

ОСОБЕННОСТИ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ В РЕЖИМЕ БУКСОВАНИЯ ВАЛКОВ

Известно, что при прокатке с увеличением обжатия растет длина дуги контакта металла с валком, одновременно повышается контактное напряжение в очаге деформации, в связи с чем возрастает распорное усилие на валках; это приводит к увеличению зазора между валками из-за упругой деформации нагруженных элементов рабочей клетки [1]. Поэтому, когда исходная толщина прокатываемого материала колеблется в некотором интервале, величина обжатия тоже изменяется и меняется зазор между валками, что приводит к колебанию конечной толщины проката. Следовательно, неизбежно сохраняется технологическая наследственность продольной разнотолщинности.

Один из путей снижения наследственной разнотолщинности — в уменьшении абсолютных значений величины распорного усилия на валках, что при одной и той же жесткости рабочей клетки позволит существенно повысить ее выравнивающую способность. Для обеспечения этого разработан способ листовой прокатки в режиме буксования валков [2], который включает прокатку с передним и задним или только с задним натяжением в синхронно вращающихся валках. Согласно этому способу, окружную скорость валков задают большей, чем скорость металла на выходе из них:

$$v_B > v_2, \quad (1)$$

где $v_2 = v_1 H/h$ (v_1 — скорость металла на входе в валки; H и h — толщина металла соответственно до и после прокатки).

Из неравенства (1) следует, что в очаге деформации будет иметь место только зона отставания. Заднее натяжение при постоянном значении v_1 в этом случае меняется автоматически изменением исходной толщины прокатываемого материала, поскольку при этом будут изменяться величина обжатия и значения контактных напряжений, а следовательно, и тянущее усилие валков. Величина переднего натяжения остается неизменной.

Величину заднего натяжения найдем, воспользовавшись уравнением для определения нормальных контактных напряжений на участке скольжения в зоне отставания [3], принимая в качестве граничных условий для отыскания постоянной интегрирования, что при $x = l p_x = 2K\epsilon_0$, где l — проекция длины дуги прокатки на

направление прокатки; K — постоянная пластичности; ξ_0 — коэффициент заднего натяжения. Тогда

$$\begin{aligned}
 p_x = & 2K \left[\xi_0 + \frac{\Delta h h}{2f^2 l^2} \left(1 - \frac{2fl}{\sqrt{\Delta h h}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} \right) \right] \times \\
 & \times \exp \left\{ \frac{2fl}{\sqrt{\Delta h h}} \left[\operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} - \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{l} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} x \right) \right] \right\} - \\
 & - \frac{K \Delta h h}{f^2 l^2} \left[1 - \frac{2fl}{\sqrt{\Delta h h}} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{l} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} x \right) \right]. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Здесь f — коэффициент контактного трения; Δh — обжатие; x — текущее значение координаты очага деформации в направлении прокатки.

Отсюда при наличии переднего натяжения ξ_1 найдем значение коэффициента заднего натяжения:

$$\xi_0 = \left(\xi_1 + \frac{\Delta h h}{2f^2 l^2} \right) \exp \left(\frac{2fl}{\sqrt{\Delta h h}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} \right) - \frac{\Delta h h}{f^2 l^2} \left(1 - \frac{2fl}{\sqrt{\Delta h h}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} \right). \quad (3)$$

Анализ данного выражения показывает, что изменение коэффициента ξ_0 , учитывающее влияние заднего натяжения, зависит при всех прочих неизменных параметрах от величины обжатия Δh .

Усилие прокатки (распорное усилие на валках), приходящееся на единицу ширины прокатываемого металла, определим, проинтегрировав уравнение (2) в пределах изменения функции. Тогда получим

$$\begin{aligned}
 \bar{p} = & 2K \left\{ \left(l - l \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} - \frac{h}{2f} \right) \left[\xi_0 + \frac{\Delta h h}{2f^2 l^2} \left(1 - \frac{2fl}{\sqrt{\Delta h h}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} \right) \right] - \right. \\
 & \left. - \frac{\Delta h h}{2f^2 l^2} + \frac{h}{f} \left(\sqrt{\frac{\Delta h}{h}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\Delta h}{h}} + \frac{1}{2} \ln \frac{h}{H} \right) \right\}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

На рис. 1 представлены рассчитанные по (4) графики изменения усилия прокатки, приходящегося на единицу ширины очага деформации, в зависимости от относительного обжатия при прокатке разными способами лент шириной 20 мм из стали 10 в валках диаметром 70 мм в отсутствие переднего натяжения, при коэффициенте контактного трения, равном 0,1, и зазоре между валками 0,05 мм.

