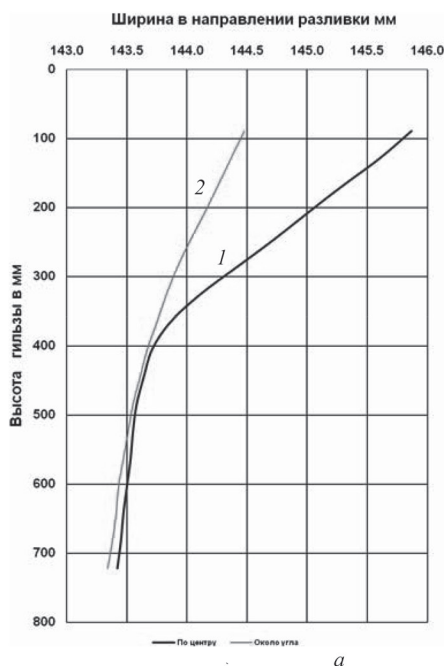
- увеличенная на 250 мм длина заготовки из-за необходимости выполнения удлиненных захватов для волочения, что повышает расход медных труб.

Результаты эксплуатации гильз кристаллизаторов, изготовленных на этом участке, показали не-

соответствие 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». Наиболее эффективными мерами для решения проблем надежности работы сортовой МНЛЗ при высокоскоростной разливке и для 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 равномерности охлаждения. С учетом упомянутых выше условий был разработан внутренний профиль гильзы, основанный на принципе самокомпенсации усадки. Для этого 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 2006 г. на МНЛЗ-1 и МНЛЗ-2 проводили сравнительные испытания гильз кристаллизаторов сечением 125×125 мм конструкции «ВМ-синус» ВНИИМЕТМАШ, гильз итальянской фирмы и гильз, изготовленных на РУП «БМЗ». Средняя стойкость гильз «ВМ-синус» составила 464 плав-



б

Рис. 1. Гильза сечением 140x140 мм конструкции «ВМ-синус»: а – замер гильзы № 2 прибором ММІ-2000 между радиальными сторонами; б – верхний торец гильзы; 1 – по центру; 2 – около угла

ки, итальянской фирмы – 275 плавков и производства РУП «БМЗ» – 146 плавков.

Для повышения производительности МНЛЗ РУП «БМЗ» и улучшения качества готовой продукции было принято решение о расширении сортамента разливаемых заготовок. В 2008 г. на МНЛЗ-1 были проведены работы по внедрению гильз кристаллизаторов ВНИИМЕТМАШ конструкции «ВМ-синус» для непрерывного литья заготовок сечением 140x140 мм. Одновременно на МНЛЗ проходили испытания гильз итальянской и немецкой фирм. Все гильзы поставлялись без износостойкого покрытия. Перед использованием на МНЛЗ на их рабочую поверхность наносили гальваническое двухслойное покрытие, разработанное специалистами РУП «БМЗ». Применение такого покрытия позволило значительно увеличить срок службы гильз по сравнению с обычным покрытием, применяемым при их изготовлении. Средняя стойкость гильз конструкции «ВМ-синус» была самой высокой и составила 534 плавки (от 521 до 565 плавков), причем было потеряно только пять ручьев, что составляет 0,06% от числа подготовленных ручьев. Эти же показатели составляют 434 плавки (от 234 до 809) и 0,15% потерянных ручьев для гильз немецкой фирмы и 375 плавков и 0,2% для гильз итальянской фирмы. При этом ромбичность непрерывнолитых заготовок, разлитых через кристаллизаторы «ВМ-синус», на 20% ниже, чем у конкурентов. Эксплуатация гильз кристаллизаторов сечением 140x140 мм конструкции «ВМ-синус» на МНЛЗ-1 РУП «БМЗ» показала, что

по основным эксплуатационным характеристикам гильза превосходит зарубежные аналоги.

На основании проведенных исследований по использованию гильз конструкции «ВМ-синус» руководством РУП «БМЗ» было принято решение в 2010 г. о производстве гильз кристаллизаторов «ВМ-синус» сечением 125x125 и 140x140 мм на собственном оборудовании и по технологии ВНИИМЕТМАШ. В рамках данной работы был выполнен проект модернизации существующей машины протяжки, разработано дополнительное универсальное оборудование для изготовления гильз сечением 125x125, 140x140 мм и рубашек охлаждения для кристаллизаторов 125x125 мм. Высокоточная оснастка (дорны, конусные оправки «ВМ-синус», фильеры) была изготовлена на МОЗ ВНИИМЕТМАШ, а дополнительное оборудование – в ремонтно-механическом цехе РУП «БМЗ».

Для подтверждения качества оборудования и оснастки изготовления гильз поставщиком АХК «ВНИИМЕТМАШ» была изготовлена партия в количестве 45 гильз сечением 140x140 мм на данном оборудовании и поставлена на РУП «БМЗ» для проведения испытаний. При получении положительных результатов испытания опытных гильз данное оборудование монтируется на гальваническом участке РМЦ РУП «БМЗ». Результаты испытаний показали высокое качество изготовленного оборудования, максимальная стойкость гильз составила 791 плавку, а средняя стойкость 532 плавки.

