



It is shown that carried out complex of reconstruction enterprises at MNLZ-3 enabled to improve its efficiency by 26% at providing of required level of qualitative characteristics, as well as to master a new type of product – continuously-cast round slug in diameter 200mm for production of seamless tubes in tube-rolling shop.

А. А. СОТНИКОВ, А. В. ДЕМИН, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

КОМПЛЕКСНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ МНЛЗ–3 БЕЛОРУССКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА, НАПРАВЛЕННАЯ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЛЮМОВ, РАСШИРЕНИЕ СОРТАМЕНТА И УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В период сентябрь-декабрь 2009 г. в электро-сталеплавильном цехе № 2 РУП «Белорусский металлургический завод» проведена комплексная реконструкция машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) № 3. Рассчитанная, согласно проектной документации на производительность 350 тыс. т в год и претерпевшая частичную модернизацию в 1998 г., направленную на увеличение производительности до 460 тыс. т в год и повышение качества, к 2008 г. МНЛЗ-3 фактически перешагнула 700-тысячный рубеж. Учитывая дальнейшие планы по увеличению производительности до 1000 тыс. т/год, а также потребность в расширении сортамента разливаемых профилей блюма с целью обе-

спечения нового трубного производства, пущенного в эксплуатацию в 2008 г., круглой непрерывно-литой заготовкой диаметром 200 мм, глобальная реконструкция стала необходимым условием дальнейшего развития. Генеральным подрядчиком и поставщиком оборудования для проведения реконструкции была выбрана фирма «Danieli» (Италия).

Технические решения, реализованные в проекте реконструкции, обусловлены поставленными целями и характеризуются выбором высококачественного и высокопроизводительного оборудования, благодаря которому можно добиться исключительно эффективных производственных результатов при незначительном количестве работающих

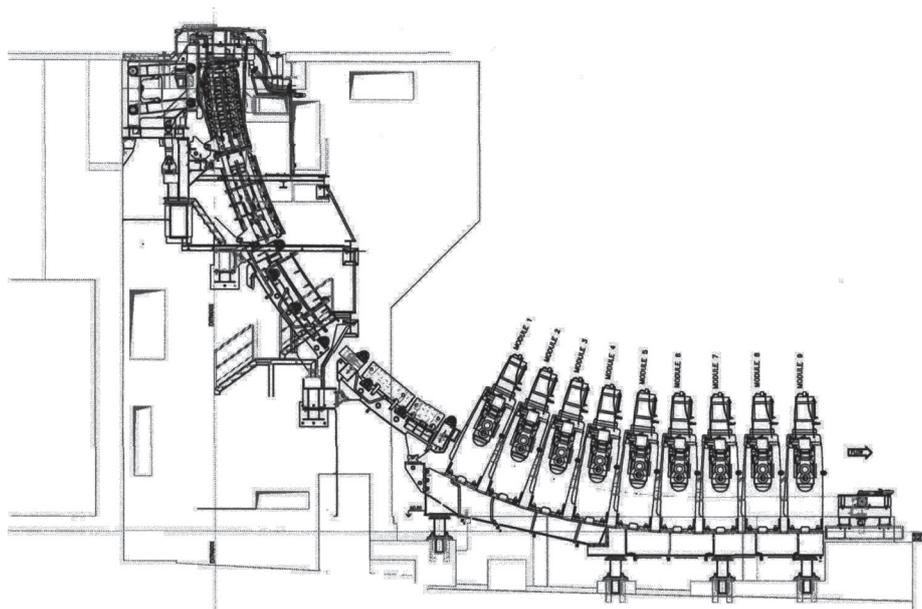


Рис. 1. Схема непрерывной разливки блюмовых заготовок сечением 250×300 и 300×400 мм и круга сечением 200 мм на четырех ручьевой МНЛЗ (после реконструкции)

и невысоком удельном энергопотреблении, что делает машину непрерывной разливки заготовок высококонкурентоспособной. Схематическое изображение МНЛЗ-3 после реконструкции приведено на рис. 1.

