



*It is shown that the offered technology of heating with creation of «temperature wedge» has a positive effect on the rolling technology as a whole and on the finished goods quality improvement.*

А. В. НАЛИВАЙКО, ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ»,  
Н. А. РУЧИНСКАЯ, ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г. И. Носова

УДК 669

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ АРМАТУРЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО МИНИ-ЗАВОДА

В мире сформировалась тенденция строительства металлургических мини-заводов по переработке металлического лома и производству строительной арматуры. Особенности мини-завода по производству арматурного проката (переработка лома в электросталеплавильной печи, производство непрерывнолитой заготовки, прокатка арматуры на сортовом стане) являются объем производства в пределах 150–350 тыс. т металлопродукции в год, применения технологии «горячего посада» заготовки в печь перед прокаткой, режима термоупрочнения для получения арматуры класса А500С или других классов. Указанные особенности при определенной кратности партий-плавов приводят к риску нестабильности геометрии и механических свойств арматуры, существенной зависимости их от технологических факторов производства.

Выбранное в качестве объекта совершенствования технологии Государственное Унитарное Предприятие «Литейно-Прокатный Завод» в г. Ярцево Смоленской области (ГУП «ЛПЗ»), спроектированное и построенное при определяющем участии ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ им. А. И. Целикова», – характерный пример современного отечественного металлургического мини-завода [1].

Особенностью технологии производства арматуры на ГУП «ЛПЗ» является преимущественно (около 80%) горячий посад заготовки в нагревательную печь с шагающим подом. Заготовка в момент посада в печь имеет температуру поверхности  $T_{\text{п}} = 700\text{--}850$  °С. Технологическая линия транспортирования непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) (МНЛЗ – нагревательная печь – прокатный стан 280) приведена на рис. 1.

За время транспортирования до нагревательной печи среднemasсовая температура  $T_{\text{см}}$  заготов-

ки снижается примерно на 180 °С, поверхности  $T_{\text{п}}$  – на 135 °С. В процессе исследования было установлено, что при прохождении заготовки по линии стана возникает разница по температуре передней и хвостовой частей заготовки. В отдельных случаях, когда длительность прокатки заготовки составляла 100–120 с, температура хвостовой части раската после чистой клетки была ниже температуры передней части более чем на 40 °С.

Это объясняется следующим. Выданная из печи заготовка передается к первой клетке стана. При этом ее передняя часть находится на подводящем рольганге до захвата первой клетью стана некоторое время  $\tau_0$ . После захвата передней части скорость заготовки становится равной начальной скорости прокатки на непрерывном стане (0,1 м/с), а время нахождения хвостовой части на подводящем рольганге составит  $\tau_0 + \tau_{\text{пр}}$  ( $\tau_{\text{пр}}$  – время прокатки заготовки). Это вызывает возникновение температурной неравномерности по длине заготовки – температурного клина с понижением температуры к хвостовой части заготовки. Прокатка на непрерывном стане раската с температурным клином при пониженной температуре хвостовой его части увеличивает зазор между валками при прохождении металла с более низкой температурой, что вызывает изменение продольных межклетевых усилий в раскате (подпора, натяжения). Указанные обстоятельства снижают точность геометрических параметров готового проката по длине. Кроме того, неравномерный характер изменения температуры металла по длине заготовки сохраняется в течение всего процесса прокатки и совпадает с характером изменения силы тока двигателей приводов клетей стана. Это создает трудности с настройкой и поддержанием режима минималь-

