

В.С. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук,
Ю.В. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук (БНТУ)

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗГИБ ПОЛОСЫ И НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ МЕЖДУ ВАЛКАМИ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКЕ

При несимметричном процессе прокатки, в частности, при прокатке в валках одинакового диаметра, но имеющих разные окружные скорости вращения, в результате несимметричного взаимодействия валков и прокатываемого металла схема действия сил, условия на контактных поверхностях, напряженно-деформированное состояние и скоростные условия в зонах обжатия, относящихся к каждому валку, различны. Такой процесс прокатки сопровождается рядом особенностей: тенденцией к изгибу металла в плоскости выхода его из валков, а также неравномерным распределением крутящих моментов на валах привода рабочих валков, отрицательно влияющих на работоспособность деталей и узлов привода прокатного стана и качество получаемого проката.

На возникновение указанных выше негативных факторов при несимметричной прокатке в той или иной мере оказывают влияние такие основные параметры процесса как относительное обжатие (степень деформации) за проход ($\Delta h/h_0$), относительная разность окружных скоростей валков ($\Delta v/v_{cp}$), величина коэффициента контактного трения (μ) и др.

При прокатке параметры процесса могут изменяться в широком диапазоне и при определенных условиях вызывать перегрузку деталей привода прокатного стана, пробуксовку валков относительно прокатываемой полосы, а также значительный изгиб выходящего конца полосы.

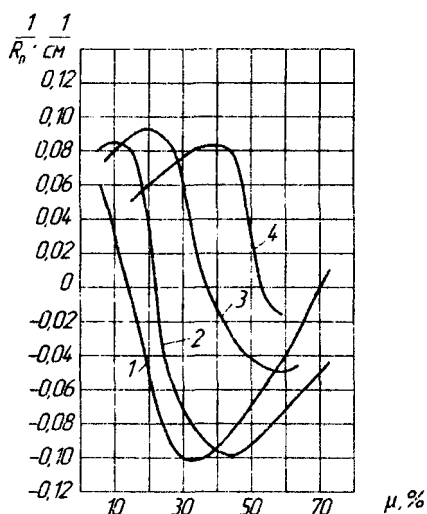
Данная работа посвящена изучению влияния указанных факторов на характер изгиба полосы и распределения крутящих моментов между валками.

Экспериментальные исследования процесса несимметричной прокатки проводили на лабораторном прокатном стане с диаметром

валков 180 мм и шестеренной клетью, обеспечивающей возможность рассогласования окружных скоростей валков в широком диапазоне фиксированных значений K_v ($K_v = v_1/v_2$, где v_1 – скорость ведущего валка, то есть валка, вращающегося с большей окружной скоростью; v_2 – скорость ведомого валка, то есть валка, вращающегося с меньшей окружной скоростью) равном 1,0; 1,10; 1,18; 1,28; 1,5; 1,8; 2,17. Для прокатки использовали свинцовые и алюминиевые полосы толщиной от 2 до 14 мм, шириной 30 мм и длиной 250 мм. Процесс прокатки осуществляли с различными степенями обжатия за проход, при этом производили замеры начальной и конечной толщины полосы и величину прогиба прокатанных полос, которую определяли по стреле прогиба (величина обратная радиусу кривизны $1/R_n$), а также производили регистрацию величин крутящих моментов на валах привода рабочих валков.

Известно [1, 2], что рассогласование окружных скоростей валков при несимметричной прокатке приводит к снижению средних нормальных контактных напряжений ($p_{\text{ф}}$), причем с ростом степени деформации величина их снижения увеличивается. Кроме того, увеличение коэффициента рассогласования окружных скоростей валков (K_v) для всего интервала варьируемых параметров вызывает снижение средних касательных контактных напряжений ($\tau_{\text{ф}}$), что вызвано уменьшением нормальных контактных напряжений. Однако интенсивность изменения $p_{\text{ф}}$ выше, чем $\tau_{\text{ф}}$ причем прямопропорциональная связь между ними отсутствует. Следует отметить, что перераспределение сил трения между валками в связи с рассогласованием не обусловлено изменением нормальных давлений. Это свидетельствует о том, что нормальные давления не являются единственным фактором, определяющим величину сил контактного трения. Рассогласование окружных скоростей приводит к увеличению контактного скольжения металла относительно валков, а это, в свою очередь, вызывает рост $\tau_{\text{ф}}$. Следовательно, на изменение $\tau_{\text{ф}}$ влияют два фактора – снижение $p_{\text{ф}}$ и рост контактного скольжения в очаге деформации. Первый фактор оказывает более значительное влияние на касательные контактные напряжения по сравнению со вторым, так как с увеличением K_v наблюдается снижение $\tau_{\text{ф}}$. При значительном увеличении $K_v > K_{v\text{кр}}$, где $K_{v\text{кр}}$ – критическая степень рассо-

