

УДК 621.74.047

Николаев Г. И., Ганкин В. Б., Шифрин И. Н., Оробцев А. Ю., Лобанов В. В.,  
Савицкий В. Л.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИЛЬЗ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ КОНСТРУКЦИИ ВНИИМЕТМАШ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ МНЛЗ

Гильзовый кристаллизатор является основным технологическим узлом машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). От его конструкции зависит производительность и качество отливаемых заготовок.

В АХК ВНИИМЕТМАШ создана конструкция гильз кристаллизаторов для литья квадратных и круглых заготовок, получившие фирменное название «ВМ-синус» (рис. 1 и 2), внутренний профиль которых основан на принципе самокомпенсации усадки оболочки при затвердевании в кристаллизаторе [1, 2]. Изменение конусности при выпрямлении синусоидальных участков выпуклостей оболочки происходит по параболической зависимости, которая наиболее точно описывает процесс усадки слитка. Данная конструкция позволяет минимизировать газовый зазор между заготовкой и гильзой, а также ограничивает перемещение оболочки слитка относительно гильзы, что создает условия для равномерного затвердевания корочки по периметру.

Целью работы является исследование эксплуатации гильз кристаллизаторов конструкции ВНИИМЕТМАШ на промышленных МНЛЗ.

Одним из крупных потребителей этих гильз является Енакиевский металлургический завод (ЕМЗ), на котором эксплуатируются две шестиручьевые МНЛЗ для литья заготовок размером от  $100 \times 100$  мм до  $150 \times 150$  мм поставки ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод» (НКМЗ), основные технические решения которых выполнены Консорциумом в составе НКМЗ – ВНИИМЕТМАШ – Молдавский металлургический завод (ММЗ).

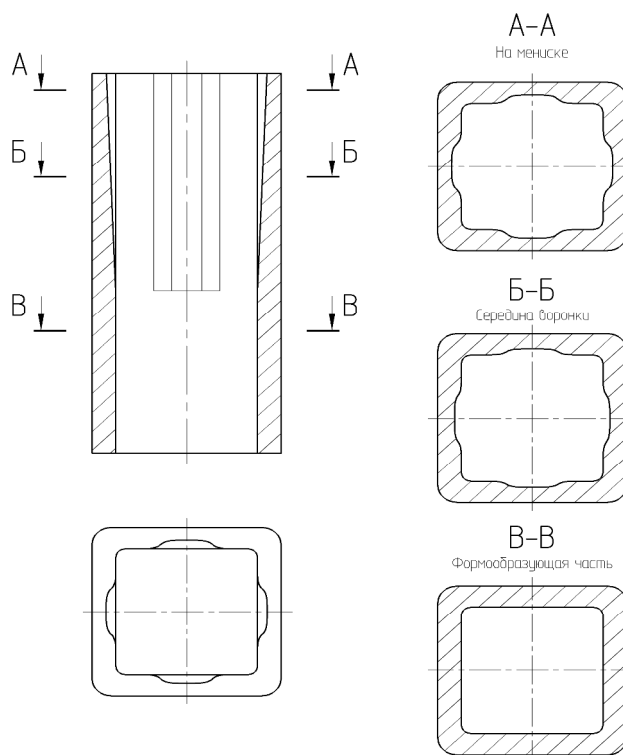


Рис. 1. Гильза кристаллизатора конструкции «ВМ-синус» для литья квадратных заготовок

За последние 6 лет АХК ВНИИМЕТМАШ поставил около 4500 гильз кристаллизаторов, из которых 90 % гильзы конструкции «ВМ-синус», на 25 металлургических заводов России, стран ближнего и дальнего зарубежья, выигрывая тендеры в жесткой конкурентной борьбе с ведущими мировыми производителями гильз.

