



*The current state is analyzed and perspectives of modernization of machine of the slugs continuous casting at Belorussian metallurgical works are given.*

В. А. МАТОЧКИН, В. Э. МАРУШКЕВИЧ, О. П. КРАСЮК, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК № 3 НА РУП «БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

По мере совершенствования изделий общего машиностроения и автомобилестроения возрастают требования к качеству металлопродукции, что влечет за собой необходимость совершенствования технологии и используемого оборудования для получения качественной стали. Введенная в эксплуатацию в 1989 г. блюмовая МНЛЗ № 3 в электросталеплавильном цехе № 2 РУП «БМЗ» уже была реконструирована в 1998 г. В период данной реконструкции были применены новые технические решения: кристаллизатор с хромированным покрытием, катушки электромагнитного перемешивания, новые зоны вторичного охлаждения и система управления непрерывной разливкой. В результате проведенных мероприятий значительно увеличена производительность МНЛЗ, улучшена макроструктура получаемых блюмов сечением 250×300 и 300×400 мм, снижена ликвация углерода, серы и фосфора.

Однако последующая работа оборудования показала, что проведенная реконструкция не исключила наличие поверхностных дефектов (продольные трещины), а также дефектов макроструктуры типа «ликвационные полосы» [1].

Техническими специалистами завода ведется постоянная работа по усовершенствованию технологии выплавки и разливки стали, подбору огнеупорных материалов, улучшению эксплуатации отдельных узлов оборудования и механизмов, освоению новых наукоемких видов продукции.

В 2007–2008 гг. реализованы проекты по внедрению кислородных технологий «Модульная система инжекторов подачи кислорода и природного газа» на ДСП-2 и ДСП-3. Данная система предназначена для оптимизации подачи кислорода и угольной пыли, увеличения производительности

и уменьшения воздействия на экологическую среду отходящих газов, добавления экзотермической энергии к энергии электрической дуги. При этом на клапанных стендах производятся очистка природного газа и кислорода от механических примесей, учет расхода и измерения его параметров, предохранение от возможного повышения или понижения давления в трубопроводах природного газа и кислорода сверх допустимых пределов. После внедрения процесса интенсификации жидкой стали в дуговых печах получена возможность увеличения производительности каждой из печей до уровня 1 млн. т в год. Для обеспечения производства потребовалось значительное увеличение производительности МНЛЗ.

Таким образом, проведение ряда дополнительных мероприятий позволили увеличить объемы выплавки жидкой стали к 2006 г. в 3 раза (превысили проектное значение 700 тыс. т в год), а по итогам 2008 г. составили 2,5 млн. т.

Необходимость проведения масштабной реконструкции совпала со строительством на РУП «БМЗ» комплекса для производства бесшовных горячекатаных труб, который введен в эксплуатацию в 2007 г. Исходной заготовкой для бесшовной трубы является круглая заготовка диаметром 140–200 мм, в настоящее время освоено производство труб из горячекатаного круга диаметром 140 мм, который производится на прокатном стане 850. Однако в целях снижения себестоимости выпускаемых труб перед техническими службами завода была поставлена задача по исключению прокатного передела.

В 2005 г. на одном из ручьев МНЛЗ-3 проведена пробная разливка трубной заготовки диаметром 200 мм с использованием опытного гильзового

кристаллизатора, измененной конструкцией секции вторичного охлаждения и затравки. По ходу разливки производился контроль работы ШОС, разницы температур воды на входе и выходе из кристаллизатора, токовой нагрузки трайбаппарата, а также иных параметров, предусмотренных в нормативной документации по технологии разливки.

В результате разливки была получена опытная круглая заготовка, что подтвердило возможность разливки заготовки круглого сечения после модернизации МНЛЗ-3. Макроструктура заготовки показала необходимость модернизации зоны вторичного охлаждения, включая изменение типа форсунок и количество расходуемой воды.