Основные реконструктивные мероприятия:

- увеличение базового радиуса МНЛЗ с 10 до 13,5 м;
- замена прямого сборного кристаллизатора на радиальный гильзовый с одновременным исключением вертикального участка ЗВО;
- увеличение длины ЗВО и переход с водяного на водовоздушное охлаждение;
- замена электромеханического привода качания кристаллизатора на гидравлический;
- увеличение числа трайб-аппаратов правильно-тянущего механизма до 9 шт. на каждый ручей с внедрением систем многоточечного разгиба и динамического мягкого обжатия блюмов;
- комплекс сменного оборудования и установка холодильника для разливки и охлаждения блюмов круглого сечения диаметром 200 мм.

Конструкция гильзового кристаллизатора

Гильза кристаллизатора имеет многоконусную конструкцию, позволяющую поддерживать максимальный контакт между образовавшейся корочкой и стенкой кристаллизатора до самого его низа, что снижает возможность трещинообразования и дефектов формы, таких, как скошенность стенок прямоугольника, а также преследующую цель предотвращения остаточной деформации под воздействием температуры. Деформация гильзы кристаллизатора могла бы привести к значительному снижению срока службы кристаллизатора и повлечь за собой появление глубоких следов качания и дефектов формы у заготовок.

Конструкция рубашки охлаждения предусматривает высокую скорость воды в зазоре, что направлено на поддержание температуры медной стенки на достаточно низком уровне, чтобы избежать закипания воды, в особенности в критической зоне возле мениска. Ширина зазора между гильзой кристаллизатора и рубашкой находится в диапазоне 3,25–4,00 мм с высокой точностью по допускам. Это решение является оптимальным с точки зрения предъявляемых требований к скорости протока воды и практических ограничений, существующих вследствие падения давления воды в кристаллизаторе. Для обеспечения постоянства водяного зазора водяная рубашка подвергается механической обработке с узким допуском.

Непосредственно под гильзой кристаллизатора располагается ряд опорных роликов, основное назначение которых заключается в поддержании за-

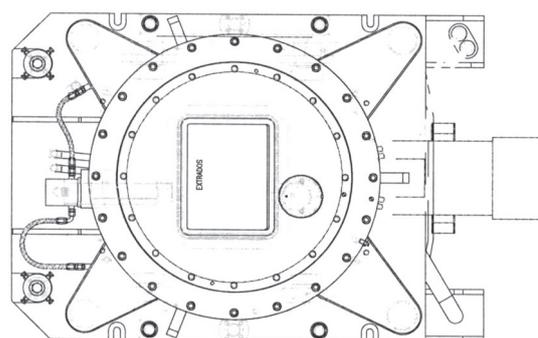
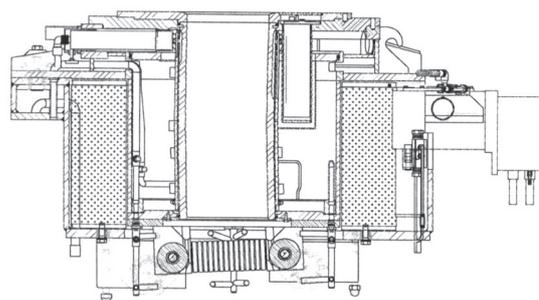


Рис. 2. Конструктивная схема кристаллизатора сечением 250×300 мм

готовки на выходе из кристаллизатора. При их отсутствии заготовка может оцарапать стенку нижней части гильзы, сокращая, тем самым, срок ее службы и вызывая появление дефектов поверхности блюма. Схематически конструкция кристаллизатора показана на рис. 2.

Практический опыт работы на аналогичных разливочных машинах показал, что при правильной эксплуатации и техобслуживании средний срок службы медной трубчатой гильзы кристаллизатора составляет более 250 плавков для круглых заготовок диаметром 200 мм, для сечения 250×300 и 300×400 мм более 350 плавков.