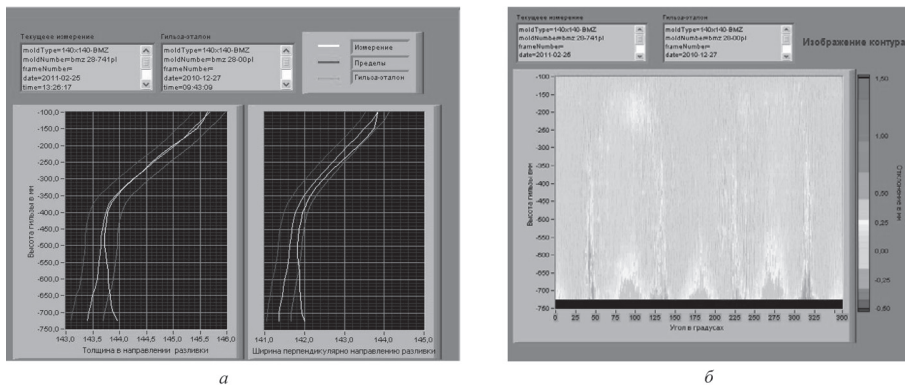


Рис. 2. Характер износа гильзы «ВМ-синус» №БМЗ-28 после разливки 741 плавки: а – электронный замер; б – износ по граням

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.

Т а б л и ц а

Показатель	Среднее за месяц в 2010г.	Март 2011г.	Апрель 2011г.
Разлита, т	79 062	80 673	81 495
Средняя серийность, плавка	24	31,9	28,1
Потеря ручьев, шт. (%)	5 (0,1%)	2 (0,05%)	1 (0,03%)

Как видно из таблицы, производительность МНЛЗ возросла за счет увеличения серийности плавков и снижения количества потерянных ручьев.

Основной причиной отбраковки гильз служит износ гальванического покрытия, который различается формой повреждения рабочей поверхности в зависимости от внутренней конфигурации гильзы. На рис. 2 представлены электронные замеры гильзы №БМЗ-28 после разливки 741 плавки, а также развертка рабочей поверхности с характерным износом, свойственным гильзам «ВМ-синус».

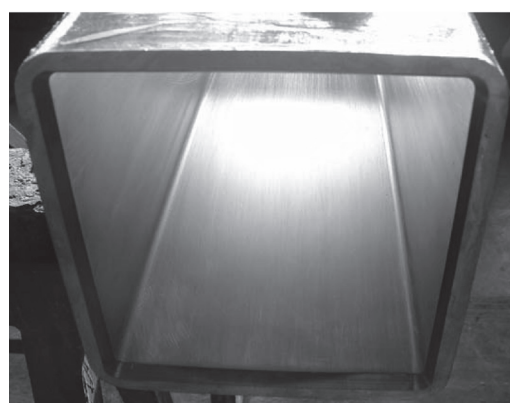


Рис. 3. Гильза «ВМ-синус» с никелевым покрытием толщиной 35–40 мкм

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.

Первоначально в условиях РУП «БМЗ» была изготовлена опытная партия из пяти гильз кристаллизаторов сечением 140×140 мм. Профиль рабочей поверхности контролировался бесконтактным измерительным устройством «MOLD HESKER\_REFERENCES». После нанесения износостойкого покрытия гильзы устанавливали в кристаллизаторы для последующей эксплуатации на

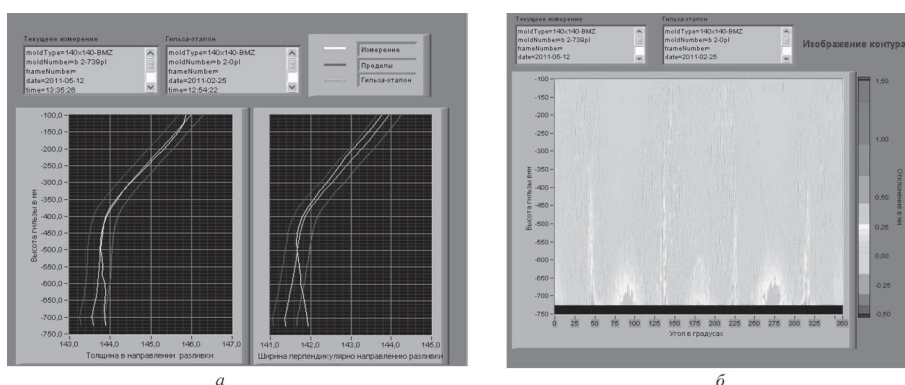


Рис. 4. Характер износа гильзы «ВМ-синус» №Б-2, изготовленной в РМЦ РУП «БМЗ», после разливки 739 плавки: а – электронный замер; б – износ по граням