8 июня 2007 г. был подписан контракт между РУП «БМЗ» и компанией «Даниели» (Италия) на поставку комплекса оборудования, инжиниринга и услуг для модернизации машины непрерывного литья заготовок № 3. В результате модернизации МНЛЗ-3 станет производить высококачественную непрерывнолитую заготовку сечением 250×300, 300×400 мм, а также круглую заготовку диаметром 200 мм для производства бесшовных горячекатаных труб. Кроме итальянской компании, в конкурсе приняли участие немецкая компания «Сименс-ФАИ», а также консорциум ЗАО «ТМС» (РФ) – ОАО «АХК ВНИИМЕТМАШ» (РФ) – АО «НКМЗ» (Украина). Необходимо отметить, что компании «Даниели» и «Фёст-Альпине» (позже вошедшая в компанию «Сименс-ФАИ») являлись генподрядчиками при строительстве Белорусского металлургического завода в 1982–1984 гг., а МНЛЗ-3 изначально была спроектирована и построена итальянскими специалистами.

Перед проведением конкурса техническими специалистами БМЗ была разработана концепция модернизации МНЛЗ, на основании которой сформировано техническое задание на поставку оборудования. С учетом специфики существующего производства и опыта, приобретенного в процессе эксплуатации оборудования и предыдущей модернизации, разработанная концепция содержала соответствующие принципиальные технологические и компоновочные решения. Учитывая необходимость значительного повышения производительности МНЛЗ, акцент был сделан на необходимость поставки оборудования с высокими эксплуатационными показателями, низкой потребностью в техническом обслуживании и высоким уровнем автоматизации управления технологическим процессом. В результате глубокой предварительной проработки, а также опыта «Даниели» в области проектирования современных компактных производственных агрегатов совместные технические

и технологические решения позволяют получить после реконструкции машину непрерывного литья современного типа, в которой будут реализованы самые новейшие достижения в области непрерывной разливки.

Для повышения качества разливаемого металла в кристаллизаторе предполагается установка новых катушек электромагнитного перемешивания, что позволит сократить количество неметаллических включений на поверхности слитка и подповерхностном слое, а также сделать более однородным распределение включений по сечению слитка. В ходе модернизации существующий эксцентриковый механизм качания кристаллизатора будет заменен на электрогидравлический. Реализация технологии электрогидравлического механизма позволит плавно изменять частоту и амплитуду в процессе разливки стали с учетом технологических параметров, что снизит глубину поверхностных дефектов, особенно на перитектических марках стали.

Основным параметром, который учитывался при расчете параметров качания, является время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору. Оно определяется как интервал времени, в течение которого кристаллизатор движется быстрее при том же значении скорости разливки. Ее зависимость по отношению к параметрам качания имеет вид

$$NST = \frac{60}{\pi f} \arccos\left(\frac{V_c}{\pi f s}\right),$$

где  $V_c$  – скорость разливки, м/мин;  $f$  – частота качания, качаний в мин;  $s$  – амплитуда, м.

Время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору имеет прямое отношение к глубине следов качания. Мелкие следы качания наблюдаются, когда кристаллизатор качается с высокой частотой и сравнительно короткой амплитудой, обеспечивая короткое время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору. Практический опыт показывает, что оптимальная величина частоты  $t_n$  составляет около 0,12 с.

Предпосылкой для изменения частоты при изменении скорости разливки является поддержание постоянного показателя времени отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору. Получаемый на основании этого расчет вводится в систему управления АСУ непрерывной разливки для работы в автоматическом режиме.

Предлагаемая в процессе модернизации гильза кристаллизатора имеет многоконическую конструкцию, для того чтобы компенсировать усадку за-

готовки 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.