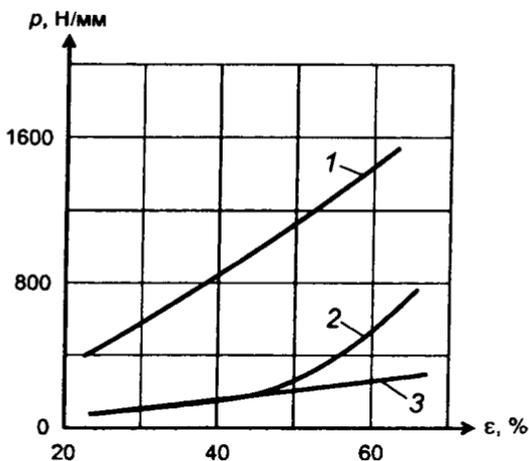


Рис. 1. Зависимость единичного усилия прокатки от относительного обжатия:
 1 — способ прокатки без натяжения; 2 — с задним натяжением 20 Н/мм²; 3 — в режиме буксования валков

Из сопоставительного анализа кривых 1, 2, 3 следует, что усилие прокатки при использовании способа в режиме буксования валков, например для относительной деформации 0,6, снижается по сравнению с прокаткой при наличии заднего натяжения более чем в два раза.

В таблице 1 приведены расчетные и экспериментальные значения конечной толщины при прокатке разными способами лент шириной 20 мм из стали 10 с различной толщиной. Параметры прокатки приняты прежними.

Из приведенных данных видно, что разность конечной толщины лент для разных исходных значений этого параметра при

Таблица 1

Значения исходных и конечных толщин лент, прокатанных разными способами

Исходная толщина лент, мм	Конечная толщина прокатанных лент, мм					
	Прокатка без натяжения		Прокатка с задним натяжением		Прокатка в режиме буксования валков	
	расчет	эксперимент	расчет	эксперимент	расчет	эксперимент
0,100	0,0590	0,063	0,0529	0,057	0,0518	0,055
0,120	0,0613	0,065	0,0548	0,058	0,0524	0,056
0,140	0,0632	0,068	0,0569	0,060	0,0528	0,056
0,160	0,0657	0,070	0,0586	0,062	0,0532	0,057

обычной прокатке составляет 0,007 мм, в случае прокатки с задним натяжением — 0,005 мм и в режиме буксования валков — 0,002 мм. Таким образом, способ прокатки в режиме буксования валков позволяет существенно уменьшать продольную разнотолщинность листовых материалов. Кроме того, при этом значительно снижается шероховатость поверхности прокатанных листов и лент. Так, при исходной шероховатости лент из стали 10, колеблющейся по параметру Ra от 1,00 до 0,63 мкм, и поверхности бочки валков около 0,63 мкм после прокатки обычным способом параметр шероховатости Ra составлял от 0,63 до 0,50 мкм, а в режиме буксования валков — от 0,160 до 0,125 мкм. Такое существенное различие в шероховатости объясняется эффектом сглаживания микронеровностей при интенсивном скольжении металла по валкам в режиме буксования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Целиков А. И., Никитин Г. С., Рокотян С. Е. Теория продольной прокатки. — М.: Металлургия, 1980. — 315 с.
2. Пат. РФ № 2006298 С1. Способ прокатки полосы / Л. А. Исаевич, С. И. Борбух, Фань Куй, В. А. Хлебцевич. — Оpubл. в 1994. Бюл. № 2.
3. Исаевич Л. А., Фань Куй. Теоретическое исследование напряженного состояния при продольной прокатке // Весці АНБ. Сер. фіз.-тэхн. навук. — 1994. — № 3. — С. 42—47.

УДК 621.77

А. Б. СТЕБЛОВ, докт. техн. наук (АП КЖИ № 214),
Д. В. ЛЕНАРТОВИЧ (БГПА)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ

При производстве железобетонных ненапряженных конструкций на АП КЖИ № 214 используется арматура класса А1, А400, А500С диаметром от 6 до 36 мм, основным поставщиком которой является Белорусский металлургический завод. Поставляемая арматура имеет высокие потребительские свойства и полностью удовлетворяет всем показателям качества. Следует заметить, что Белорусский металлургический завод очень редко производит арматуру диаметром 6 и 8 мм, тогда как спрос на нее в Беларуси составляет соответственно 7700 и 18 000 т в год. Заводы железобе-