

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО
РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ
ОСОБО ТОНКИХ ПОЛОС

Ю.В. Коновалов, Е.А.Руденко, О.М.Юрьев
Донецкий национальный технический университет

З використанням математичної моделі розроблена низка варіантів розташування основного та допоміжного обладнання прокатного стану, що забезпечують основні вимоги до технології прокатки особливо тонких гарячекатаних штаб зі властивостями відповідними холоднокатанам.

Тенденции к снижению толщины прокатываемых полос на широкополосных станах горячей прокатки (ШСГП) появилась сразу же после их создания. Если на ШСГП первого поколения минимальная толщина прокатываемых полос была 2 мм, то уже на ШСГП второго поколения предусматривалась прокатка полос минимальной толщиной 1,2 мм. Последние 10 – 15 лет идет разработка и реализация технологий и оборудования, которые бы позволили прокатывать, так называемые, сверхтонкие горячекатаные ($H < 1,2$ мм) полосы.

Эта тенденция обусловлена стремлением заменить холоднокатаный металл горячекатаным той же толщины. Главная причина – экономические соображения (дополнительные затраты на производство 1 тонны холоднокатаной листовой продукции на 20 – 40 долларов США выше, чем на производство горячекатаной листовой продукции той же толщины).

Главным условием такой замены является обеспечение механических свойств, качества поверхности и точности горячекатаных полос на уровне холоднокатаных. А главным препятствием обеспечения этого условия являются большие трудности соблюдения заданных температурных условий прокатки полос малой толщины (температура конца прокатки должна быть не менее 860°C и быть стабильной по длине полосы).

На ШСГП первого поколения для обеспечения требуемой температуры конца прокатки полос толщиной 2 мм повышали

различными способами температуру подката в чистовую группу клетей. Но даже на этих станах этот способ был мало эффективным.

Выполненные нами расчеты показали, что повышение температуры подката на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ при прокатке полос толщиной $0,8\text{ мм}$ приведет к повышению температуры конца прокатки переднего конца полосы всего на $10\text{-}15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наиболее эффективным способом обеспечения требуемой температуры тонких и особо тонких полос на ШСГП является ускорение прокатки в чистовой группе клетей. При этом заправку переднего конца полосы в клетки чистовой группы и моталку производятся на скорости $10\text{ – }12\text{ м/с}$ (в последней клетке). В этом случае до начала ускорения чистовой группы клетей пониженную температуру будут иметь $100\text{ – }200\text{ м}$ длины полосы.

Отсюда следует вывод, что основным путем повышения температуры особо тонких полос должно стать повышение положительной составляющей температурного баланса процесса деформации за счет его интенсификации.

Интенсификацию процесса деформации следует обеспечить за счет увеличения толщины подката и ужесточения режима обжатий металла в клетях чистовой группы.

Расчеты показывают, что целесообразно увеличение толщины подката до $30\text{ – }40\text{ мм}$, среднее относительное обжатие по клетям чистовой группы не менее $0,45$.

Такой режим прокатки может быть реализован с использованием мощных чистовых клетей, обеспечивающих силу прокатки до 30 МН на 1000 мм ширины, мощность до 10 МВт , момент прокатки до $3\text{ МН}\cdot\text{м}$ в первой клетке, до $2\text{ МН}\cdot\text{м}$ во второй и до $1\text{-}0,5$ в остальных. При прокатке на высоких скоростях мощность электродвигателей должна быть до 20 МВт .

В этом случае число клетей чистовой группы может быть сокращено до 5 .

Задачу стабилизации температуры по длине подката в настоящее время решают несколькими способами, реализация которых отличается составом и компоновкой специального оборудования.

Постепенное снижение температуры подката от его переднего конца к заднему перед чистовой группой клетей обусловлено временем его движения по подводящему (промежуточному) рольгангу. Уменьшают потери тепла подкатом за счет применения

отражательных экранов, индукционных подогревателей и др. Недостатками этих устройств является большая длина (число) и низкая эффективность. Прокатка показывает, что «температурный клин» в этих случаях уменьшается на 30 - 40 % .

Наиболее эффективно применение перед чистовой группой клетей промежуточного перемоточного устройства (ППУ), так называемого “койл-бокса”. Преимущество ППУ – компактность, недостаток – возможность смотки раскатов толщиной лишь до 35 мм, со скоростью до 5 м/с.

На классическом непрерывном широкополосном стане в ППУ сматывается подкат после последней черновой клетки.

При размотке рулона задний конец сляба становится передним и задается в чистовую группу клетей. Передний конец раската расположен внутри рулона и практически не остывает. Для поддержания средней температуры и подогрева кромок ППУ оснащено специальными горелками.

Применение ППУ кроме сохранения температуры подката позволяет уменьшить расстояние между черновой и чистовой группами клетей стана.

Из полученных данных исследований следует, что температура переднего конца готовой полосы отличается от заднего на 5-10⁰С (принимая температуру сляба равной 1000-1100 ⁰С).

При прокатке особо тонких полос на ЛПМ непрерывнолитые слябы толщиной 50-75 мм после подогрева в проходной печи обжимают в одной-двух мощных черновых клетях и раскат сматывают в рулоны с максимальной скоростью на ППУ.

Возможны и другие варианты расположения рабочих клетей и ППУ. Нами рассмотрены четыре таких варианта. При этом для оценки получаемого результата использована разработанная математическая модель прокатки особо тонких полос в непрерывной группе клетей ШСГП.

Вариант 1. ППУ располагается перед чистовой группой клетей.