Конструкция кристаллизатора предусматривает высокую скорость воды в зазоре. Это направлено на поддержание температуры меди на достаточном низком уровне, чтобы избежать закипания воды, особенно возле мениска. Неконтролируемое кипение характеризуется нестабильной теплопередачей с периодическими изменениями температуры медной стенки. Подобная ситуация ведет к остаточной деформации гильзы. Более того, повышение температуры стенки способствует осаждению растворенных солей. Возникновение кипения зависит не только от скорости воды, но также и от давления в зазоре кристаллизатора. Фактически существует хорошо известная связь между температурой кипения и давлением. Ширина зазора между гильзой кристаллизатора и рубашкой находится в диапазоне 3,25–4,00 мм с высокой точностью по допускам.

Также будет реализована система динамического мягкого обжата блюмов. Спроектированный правильно-тянущий механизм состоит из девяти модулей, на каждом из которых будет осуществляться обжатие за счет прилагаемого усилия роликов. Технология мягкого обжата на МНЛЗ-3 будет применяться при разливке блюмов 250×300 и 300×400 мм длиной от 8,8 до 9,6 м. Для расчета длины жидкого конуса и процентного соотношения твердой фракции слитка разработана оперативная математическая модель затвердевания, с помощью которой система автоматизации передает соответствующий сигнал на гидроцилиндры трайбаппаратов. По оценкам мировых производителей литой заготовки, использующих технологию мягкого обжата, оптимальный диапазон для начала и окончания зоны мягкого обжата для всего марочного сортамента сталей находится в следующей зависимости от состояния твердой фракции:  $F_s > 0,2$  и  $F_s < 0,8$ . Динамический метод применения мягкого обжата является значительно слож-

ным по сравнению со статическим, однако вместе с тем позволяет обеспечить более высокую гибкость при разливке.

Разработана новая технология охлаждения, складирования, транспортировки и передачи круглой заготовки в трубопрокатный цех. Специалистами обеих организаций регулярно проводятся рабочие совещания и переговоры с целью выработки наиболее оптимальных проектных и технологических решений.

Благодаря современным техническим решениям необходимая производительность будет достигнута путем установки оборудования с низкой потребностью в техническом обслуживании, а также путем высокого уровня автоматизации управления технологическим процессом. Основное технологическое оборудование, непосредственно влияющее на кристаллизацию слитка, разработано на основании предварительного компьютерного моделирования всех технологических процессов. Гибкость МНЛЗ будет заключаться в возможности быстрой переналадки оборудования на другой тип сечения, что позволит оперативно реагировать на возможные изменения запланированной производственной программы. Особое внимание при проектировании установки уделено сокращению расходов на производство литой заготовки путем снижения энергопотребления МНЛЗ, повышения выхода годной продукции, а также сокращения затрат на техническое обслуживание и запасные части ввиду их простоты и надежности.

При разработке базового инжиниринга по инициативе РУП «БМЗ» в конструкцию МНЛЗ внесены изменения, позволяющие в будущем осваивать различный сортамент круглой непрерывнолитой заготовки для последующей отгрузки как товарной продукции. Таким образом, будут созданы условия для выхода на мировые рынки с новым видом металлопродукции, экспорта круглой непрерывнолитой заготовки на трубные заводы СНГ и дальнего зарубежья. Очевидно, что в нынешних условиях экономической ситуации в мире выживут лишь те предприятия, которые даже в это непростое время сумеют не только разработать, но и реализовать наиболее правильную стратегию своего развития.

### Литература

1. Анализ влияния особенностей конструкции оборудования блюмовой МНЛЗ на качество непрерывнолитых заготовок / В. А. Маточкин, А. Б. Стеблов, Ю. М. Айзин и др. // Сталь. 2003. № 2.
2. Чигринов М. Г., Чигринов А. М., Пруцков М. Е. Производство мелких непрерывнолитых заготовок. М.: «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ», 1998.
3. Лин Дж. Б. Исследование непрерывной разливки стали. М.: Международный институт черной металлургии, 1982.
4. Лякишев Н. П., Шалимов А. Г. Развитие технологии непрерывной разливки стали. М.: Элиз, 2002.
5. Кудрин В. А., Шишимиров В. А. Металлургия стали. М.: Металлургия, 2003.