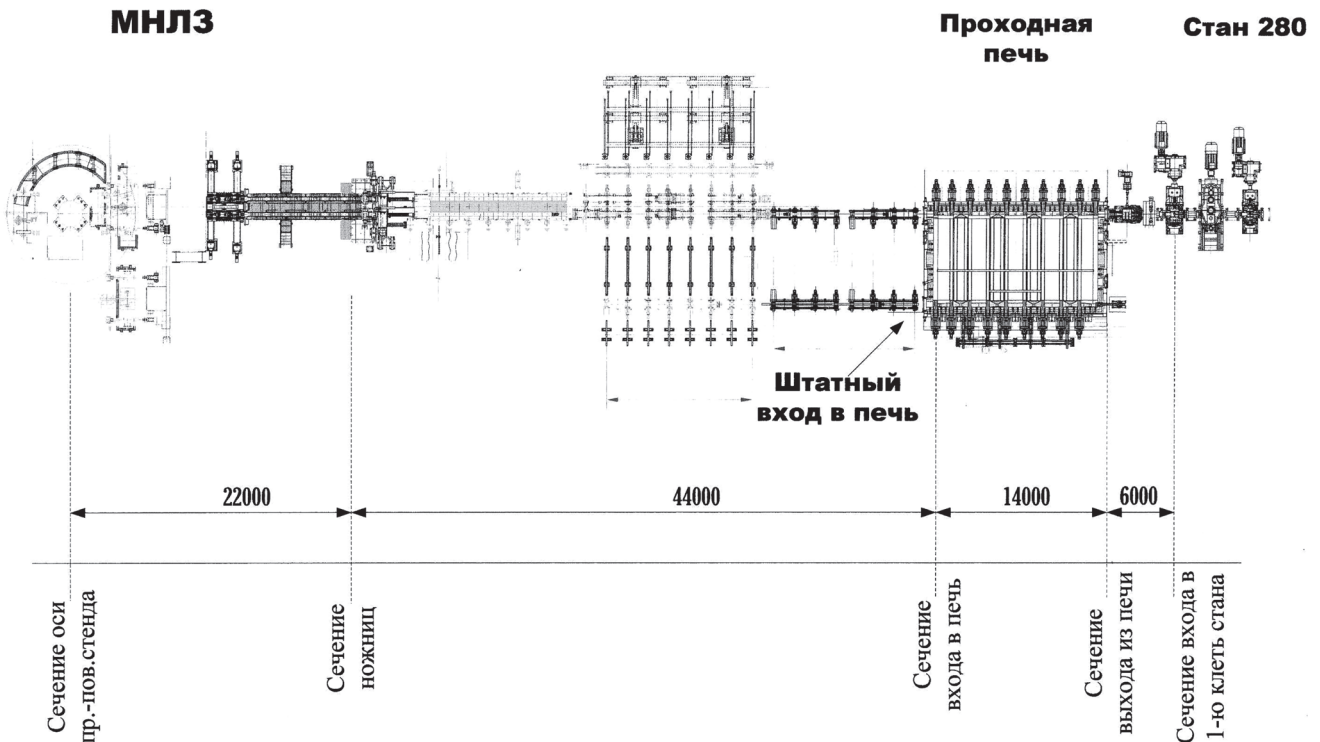


Рис. 1. Участок продвижения металла от МНЛЗ до выдачи нагретой заготовки на прокатный стан 280

ного натяжения при прокатке на стане. Изменение температуры окончания прокатки приводит также к появлению неоднородности механических свойств по длине раската.

С целью повышения равномерности температуры раската при прокатке на непрерывном стане 280 было предложено осуществлять нагрев заготовок перед прокаткой исходя из найденного по аналогам соотношения [3]:

$$\Delta T = k(T_0 - 610)L_0\mu_{об}/v_{пр},$$

где  $\Delta T$  – перепад температур между хвостовой и головной частями заготовки (температурный клин);  $k = 0,0005-0,0008$  – коэффициент пропорциональности, учитывает размеры сечения заготовок от  $80 \times 80$  до  $150 \times 150$  мм;  $T_0$  – температура нагрева заготовок, определяемая условиями прокатки, °С;  $L_0$  – длина заготовки, м;  $\mu_{об}$  – суммарная вытяжка металла при прокатке данного профиля;  $v_{пр}$  – скорость прокатки в чистой клетке непрерывного стана, м/с.

