



УДК 669.21

Поступила 06.06.2013

А. В. ДЕМИН, О. М. ГРУДНИЦКИЙ, А. В. ФЕКЛИСТОВ, А. И. РОЖКОВ,
В. В. НИКОЛАЕВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»

ВЛИЯНИЕ КОНУСНОСТИ ГИЛЬЗ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ НА ЕЕ СТОЙКОСТЬ И КАЧЕСТВО РАЗЛИВАЕМОГО СЛИТКА

Рассмотрено влияние конусности гильз кристаллизаторов на ее стойкость и качество разливаемого слитка. Показано, что модификация по изменению конусности позволила оптимизировать профиль медных гильз, чтобы увеличить срок службы, улучшить качество бьюма, повысить производительность машин непрерывного литья заготовок.

The effect of the crystallizers shells conicity on its durability and quality of the cast ingot. It is shown that the modification to change the conicity allowed to optimize the profile of copper shells to increase the quality of the bloom, increase productivity, continuous casting machine.

Кристаллизатор является основным технологическим узлом машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Качество непрерывнолитых заготовок и производительность МНЛЗ напрямую зависят от конструкции кристаллизатора, а также от параметров защитного покрытия его рабочей поверхности.

В технологическом процессе непрерывной разливки стали кристаллизатору отведена одна из главных функций – формирование слитка требуемого сечения. Основное требование к кристаллизатору – обеспечить максимальный отвод тепла от затвердевающей стали к охлаждающей воде и получить на выходе слиток с прочной оболочкой и 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 зависит качество непрерывнолитой заготовки и максимально допустимые скорости разливки.

Конструкция трубчатой гильзы кристаллизатора и толщина ее стенки преследуют цель предотвращения остаточной деформации под воздействием температуры. Деформация гильзы кристаллизатора может привести к значительному снижению срока службы кристаллизатора и повлечь за собой

появление глубоких следов качания и дефектов геометрии заготовок.

Гильза кристаллизатора имеет многоконусную конструкцию, для того чтобы компенсировать усадку заготовки и поддерживать контакт между заготовкой и кристаллизатором. Правильный выбор многоконусной конструкции обеспечивает максимальный контакт до самого низа кристаллизатора и, тем самым, снижает возможность трещинообразования и дефектов формы, таких, как скошенность стенок квадрата и вмятины. Многоконусная конструкция гильзы рассчитывается на основе известных данных по усадке после затвердевания для основных групп марочного сортамента.

После реконструкции МНЛЗ-3 с 2009 г. используются гильзовые кристаллизаторы с трехконусной конструкцией гильзы, анализ использования которых показал, что основным видом разрушения являются царапины, задиры, вмятины и абразивный износ части защитного покрытия гильзы кристаллизатора. Форма царапин и характер их развития свидетельствуют о том, что основные причины их возникновения связаны с трением заготовки в нижней части и по углам гильзы. Причина данного явления – неправильно подобранная конусность гильз при проектировании, причина низкой стойкости гильз – интенсивный износ в нижней части гильзы и изменение геометрических размеров конфигурации гильзы. Использование данной конструкции гильз сечением 250×300 и 300×400 мм влечет раздутие граней слитка на выходе из гильзы и при дальнейшем температурном расширении

механическое повреждение поверхности слитка от роликов под кристаллизатором.

При осмотре поверхности всех используемых гильз кристаллизатора для сечений 250×300 и 300×400 мм отмечено:

- интенсивный износ защитного покрытия и медной основы в нижней части гильзы до 1 мм, при этом средняя часть не подвержена воздействию износа, следствием этого явилось неравномерное охлаждение по длине гильзы;
- имеет место преждевременный отход корочки слитка от стенок гильзы и образование увеличенного газового зазора, а затем под воздействием ферростатического давления внутри слитка подход корочки слитка на выходе к нижней части гильзы;
- раздутие граней слитка на выходе из гильзы и при дальнейшем температурном расширении механическое повреждение поверхности слитка от роликов под кристаллизатором.

Причиной данного явления служит неправильно подобранная конусность гильз при проектировании.

Для увеличения срока службы кристаллизаторов конусности гильз для сечений 250×300 и 300×400 мм были пересчитаны в соответствии с производственным сортаментом на МНЛЗ-3 и реальными скоростями разливки и на основании расчетов изготовлены опытные образцы гильз с новой конусностью (см. таблицу).

