

А.Ю. Хитько, Л.А. Шапран, В.Е. Хрычиков, Л.Х. Иванова,
С.В. Лазуренко

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАНДАЖИРОВАННЫХ РОЛИКОВ МНЛЗ

Аннотация. В работе представлены и проанализированы результаты промышленных экспериментов, посвященные анализу стойкости бандажированных роликов в МНЛЗ, что позволяет усовершенствовать технологию их изготовления.

Проблема и ее связь с научными и практическими результатами. Анализ условий эксплуатации роликов диаметром 370 и 380 мм на криволинейном участке слябовой МНЛЗ, для которых отливаются заготовки сечением 300x1850 мм, показал, что резко увеличивалась отбраковка роликов по причине повышенного износа и образования развитой сетки термоусталостных трещин. Это объясняется применением вторичного охлаждения водовоздушной смесью на первых четырех секциях криволинейного участка в связи с увеличением протяженности жидкой фазы в непрерывнолитых заготовках сечением 300x1850 мм. Увеличилось также количество роликов, выходящих из строя на криволинейном участке по причине поломок. Как установлено, основной причиной этого являлось нарушение технологии изготовления цельнокованных роликов из хромомолибденванадиевой стали 25Х1М1Ф, в частности, несоблюдение режима термической обработки. Исследования свойств материалов этих роликов показали повышенную твердость и низкую ударную вязкость.

Известно [1], что существующая конструкция серийных цельнокованных роликов, изготовленных из поковок, исчерпала свои возможности. Увеличить стойкость роликов диаметром 370 и 380 мм возможно путем изменения их конструкции и применения новых материалов с повышенной разгаро- и износостойкостью.

© Хитько А.Ю., Шапран Л.А., Хрычиков В.Е., Иванова Л.Х., Лазуренко С.В., 2011

Применение известного способа восстановления роликов наплавкой нержавеющей сплава обеспечит увеличение только износостойкости. Комплексное решение задачи одновременного увеличения разгара- и износостойкости роликов диаметром 370 и 380 мм было достигнуто применением бандажирования бочки роликов биметаллическими втулками (кольцами) с износостойким рабочим слоем, а, следовательно, увеличения стойкости роликов криволинейного участка слябовой МНЛЗ путем создания новой конструкции и применения износ- и разгароустойчивого материала для бочек роликов, для достижения чего решен комплекс исследований по созданию сквозной технологии изготовления составных роликов.

Цель работы заключалась в системном подходе к разработке технологии изготовления бандажированных роликов МНЛЗ с учетом их эксплуатации.

Основные результаты исследования

Особенностью проведенной работы явилось то, что она была начата испытаниями ранее изготовленных бандажированных роликов. Опытная партия роликов была установлена на радиальном участке седьмого ручья МНЛЗ № 4. В процессе эксплуатации несколько роликов вышли из строя по причине поломки оси в наиболее опасном сечении, где монтируется фиксатор. Установлено, что дополнительное ослабление данного сечения вызвано нарушением технологии изготовления роликов: увеличением глубины «глухих» отверстий и снижением прочностных свойств материала оси вследствие нарушения технологии сварки.

С целью увеличения прочности и жесткости оси ролика была уменьшена глубина отверстий под фиксаторы с 45 до 15 мм, а с целью увеличения жесткости всей конструкции роликов – уменьшен зазор между отдельными бандажами до 3 мм.

Кроме того, измерения исходных диаметров биметаллических бандажирующих колец перед монтажом роликов в секции показали, что максимальное отклонение диаметра колец от заданного составляет в центральной части бочек некоторых роликов 0,3 мм. Поэтому при совершенствовании технологии изготовления бандажированных роликов была предусмотрена шлифовка их поверхности.

В соответствии с выполненными усовершенствованиями была изготовлена опытная партия бандажированных роликов (80 шт) диа-

метром 270 и 300 мм, которыми были оснащены два радиальных участка девятого и десятого ручьев МНЛЗ № 5.

Измерение диаметров биметаллических бандажей роликов перед монтажом показало, что ролики выполнены в соответствии чертежами.

Следует отметить, что при изготовлении этой крупной партии бандажированных роликов в качестве заготовок для несущих осей были частично использованы отработанные ролики с неизвестной «биографией».

Первая опытная партия бандажированных роликов диаметром 270 и 300 мм в количестве 40 шт была установлена на радиальном участке седьмого ручья слябовой МНЛЗ № 4, на которой отливали непрерывнолитые заготовки толщиной 250 мм. Опытные секции были оснащены специальными измерительными устройствами, которые посредством стального тросика придавали возвратно-поступательное перемещение штока с измерительным роликом на реохордный датчик перемещения типа ЛХ-705, закрепленный вне МНЛЗ на стенке «бункера» зоны вторичного охлаждения. Сигнал датчиков перемещения с помощью специальной электрической схемы усиливался и регистрировался светолучевым осциллографом типа Н-115. Одновременно на осциллограмму записывали скорость разливки, изменяющуюся в зависимости от чередования технологических операций разливки на МНЛЗ. Измерения производили при пуске МНЛЗ № 4 непрерывно в течение двух серий плавов. Кроме того, для дискретного определения величины максимальных прогибов роликов опытные секции были оснащены специальными приспособлениями со штоками. По величине перемещения штоков определяли максимальный прогиб за серию плавов.