При прокатке арматуры № 16 из заготовки сечением  $125 \times 125$  мм, длиной 11,7 м при температуре 1150 °С, суммарном коэффициенте вытяжки 77,75 и скорости выхода арматуры из чистой клетки 9 м/с имеем

$$\Delta T = 0,00072 (1150 - 610) 11,7 \cdot 77,75 / 9 = 39,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Подаваемая тепловая мощность от горелок на нагреваемые заготовки по длине и ширине печи была переориентирована таким образом, чтобы за-

дний конец заготовки при выдаче из печи имел температуру на 40–60 °С выше, чем передний конец заготовки.

При расчете режимов настройки была использована методика [4, 5]. При этом в модель настройки задавали как максимальную, так и минимальную температуры заготовки. При этом рассчитывали корректирующие действия по настройке клеток. Было установлено, что наиболее существенно влияют на настройку клетки с неравноосными (овальными) калибрами. Были определены корректировки к существующему режиму настройки клеток и рассчитаны межвалковые зазоры исходя из равномерной температуры раската во всех клетках. Это позволило настраивать чистовые калибры на размер с «минусовым» допуском.

В результате внедрения предложенного режима нагрева температура по длине раската от начала до конца заготовки в чистой клетке практически выравнивалась, разница составляет не более  $\pm 5$  °С. Улучшились условия деформации по длине заготовки, что положительно сказалось как на однородности механических свойств в партии-плавке, так и на массе 1 пог. м в готовой арматуре.

Анализ отклонений от номинальной массы 1 пог. м годной арматуры показал, что в основном арматура в 2009 г. прокатывалась в плюсовом допуске от номинального диаметра. При допуске по ГОСТ Р 52544 по массе 1 пог. м  $\pm 5\%$  на диаметре 10–14 мм и  $\pm 4\%$  на диаметре 16–25 мм фактическое отклонение массы 1 пог. м составило + 1,5%

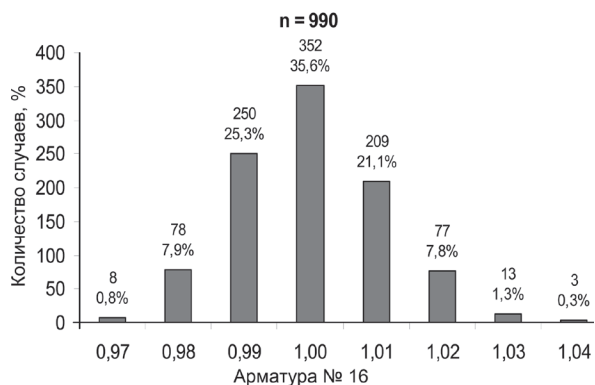


Рис. 2. Гистограмма распределения массы 1 пог. м арматуры № 16 в I квартале 2010 г. (режим нагрева до корректировки)

на профиле № 14, + 1,15% – на профиле № 16 и + 0,78% – на профиле № 20.

В среднем для всего сортамента произведенной в 2009 г. арматуры отклонение от номинала составило + 0,0182 кг на 1 пог. м. В пересчете на годовое производство 2009 г. это эквивалентно 3021 т годного проката.

Причина этого явления заключается в неравномерности нагрева. При падении температуры по длине заготовки возможен выход фактического диаметра готового проката за установленный минусовой допуск. Поэтому настройка клетей проводится с учетом максимально холодного металла, чтобы учесть возможную неравномерность деформации по длине раската.

Количество проката в поле минусового допуска (-4%) составило в 2009 г. всего 13,8% с экономией 0,01 кг на 1 пог. м, а 51,2% плавков (85 450 т) были отгружены с увеличенной массой от номинала + 0,023 кг на 1 пог. м.

Подавляющее большинство плавков находилось выше установленного номинала 1,578 кг на 1 пог. м, а отдельные плавки имеют (+) отклонение от номинала в интервале 0,07–0,15 кг, что составляет 4,3–9,5% от номинальной массы.