Изменение геометрических размеров по конусности гильз

| Сечение | | 250×300 мм | | 300×400 мм | |
|-----------------------------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Конус | От верха, мм | Старый, %/м | Новый, %/м | Старый, %/м | Новый, %/м |
| 1 | 190 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 2 | 400 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,4 |
| 3 | 780 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,8 |
| Стандартная скорость, м/мин | | | 0,90 | | 0,55–0,75 |

Для анализа изменения геометрии гильз в процессе эксплуатации проводили измерения с использованием прибора «Mold Checker» лазер.

На рис. 1, 2 показано изменение геометрии используемой гильзы сечением 250×300 мм в про-



Рис. 1. Изменение геометрии гильзы по широкой грани в процессе использования



Рис. 2. Изменение геометрии гильзы по узкой грани в процессе использования



Рис. 3. Изменение геометрии гильзы по широкой грани в процессе использования



Рис. 4. Изменение геометрии гильзы по узкой грани в процессе использования

цессе эксплуатации от 1-й до 219-й плавки. Из рисунков видно, как изменилась конусность гильзы вследствие прорыва на 1-й плавке.

На рис. 3, 4 показано изменение геометрии опытной гильзы с измененной конусностью сечением 250×300 мм в процессе использования от 0 до 200-й плавки, где наблюдается более равномерный теплосъем и, следовательно, минимальный износ в нижней части гильзы на выходе.

На рис. 5, 6 показаны используемая гильза сечением 250×300 мм после разливки 89 плавков

и опытная гильза с измененной конусностью через 96 плавков.

На рис. 5 просматривается отсутствие воздействия на внутреннюю поверхность в середине гильзы и интенсивный износ на выходе, а на рис. 6 наблюдается равномерное воздействие по всей плоскости от мениска до выхода с незначительным повреждением защитного хромового покрытия.

При проведении исследований влияния конусности гильзы на ее стойкость и качество разливае-



Рис. 5. Гильза после прохождения 89 плавков



Рис. 6. Опытная гильза после прохождения 96 плавков

мого слитка на сечении 300×400 мм получены аналогичные результаты. На рис. 7, 8 показано изменение геометрии используемой гильзы сечением 300×400 мм в процессе эксплуатации.

На рис. 9, 10 показано изменение геометрии опытной гильзы с измененной конусностью сечением 300×400 мм в процессе использования, где наблюдается более равномерный теплосъем и, следовательно, минимальный износ в нижней части гильзы на выходе.

На рис. 11, 12 представлены используемая гильза сечением 300×400 мм после разливки 88 плавов и опытная гильза с измененной конусностью через 74 плавки.

На рис. 13 показаны темплеты качества макроструктуры блюмов сечением 250×300 мм, отлитых на МНЛЗ-3 со скоростью 0,9 м/мин через гильзу старой конусности (ручей 2) и через опытную гильзу новой конструкции по конусности (ручей 4). Исследования эксплуатации гильз кристаллизато-



Рис. 7. Изменение геометрии гильзы по широкой грани в процессе использования



Рис. 8. Изменение геометрии гильзы по узкой грани в процессе использования



Рис. 9. Изменение геометрии гильзы по широкой грани в процессе использования



Рис. 10. Изменение геометрии гильзы по узкой грани в процессе использования



Рис. 11. Гильза после прохождения 88 плавков



Рис. 12. Опытная гильза после прохождения 74 плавков



а



б

Рис. 13. Темплеты поперечного сечения непрерывнолитого бляма сечением 250×300 мм плавки 336006: а – 2-й ручей (сравнительный); б – 4-й ручей (опытный)

ров измененной конструкции по конусности на МНЛЗ-3 показали, что по основным эксплуатационным характеристикам опытные гильзы превосходят ранее рекомендованные к использованию.

Выводы

1. Установлено, что при разливке стали с гильзами, используемыми после реконструкции, происходит усиленное взаимодействие затвердевшей корочки с поверхностью гильзы вследствие несоответствия размеров ее внутренней полости величине усадки заготовки, что ведет к деформации в нижней части гильзы и ускоряет отслоение по-

крытия, а, следовательно, интенсифицирует износ кристаллизатора. Дальнейшее использование такого кристаллизатора может привести к образованию дефектов геометрической формы заготовки из-за ее неравномерного контакта с гильзой, что может стать также причиной прорыва металла под кристаллизатором.

2. Модификация по изменению конусности позволила оптимизировать профиль медных гильз, чтобы увеличить срок службы, улучшить качество бляма, повысить производительность МНЛЗ-3 и снизить эксплуатационные расходы установки.