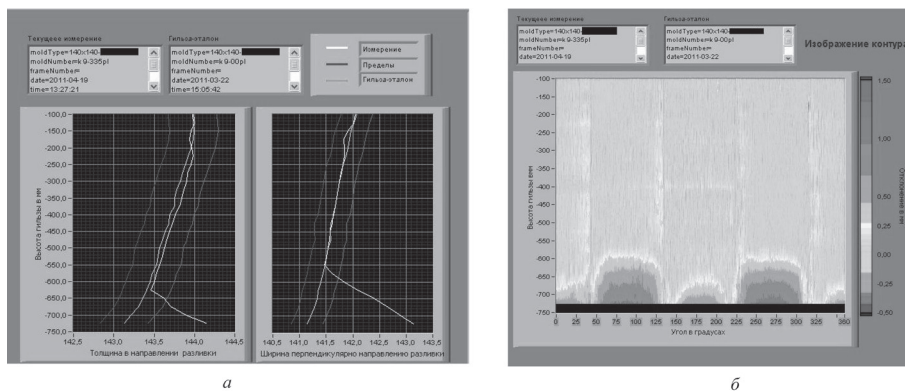


Рис. 5. Характер износа гильзы с плоской стенкой после разливки 335 плавков: а – электронный замер; б – износ по границам

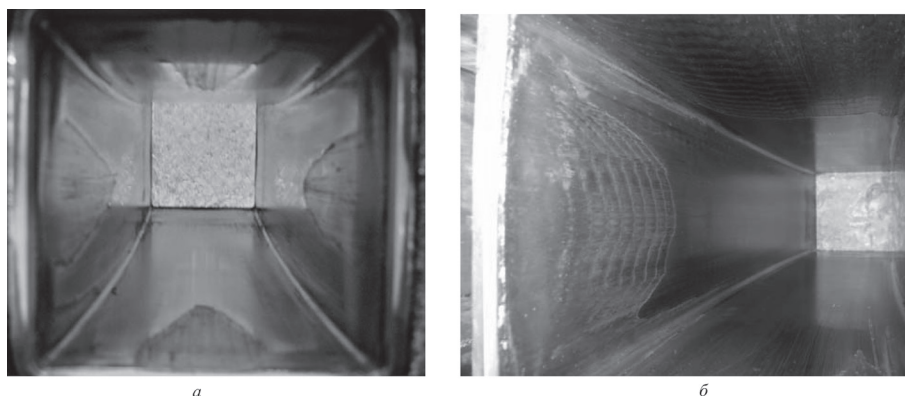


Рис. 6. Величина износа гильз в процессе эксплуатации: а – износ гильзы № Б-2 после разливки 739 плавков; б – износ гильзы с плоской стенкой № К-9 после разливки 335 плавков

МНЛЗ-1 РУП «БМЗ». На рис. 3 показана гильза после нанесения никелевого покрытия.

Для проведения дальнейших испытаний изготовили в РМЦ еще 15 опытных гильз сечением 140×140 мм по технологии «ВМ-синус» на модернизированном оборудовании с использованием новой оснастки. За период проведения испытаний на МНЛЗ-1 средняя стойкость гильз составила 544 плавки, максимальная стойкость на гильзе №Б-2, через которые было отлито 1036 плавков с рабочей скоростью, 2,4–2,6 м/мин. На рис. 4 приведены замеры и развертка рабочей поверхности гильзы №Б-2.

Параллельно проводили испытания гильз «К» сечением 140×140 мм производства немецкой фирмы. Для сравнения представлены полученные результаты испытаний, средняя стойкость которых составила 331 плавку, а максимальная – 562 плавки. Основной причиной отбраковки гильз является износ гальванического покрытия, который различается формой повреждения рабочей поверхности в зависимости от изменения внутренней конфигурации гильзы. Замеры и развертка рабочей поверхности гильзы с плоской стенкой №К-9 показаны на рис. 5.

На рис. 6 показаны гильзы «ВМ-синус» №Б-2 после разливки 739 плавков и гильзы с плоской стенкой № К-9 немецкой фирмы после отливки 335 плавков.

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 «ВМ-синус», произведенные на участке изготовления гильз в РМЦ Белорусского металлургического завода. Эксплуатация гильз «ВМ-синус» в условиях РУП «БМЗ» способствовала повышению надежности работы МНЛЗ и одновременному снижению затрат на 1 т разливаемой стали.

Удельные затраты РУП «БМЗ» на гильзы кристаллизаторов конструкции «ВМ-синус», изготовленные собственными силами, составили на уровне 0,15 евро/т разлитой стали, при этом такие же затраты на гильзы швейцарской фирмы – 0,24 евро/т, на гильзы итальянской фирмы – 0,22, немецкой фирмы – 0,21 и АХК «ВНИИМЕТМАШ» – 0,17 евро/т.