В этом варианте подкат, сматываемый в ППУ должен иметь толщину менее 35 мм. Он может поступать с тонкослябовых ЛПМ, быть непрерывнолитым или предварительно обжатым в 1-2 клетях расположенных на выходе МНЛЗ. Требуемую температуру готовой полосы можно обеспечить при прокатке в четырех- пятиклетевой группе клетей. При этом среднее относительное обжатие по клетям должно быть не менее 0,45 (средняя вытяжка не менее 1,84). Расчеты показали, что при прокатке свернутого в рулон подката толщиной

30 мм с температурой 1100 °С на полосу толщиной 0,8 мм в пятиклетевой чистовой группе клетей температура конца прокатки составила 885 °С, а в семиклетевой – 770 °С.

Вариант 2. ППУ размещается перед чистовой группой клетей, а перед ППУ размещается одна мощная обжимная клеть. Клеть предназначена для уменьшения толщины непрерывнолитого сляба с 50-60 мм на подкат толщиной 25-30 мм для обеспечения смотки на ППУ. Такая компоновка обжимной клетки и ППУ при прокатке полосы толщиной 0,8 мм из свернутого в рулон подката толщиной 25 мм в пятиклетевой чистовой группе клетей обеспечивает температуру конца прокатки 880 °С, а в шестиклетевой - 805-860 °С.

Вариант 3. Перед ППУ расположена непрерывная двухклетевая обжимная группа клетей. Эта группа обеспечивает получение подката толщиной 20-30 мм из слябов толщиной 60-80 мм. При смотке подката толщиной более 20 мм температура конца прокатки составляет 860 °С. При уменьшении толщины подката до 15 и 10 мм, температура конца прокатки уменьшается до 820 и 805 °С соответственно.

Вариант 4. Перед чистовой группой клетей устанавливаются две обжимные клетки и за каждой из них размещают ППУ. Такая компоновка обеспечивает максимальную скорость прокатки в клетях (на порядок выше, чем если бы они стояли в начале непрерывной группы клетей). Высокая скорость прокатки в обжимных клетях (ограниченная на переднем конце полосы максимально допустимой скоростью смотки на ППУ до 5 м/с) позволяет снизить потерю температуры подката. Ускорение прокатки и смотки подкатов в рулоны на ППУ позволяет дополнительно повысить температуру подката, а следовательно, и температуру конца прокатки полос толщиной 0,8 мм в пятиклетевой чистовой группе клетей до 880-900 °С.

Стабилизировать температуру по всей длине полосы на требуемом уровне можно и без применения ППУ. В этом случае сущность способа прокатки особо тонких полос состоит в том, что передний конец полосы прокатывают на допустимой заправочной скорости с толщиной, обеспечивающей требуемую температуру конца прокатки ($V = 9-10$ м/с, $h_k = 1,7-2$ мм). После заправки переднего конца полосы в моталки, одновременно производят разгон стана на более высокую скорость прокатки и динамическую перестройку межвалковых зазоров чистовых клетей на заданную меньшую толщину.

Расчеты показали, что при ускорении чистовой группы клетей 2 м/с^2 , подката толщиной 50 мм, его длине 50 м и заданной толщине полосы 0,8 мм скорость 20 м/с будет достигнута за 5 с, а длина более толстого конца полосы составит 200 м (7% от общей ее длины).

Этот вариант прокатки позволяет прокатывать особо тонкие полосы в чистовых группах с 7 - 8 клетями, что позволяет значительно снизить силу и момент прокатки по клетям.

Изложенное позволяет сформулировать оптимальные условия производства особо тонких полос с высокими пластическими свойствами по всей их длине

1. Температура подката на входе в чистовую группу клетей должна быть не ниже 1000-1100 °С.

2. При нижнем пределе температуры подката толщина подката должна быть 20-40 мм, а число чистовых клетей не более 5-6 (средний коэффициент вытяжки в одной клетке более 1,85). Длина подката должна обеспечивать полубесконечную или бесконечную чистовую прокатку.

3. Температура по длине подката должна быть постоянной. Выполнение этого условия позволит в 1,5-2 раза уменьшить силовую нагрузку рабочих клетей и мощность главных приводов при прокатке задних концов полос, а также постоянные механические свойства металла по всей длине полосы.

Оборудование для реализации технологических требований должно обеспечивать

1. Подогрев, стабилизацию по уровню и длине температуры подката перед чистовой группой клетей. Сварку концов подкатов в стык (при бесконечной прокатке).

2. Прокатку полос в чистовой группе клетей со сложным скоростным режимом с ускорениями, обеспечивающими выравнивание возможного «температурного клина» по её длине, а также увеличение уровня скорости, температуры полосы и производительности стана.

3. Ускоренное охлаждение раската в межклетевых промежутках чистовой группы клетей для стабилизации температуры полосы при прокатке на высоких скоростях.

4. Динамическую перестройку чистовых клетей для изменения толщины полосы во время прокатки.

5. Смещение и скрещивание осей рабочих валков, противоизгиб рабочих валков, регулирование толщины, формы поперечного сечения и плоскостности полосы, межклетевых натяжений и скоростного

режима прокатки, точную и быструю установку и регулирование межвалковых зазоров.

6. Высокие силовые энергетические параметры чистовых клетей и их главных приводов: силу прокатки до 30 МН на 1000 мм ширины полосы, мощность до 10 МВт, момент прокатки до 3 МН·м в первой, до 2 МН·м во второй и до 1 - 0,5 МН·м в остальных клетях.

7. Ускоренное охлаждение готовой полосы до заданной температуры смотки на коротком отводящем рольганге, устойчивое движение по нему переднего конца полосы.

8. Устойчивую заправку переднего конца полосы в моталку на высокой скорости, порезку полосы находу и смотку полосы после порезки на другую моталку.