Механизм качания кристаллизатора

Гидравлический привод механизма качания фирмы «Danieli» в отличие от старого электромеханического позволяет изменять параметры возвратно-поступательного движения (частоту и амплитуду) во время разливки в зависимости от температурно-скоростных режимов движения заготовки. Благодаря внедрению гидравлического качания кристаллизатора были достигнуты следующие улучшения: сокращение глубины следов качания ориентировочно на 50%; получение следов качания более правильной и ровной формы; более высокое качество поверхности проката всего производимого сортамента.

Основным показателем, который учитывался при определении параметров качания, является время отставания движения заготовки по отноше-

нию к кристаллизатору. Оно определяется как интервал времени, в течение которого кристаллизатор движется быстрее при постоянном значении скорости разливки. Его зависимость от параметров качания выражается следующей формулой:

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

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

Время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору имеет прямое отношение к глубине следов качания. Мелкие следы качания имеют место, 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 T_n составляет около 0,12 с.

Так называемое опережение кристаллизатора (ML) является дополнительным фактором, который влияет на качество поверхности. ML определяется как часть полной амплитуды качания, покрываемой кристаллизатором во время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору:

$$ML = S \sin(\pi F T_n) - V_c T_n,$$

где S – полная амплитуда, мм; F – частота, качаний/мин; $T_n - NST/60$, с; V_c – скорость разливки, м/мин.

Показатели ML в диапазоне 3,0–5,5 мм создают условия трения между заготовкой и кристаллизатором, приводящие к удовлетворительному качеству поверхности слитка. Показатели ML ниже 2 мм приводят к недостаточному взаимодействию между стенками кристаллизатора и поверхностью стали (может иметь место прилипание). При показателях ML свыше 5,5 мм соответствующее избыточное взаимодействие приводит к нерегулярным и глубоким следам качания, отрицательно сказывающимся на качестве поверхности заготовки.

Новая конструкция системы вторичного охлаждения с применением комбинированного водяного и водовоздушного охлаждения

Конструкция обеспечивает быструю равномерную скорость затвердевания и предотвращает появление металлургических дефектов как поверхностных, так и внутренних. Это достигается в ре-

зультате удлинения протяженности ЗВО в связи увеличившимися скоростями разливки; повышения эффективности теплоотвода и в то же время более мягкого воздействия на поверхность блюма за счет применения водовоздушной высокодисперсной смеси; сведения к минимуму разницы в скорости охлаждения между центром и углами граней слитка за счет оптимального расположения душирующих форсунок.

Регулировка расхода охлаждающего агента производится по двум независимым системам для каждой зоны каждого ручья, что обеспечивает сбалансированное охлаждение всех сторон блюма – отдельно внутренний и внешний радиус, отдельно боковые стороны.

Система вторичного охлаждения подразделяется на ряд независимых зон, каждая из которых управляется индивидуально с помощью системы автоматизации 2-го уровня. Такая конструкция создает режим охлаждения, обеспечивающий минимальные напряжения в теле слитка, и позволяет плавно сократить коэффициент теплопередачи от момента выхода заготовки из кристаллизатора до конца ЗВО, где дальнейший теплоотвод осуществляется только за счет естественной конвекции воздуха и излучения.

Зона многоточечного разгиба

В основу принципа системы многоточечного разгиба положены минимальные величины удлинения участков поверхности блюма, испытывающих растягивающие деформации (табл. 1), для предотвращения возможности образования дефектов даже при самых жестких условиях разливки.

Зона разгиба спроектирована для выполнения правки слитка с жидкой сердцевиной. Таким образом, при вытягивании слитка происходят плавные переходы от базового радиуса к прямому участку по следующей схеме: сначала от радиуса 13 м к радиусу 18 м, затем от 18 м к 34 м и, наконец, от 34-метрового радиуса к бесконечному. Начало разгиба происходит на удалении от мениска жидкого металла в кристаллизаторе 18,61 м и окончание – на отметке 22,21 м.