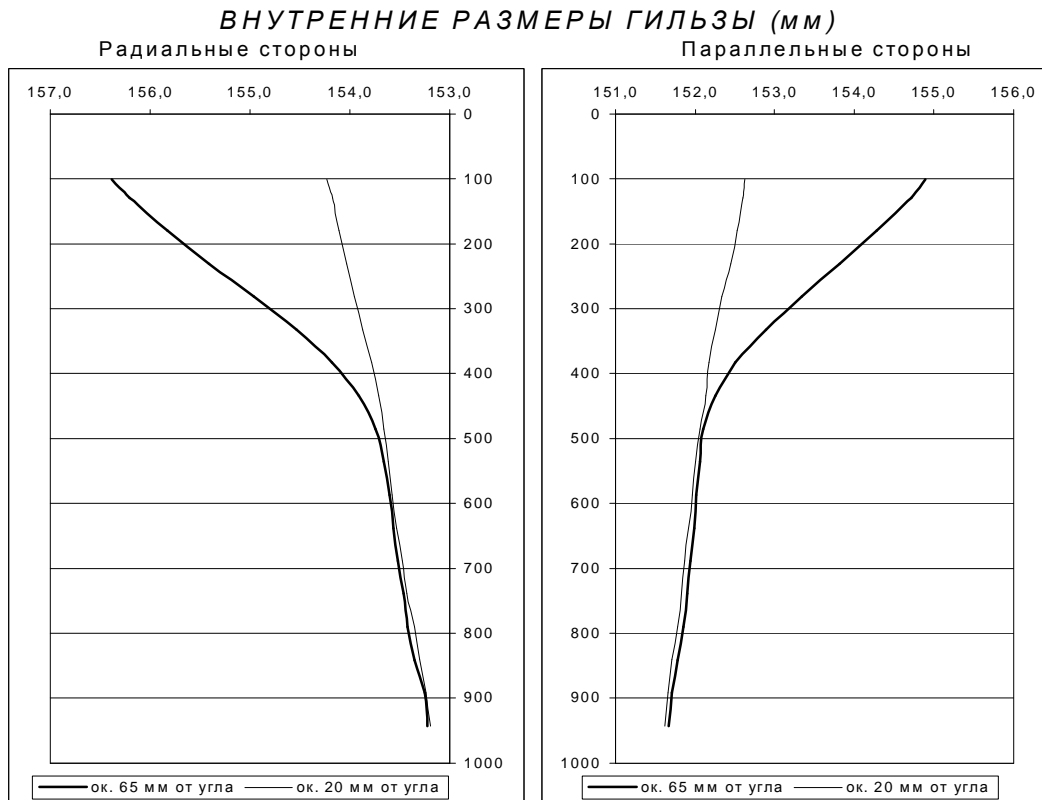


Рис. 2. Замер электронным прибором ММІ-2000 гильзы № 180 для отливки заготовок 150 × 150 мм на МНЛЗ Енакиевского металлургического завода

ЕМЗ является одним из немногих предприятий, где в процессе эксплуатации МНЛЗ для кристаллизаторов использовались гильзы всех ведущих производителей: «КМЕ» (Германия), «Euro Metal» (Италия), «Cobelco» (Япония), ВНИИМЕТМАШ (Россия), АВАХ (КНР-Германия) и «SAAR Metal» (Германия). Это дало уникальную возможность оценить все достоинства и недостатки той или иной конструкции гильз, в частности, максимальные скорости разливки, количество прорывов, показатели качества, ромбичность, а также соотношение цена/качество.

Сравнительные испытания гильз кристаллизаторов на МНЛЗ этого завода показали, что гильзы «ВМ-синус» по эксплуатационным характеристикам, а особенно по доле, в себестоимости тонны разливаемой стали превосходят всех конкурентов, гильзы которых имеют однослойное покрытие.

В последние годы ЕМЗ перешел на закупку гильз кристаллизаторов у двух производителей:

- фирма Cobelco поставляет гильзы конструкции «e-taper» с трехслойным покрытием;
- ВНИИМЕТМАШ – гильзы «ВМ-синус» с однослойным хромовым покрытием.

В настоящее время на МНЛЗ ОАО «ЕМЗ» ведутся испытания гильз «ВМ-синус» с однослойным наноалмаздохромовым покрытием и с двухслойным: никелем и наноалмаздохромовым покрытием, технология которых разработана ЗАО «ЭКА» при участии ВНИИМЕТМАШ.

Внедрение гильз кристаллизаторов конструкции «ВМ-синус» на МНЛЗ фирмы «KSP STEEL» (Казахстан) позволило значительно улучшить показатели работы машины и качество

непрерывнолитой заготовки, в частности, с 12 до 6 мм уменьшилась максимальное значение ромбичности непрерывнолитых заготовок сечением 150 × 150 мм, при среднем значении ромбичности 3,5 мм.