По результатам непрерывных измерений были построены графики изменения прогибов опытных роликов диаметром 270 и 300 мм в зависимости от скоростного режима работы МНЛЗ.

Установлено, что увеличение величины прогибов роликов диаметром 270 мм до 3...3,5 мм происходило в течение первых 30 мин разливки. Затем величина прогиба колебалась в пределах 1...3 мм в зависимости от скорости разливки (технологических операций) в течение всей серии плавов. Увеличение прогибов роликов диаметром 300 мм до величины 5...6 мм происходило в течение первых 40...50

мин с момента начала разлива. В дальнейшем величина прогибов роликов колебалась в пределах 2,5...6 мм. Максимальной величины прогибы роликов диаметром 300 мм достигали в конце серии плавков перед выходом холодного конца непрерывнолитой заготовки.

Периодические измерения через каждые 500...600 плавков также показали, что за межремонтную кампанию величина прогибов роликов диаметром 279 и 300 мм колебалась в пределах 2...3 и 3...6 мм соответственно.

В процессе эксплуатации наблюдали за конструкционной прочностью бандажированных роликов. В результате установлено, что на некоторых роликах были смещены бандажи, а часть роликов вышла из строя по причине поломки оси по наиболее опасному сечению с отверстием под фиксатор.

Анализ осмотра сечений разрушенных осей показал, что глубина отверстий под фиксаторы превышала заданные по чертежам размеры, была нарушена технология сварки с осью и заправки полых фиксаторов. В связи с этим были внесены изменения в конструкцию роликов и технологию их изготовления.

Представляет особый интерес положительный результат испытания и внедрения бандажированных биметаллическими кольцами роликов на седьмом ручье МНЛЗ № 4. Все ролики, кроме замененных без дополнительной ревизии, были оставлены в МНЛЗ на повторный регламентный срок эксплуатации, так как исследования после первого межремонтного срока показали отсутствие на бандажах термоусталостных трещин сетки разгара, а максимальный износ не превышал 0,3 мм.

После завершения двух межремонтных сроков эксплуатации роликов были демонтированы с МНЛЗ № 4 и обследованы. Анализ результатов измерения износа центральных частей бочек крайних роликов показал, что максимальный износ опытных роликов за два межремонтных срока не превысил 0,6 мм, в то время как износ серийных роликов на сравнительном восьмом ручье МНЛЗ № 4 за один межремонтный срок составил 2,8...3,2 мм.

Визуальный осмотр бандажированных роликов после 2982 плавков наработки показал отсутствие развитой сетки трещин разгара на неприводных роликах и наличие развитой сетки разгара на отдельных центральных бандажах приводных роликов. Часть «верху-

шек» опытных секций, например, с роликами 300 мм, была поставлена на подмену на пятый ручей МНЛЗ № 3 (сляб 300 мм) с целью определения максимальной стойкости. Общая стойкость бандажированных роликов составила 4009 плавов.

В процессе эксплуатации МНЛЗ № 4 имели место остановки, связанные с прорывами. После прорывов секции с серийными коваными роликами, как правило, демонтируют из-за отсутствия возможности очистить кованые ролики от заливов стали. Опыт непрерывной эксплуатации бандажированных биметаллическими кольцами роликов в течение двух регламентных сроков показал отсутствие налипания и сваривания со сталью непрерывнолитых заготовок при прорывах, т.е. ролики с биметаллическими бандажами повышали ремонтнопригодность роликовой проводки радиального участка МНЛЗ. В процессе эксплуатации МНЛЗ, в частности из-за нарушений нормального режима разлива, происходило нарушение настройки отдельных секций. В результате, в течение короткого срока (400...500 плавов), происходила неравномерная выработка кованых роликов и нарушение геометрии непрерывнолитых заготовок. В случае же нарушения настройки секции второго механизма неравномерная выработка бандажированных роликов в течение практически 1000 плавов после прорыва в среднем не превысила 0,6 мм.

Анализ результатов измерений износа показал, что в случае нарушения настройки (параллельности) верхней и нижней секций в кассетах происходил неравномерный износ роликов по длине бочки. Средняя величина износа составила 0,6 мм. Качество поверхности роликов было удовлетворительным. Приводные ролики после перешлифовки на ремонтный размер 264 мм, а неприводные без перешлифовки, могли быть установлены для продолжения эксплуатации.