Важными параметрами для снижения вероятности трещинообразования в блюмах при разгибе являются температура и скорость разливки, например, чрезмерное охлаждение блюма до температуры поверхности ниже 850 °С многократно повы-

Т а б л и ц а 1. Величины удлинения

Группа стали	1	2	3
Максимальное удлинение поверхности раздела твердое/ жидкое состояние, %	0,30–0,35	0,15–0,20	0,08–0,10
Максимальное удлинение на поверхности заготовки, %	0,9	0,9	0,9

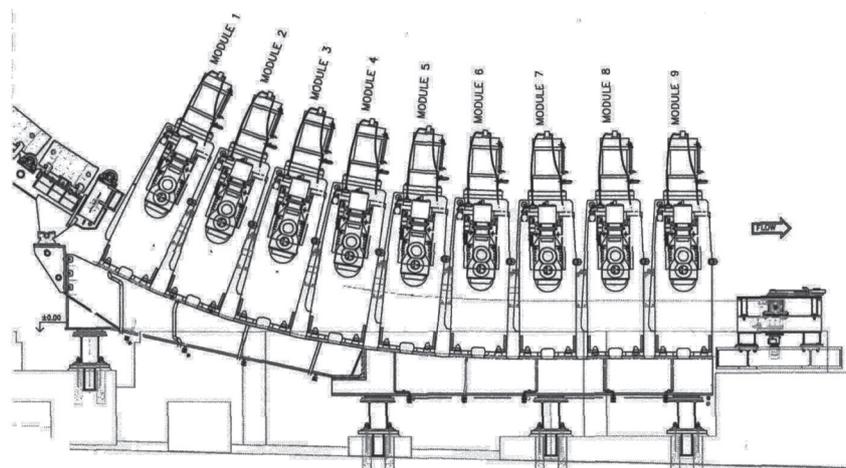


Рис. 3. Правильно-тянущий механизм с системой мягкого обжата

Таблица 2. Расположение модулей от мениска металла

Номер модуля	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние от мениска, м	15	16,2	17,4	18,6	19,8	21,0	22,2	23,4	24,6
Радиус, м	13	13	13	13/ 18	18	18/34	34 / ∞	∞	∞
Модуль в процессе мягкого обжата	нет	да	да	да	да	да	нет	нет	нет

шает вероятность образования трещин. Точная регулировка вторичного охлаждения с целью поддержания температуры поверхности при правке порядка 950–1000 °С может решить эту проблему.

Система мягкого обжата

Спроектированный компанией «Danieli» (Италия) правильно-тянущий механизм состоит из девяти модулей, на каждом из которых предусмотрено обжатие роликами. Для расчета длины жидкого конуса и соотношения доли твердой и жидкой фаз слитка разработана оперативная математическая модель затвердевания, с помощью которой система автоматизации передает соответствующий сигнал на гидроцилиндры трайб-аппаратов. Система DDSR, спроектированная итальянскими специалистами, подразумевает оптимальный диапазон для начала и окончания зоны мягкого обжата для всего марочного сортамента сталей в следующей зависимости от доли твердой фазы в слитке: $0,8 > F_s > 0,2$. Схема правильно-тянущего механизма приведена на рис. 3.

Положение валков управляется автоматически с помощью позиционных датчиков, установленных на гидроцилиндры трайб-аппаратов.

Использование системы мягкого обжата позволило повысить скорости разливки на 25%, при этом

получать качество макроструктуры блюмов согласно требованиям нормативной документации.

Комплекс сменного оборудования и установка холодильника для разливы и охлаждения блюмов круглого сечения диаметром 200 мм

Указанный комплекс оборудования позволил производить непрерывнолитой блюм круглого сечения диаметром 200 мм для последующего производства трубной заготовки, по форме максимально приближенный к конечной продукции. Использование круглых блюмов позволило исключить их дополнительный передел на стане 850 в горячекатаную заготовку и существенно повысить рентабельность производства бесшовных труб в трубопрокатном цехе.

Вывод. Выполненный комплекс реконструктивных мероприятий на МНЛЗ-3 позволил повысить ее производительность на 26% при обеспечении требуемого уровня качественных характеристик, а также освоить новый вид продукции – непрерывнолитую круглую заготовку диаметром 200 мм для производства трубы, что позволит исключить промежуточный передел на стане 850, сократить затраты и повысить рентабельность производства бесшовных труб в трубопрокатном цехе.