Для уточнения влияния качества нагрева заготовки по новой технологии на изменение массы 1 пог. м арматуры № 16 класса А500С было сделано сравнение за I квартал 2010 г. (до внедрения) и за II квартал 2010 г. после внедрения рекоменда-

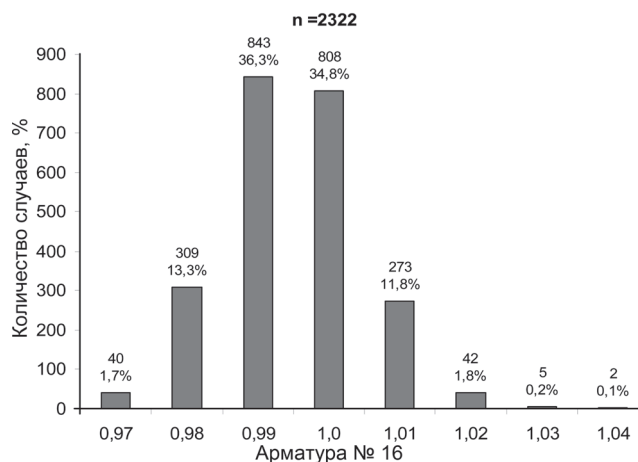


Рис. 3. Гистограмма распределения массы 1 пог. м арматуры № 16 во II квартале 2010 г. (после внедрения нового режима нагрева)

ций по нагреву заготовки (обратный температурный клин). На рис. 2 приведено распределение отклонений по массе 1 пог. м. Из рисунка следует, что на арматуре № 16 (+) отклонение от номинала составляет в сумме 30,5%.

После внедрения в начале II квартала 2010 г. технологии нагрева «обратный температурный клин» был проведен статистический анализ по заводским данным измерений массы 1 пог. м на арматуре № 16 класса А500С (рис. 3).

Из рисунка видно, что доля проката в (+) допуске от номинала снизилась с 30,5 до 13,9%. Следует отметить, что количество проката в поле (-) допуска в интервале 0,98–0,99 увеличилось от 33,2 до 49,6%. Это свидетельствует об улучшении показателя по точности профиля именно за счет улучшения качества нагрева заготовки и однородности ее теплосодержания по длине. Изменение геометрии калибров и схемы деформации в предчистовых и чистовых клетях с целью прокатки на (-) дает смещенное распределение ближе к нижней границе.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная технология нагрева с созданием «температурного клина» положительно сказалась в целом на технологии прокатки и повышении показателей качества готовой продукции.

### Литература

1. Пасечник Н. В., Целиков Н. А. Краткий обзор работ, проводимых во ВНИИМЕТМАШ по мини-заводам, литейно-прокатным комплексам и агрегатам. М.: Наука, 2009.
2. Стеблов А. Б., Тулупов О. Н., Наливайко А. В. Особенности производства арматуры в условиях мини-заводов // Металлоснабжение и сбыт. 2010. № 7–8. С. 98–100.
3. Пат. РФ № 2201819. Способ производства сортового проката и катанки на непрерывном стане. Приоритет от 02.11.2001.
4. Использование адаптивной структурно-матричной модели для управления качеством сортового проката с разработкой национальных предупреждающих действий / А. Б. Моллер, А. Н. Луценко, Н. А. Ручинская и др. // Неделя металлов в Москве 13–17 ноября 2006 г.: Сб. тр. конф. и семинаров. М.: ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ», 2007. С. 357 – 367.
5. Разработка технологических методов управления качеством сортового проката на основе эффективного использования информационных моделей / О. Ю. Зайцев, А. Б. Моллер, Н. А. Ручинская и др. // Тр. седьмого конгресса прокатчиков. Т. 1. М., 15–18 октября, 2007 г. М.: МОО «Объединение прокатчиков». Корпорация производителей черных металлов, 2007. С. 197 – 203.