В 2004 г. ВНИИМЕТМАШ по договору с Волжским трубным заводом (ВТЗ) реконструировал МНЛЗ № 2 для отливки трубных заготовок диаметром 156 мм с целью увеличения скорости разливки, качества заготовок и уменьшения их овальности. В ходе реконструкции увеличили зону вторичного охлаждения и интенсивность охлаждения с учетом повышения скорости разливки, а также удлиннили кристаллизатор с 700 до 800 мм и заменили гильзу на гильзу «ВМ-синус», внутренняя геометрия которой представляет собой параболическую поверхность с наложенными на нее синусоидальными воронками. Длина участка распрямления синусоидальной поверхности – 275...350 мм от верхнего торца гильзы. В результате реконструкции МНЛЗ № 2 были достигнуты следующие результаты:

- скорость разливки увеличена на 30 %;
- количество плавов в серии возросло на 35 %;
- отсортировка на обточку непрерывнолитой заготовки по овальности, поверхностным и подповерхностным дефектам уменьшилась в 2,5–3 раза;
- количество прорывов жидкого металла снижено в два раза;
- стойкость гильз возросла на 40 %.

Для решения проблем низкой серийности из-за пониженной скорости разливки и уменьшения объема зачистки непрерывнолитой заготовки, разливаемых на реконструированной фирмой «SMS Demag» МНЛЗ № 2, было принято решение по установке в кристаллизаторы гильз «ВМ-синус». За период работы МНЛЗ № 2 с использованием гильз «ВМ-синус» были получены следующие результаты:

- сокращено количество прорывов металла;
- увеличена серийность
- сокращена длительность разливки с 100 до 80 мин;
- сокращено количество брака и ремонта непрерывнолитой заготовки по трещинам, ужиминам – более чем в два раза.

Таким образом, выход на контрактные показатели работы МНЛЗ № 2, реконструированной фирмой «SMS Demag» стал возможным только при применении гильз кристаллизаторов «ВМ-синус»[3].

По результатам реконструкции МНЛЗ № 2 и модернизации кристаллизаторов фирмы «SMS-Demag» МНЛЗ № 1 с установкой гильз «ВМ-синус» на ВТЗ, руководство трубной металлургической компании (ТМК) поручило ВНИИМЕТМАШ разработку основных технологических узлов при реконструкции блюмовой МНЛЗ «ТМК Решица» (Румыния) с целью литья круглой трубной заготовки диаметром 177 мм. Проведенная реконструкция, в частности, применение кристаллизаторов конструкции ВНИИМЕТМАШ с гильзами «ВМ-синус» позволили получить следующие результаты:

- максимальная овальность не превышала 1,9 %, при допустимом значении 3 %, при этом среднее значение составило 1,2 %;
- качество непрерывнолитых заготовок полностью соответствовала ТУ на трубную заготовку при рабочих скоростях 1,7...2,3 м/мин.

На этом же заводе были проведены работы по модернизации оборудования для обеспечения разливки заготовок диаметром 350 мм со скоростью 0,5–0,6 м/мин.

Данные, полученные при эксплуатации гильз «ВМ-синус» с 4 вогнутостями синусоидальной формы при разливке заготовок диаметрами 156, 177, 196 мм подтвердили адекватность математической модели затвердевания и взаимодействия гильзы «ВМ-синус» и облочки слитка, разработанной во ВНИИМЕТМАШ. На основании этой модели была создана конструкция гильзы «ВМ-синус» с 6 участками синусоидальных вогнутостей для МНЛЗ завода «KSP Steel» для разливки со скоростью 1,0...1,4 м/мин трубных заготовок диаметром 210 мм (рис. 3).