Как отмечалось выше, опытная партия (80шт) бандажированных роликов диаметром 270 и 300 мм была изготовлена по усовершенствованной технологии с учетом изменений в конструкции роликов. При очередном капитальном ремонте МНЛЗ № 5 радиальные участки девятого и десятого ручьев были оснащены опытными роликами. В пусковой период производили измерения прогибов опытных роликов по усовершенствованной методике, по которой была предусмотрена установка реохордных датчиков с более высокой чувствительностью непосредственно на измерительные устройства в кассетах,

т.е. при этом исключалась погрешность, вносимая температурным расширением и пластической деформацией стального тросика, примененного ранее в измерительной схеме.

Измерения термоупругих характеристик бандажированных роликов на МНЛЗ № 5, отливающей слябы толщиной 300 мм, показали, что в течение первой серии плавов прогибы роликов диаметром 270 мм достигали величины 3...4 мм, а прогибы роликов диаметром 300 мм – 5...6 мм. Максимальные прогибы были зафиксированы при значительных снижениях скорости разливки. Средняя величина прогибов при устоявшемся режиме разливки 0,6...0,7 мм/мин составляла около 50 % от их максимальной величины.

Полученные данные подтверждают работу роликов с биметаллическими бандажами в упругой области и согласуются с данными по опытному ролику на МНЛЗ № 4. Увеличение прогибов опытных роликов МНЛЗ № 5 на 0,2...0,5 мм объясняется увеличением ферростатической составляющей нагрузки на ролики при литье сляба сечением 300x1850 мм.

В процессе эксплуатации МНЛЗ № 5 после 300 плавов произошло увеличение раствора между бандажированными роликами на 1,0...2,0 мм по технологической оси МНЛЗ, что отрицательно влияет на формирование непрерывнолитой заготовки на радиальном участке. Измерения раствора между серийными цельноковаными роликами замененных секций МНЛЗ № 5 показали аналогичные результаты.

С целью определения роли бандажированных и кованных роликов в таком значительном увеличении раствора по технологической линии провели сравнительные исследования прогибов роликов при воздействии статической нагрузки. Ролики, попарно установленные в двух опорах (на подшипниковых шейках), нагружались грузом массой 16 т. Измерения величины прогибов роликов проводили с помощью специального штатива и индекса часового типа с точностью $\pm 0,01$ мм. Прогибы бандажированных и кованных роликов диаметром 270 мм составили соответственно 1,75 и 1,5 мм, роликов диаметром 300 мм – соответственно 1,0 и 0,8 мм.

Результаты измерений позволяют сделать вывод, что бандажированные и кованные ролики работают в упругой области. Установлено, что большие на 0,20...0,25 мм прогибы бандажированных по

сравнению с коваными роликов не могут быть причиной увеличения на 1...2 мм раствора между роликами.

После наработки 1384 плавов на МНЛЗ № 5 была остановлена на очередной плановый ремонт. Во время эксплуатации производили единичные подмены роликов, которые вышли из строя по причине изгиба или поломок осей, в частности, из-за нарушения режима охлаждения роликов. Поломки осей происходили не по фиксаторам, как в случае с роликами МНЛЗ № 4, а между бандажами. Это могло быть вызвано двумя причинами: недостаточной жесткостью осей роликов и низким уровнем свойств материала осей, для изготовления которых использовали отработавшие 1 и 2 кампании ролики производства Румынии, условия эксплуатации которых не известны.

При обследовании роликовых секций бандажированных роликов после 1384 плавов наработки установлено, что отклонение раствора между роликами вдоль технологической линии в средней части секции составило 0,15...0,3 мм. В одной секции с одной стороны обнаружено увеличение раствора на 1,5 мм по причине расслабления стяжки. Отклонения выставки роликов по шаблону в секциях по малому радиусу составляли 0,2 мм, по большому радиусу не более 0,3 мм. Ролики сохранили конструкцию, т.е. отсутствовало осевое смещение бандажей. Оценка разгаростойкости показала отсутствие термоусталостных трещин. Износ бандажей крайних (первых и пятых) роликов в секциях не превышал 0,3 мм. Осмотр опорных узлов показал отсутствие разрушенных подшипников.

Таким образом, техническое состояние роликовых секций, оснащенных бандажированными биметаллическими кольцами роликов позволило установить их без промежуточного обслуживания на следующий срок эксплуатации МНЛЗ № 5, которая была перестроена на отливку слябов толщиной 250 мм.

Выводы. Системный подход при анализе эксплуатации роликовых секций, оснащенных бандажированными биметаллическими кольцами роликов, позволил установить влияние и разработать усовершенствованную технологию их изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шапран Л.А. Разработка и освоение технологии изготовления биметаллических центробежнолитых роликов машин непрерывного литья заготовок: дис. ...кандидата техн. наук: 05.16.04.– Д., 2009. – 214 с.