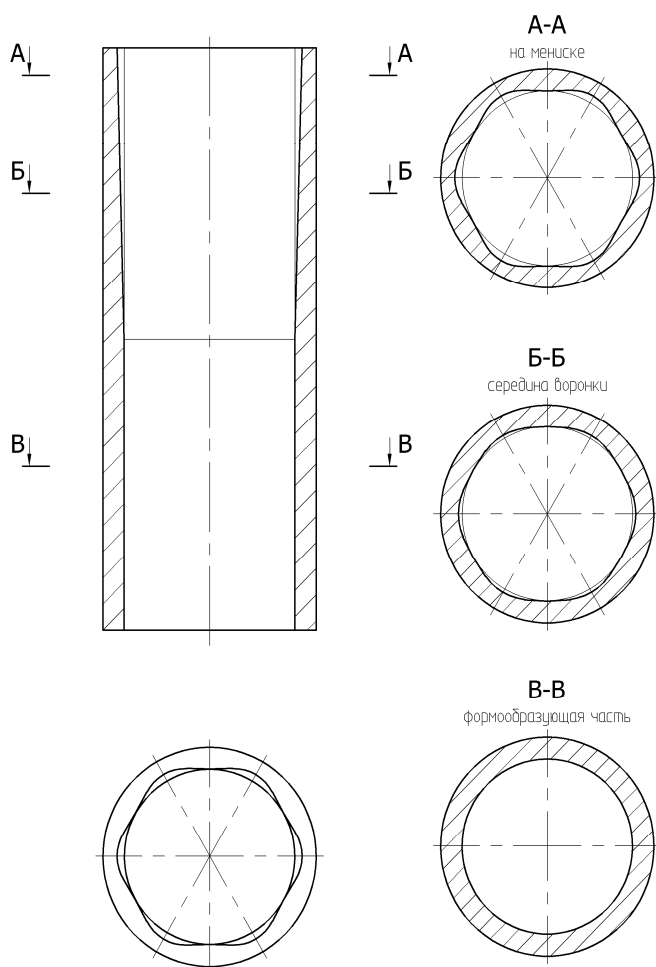


Рис. 3. Гильза кристаллизатора конструкции «ВМ-синус» для литья круглых заготовок с шестью участками синусоидальных вогнутостей

Анализ геометрических параметров заготовок и макроструктуры показал:

- овальность заготовок не превышает 2 %, при этом среднее значение этого параметра составляет 1,43 %;

- при разливке перитектических марок стали отсутствуют поверхностные дефекты в виде ужимин и трещин;

- макроструктура заготовок полностью соответствует ТУ на трубную заготовку.

В настоящее время общепринятой практикой является сдача отработанных гильз в металл. Однако высокая стоимость медного проката и большая доля его в себестоимости (30–40 %) гильз указывает на целесообразность их повторного использования после ремонта. Изучение дефектов медных труб и возможность их устранения при изготовлении новых гильз за счет операции дорнирования – протягивание короткой оправки (дорна) в замкнутом контейнере – являющейся отличительной особенностью технологии производства гильз кристаллизаторов, разработанной во ВНИИМЕТМАШ, позволили установить критерии, по которым можно отобрать на ремонт выведенные из эксплуатации гильзы, и разработать технологию ремонта гильз, применив операцию дорнирования.

По разработанной технологии для МНЛЗ ВТЗ были изготовлены гильзы для литья заготовок диаметром 156 мм из выведенных из эксплуатации гильз фирмы «Europa Metall» диаметром 150 мм.

### ВЫВОДЫ

Анализ результатов эксплуатации ремонтных гильз показал, что стойкость их не меньше стойкости новых гильз, а качество непрерывнолитых заготовок не уступает качеству заготовок, отлитых через новые гильзы.

Высокий технический уровень и большая практическая ценность разработанных во ВНИИМЕТМАШ гильз кристаллизаторов явилась основанием к тому, что на десятках МНЛЗ, в том числе приобретенные по импорту, гильзы иностранных производителей были заменены гильзами конструкции «ВМ-синус».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. РФ № 2308348. Гильзовый кристаллизатор для высокоскоростного непрерывного литья круглых заготовок / В. Б. Ганкин, Г. И. Николаев, И. Н. Шифрин и др. ; опубл. 20.10.2007, Бюл. № 29.
2. Пат. РФ №2325969 В22D 11/04 Гильзовый кристаллизатор для высокоскоростного литья металлов / Г. И. Николаев, В. Б. Ганкин, И. Н. Шифрин и др. ; опубл. 10.06.2008 г, Бюл. № 16.
3. Баландин А. В. Современное состояние непрерывной разливки стали в ЭСПЦ ОАО «ВТЗ» : 60 лет непрерывной разливки стали в России / А. В. Баландин, И. В. Неклюдов, В. В. Морозов ; под ред. С. В. Колтакова и Е. Х. Шахпазова // Сб. статей. – М. : Интерконтакт Наука, 2007. – С. 273–280.