гласования окружных скоростей валков, контактное скольжение металла относительно валков значительно возрастает, интенсивность снижения τ_f увеличивается. В ходе проведения экспериментальных исследований выявлено, что с увеличением степени деформации за проход (относительного обжатия) характер изгиба выходящего конца полосы из валков меняется (рисунок 1), что согласуется с данными работ [3] по исследованию процесса прокатки полос в валках неравного диаметра. При прокатке со степенью деформации за проход равной 20–40 % и относительной разностью окружных скоростей валков $\Delta v/v_{ср} = 0,13$ изгиб полосы происходит на ведомый валок (положительная кривизна), а при более высокой степени деформации $\epsilon = 40\text{--}60\%$ – на ведущий валок (отрицательная кривизна). При значительной величине $\epsilon > 60\%$ изгиб полосы происходит снова в сторону ведомого валка. С увеличением степени рассогласования K_v интенсивность изгиба полосы увеличивается. Отмеченная закономерность при несимметричной прокатке объясняется тем, что на прокатываемую полосу одновременно действуют два противоположно влияющих фактора – разность окружных скоростей валков и неравномерность деформации (разная степень обжатия) со стороны каждого из валков, которые в конечном итоге приводят к изменению соотношения пластического течения в слоях металла, находящихся в приконтактной зоне с рабочими валками. Очевидно, что в каждом конкретном случае соотношение обжатий, производимых валками, неодинаково. Различия в обжатиях, производимых каждым из валков, обуславливают повышение скорости пластического течения в слоях металла в приконтактной зоне с ведомым валком, и чем больше общее обжатие (степень деформации), тем больше различие в скоростях пластического течения в слоях металла в приконтактных зонах с валками. Разность окружных скоростей валков способствует изгибу полосы на ведомый валок, а различие в обжатиях, наоборот, изгибу полосы на ведущий валок. В конечном итоге направление изгиба полосы и будет зависеть от того, какой из отмеченных выше факторов окажет преобладающее влияние на процесс прокатки. При определенных равноценных влияниях указанных факторов на прокатываемую полосу в очаге деформации, полоса выходит из валков без изгиба.



1 - $h_0 = 2,0$ мм; 2 - $h_0 = 4,8$ мм; 3 - $h_0 = 10$ мм; 4 - $h_0 = 14$ мм

Рисунок 1 - Характер изменения кривизны полосы в зависимости от степени деформации при относительной степени рассогласования окружных скоростей валков $\Delta v/v_{cp} = 0,13$

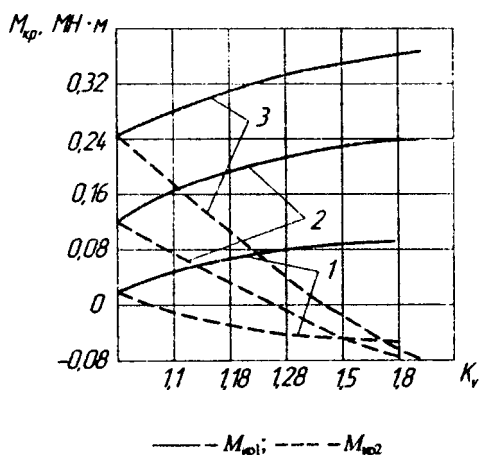
Для уменьшения кривизны прокатываемых полос необходимо осуществлять выбор рациональных основных параметров несимметричной прокатки $\frac{\Delta h}{h_0}$ и $\frac{\Delta v}{v_{cp}}$, учитывая при этом, что величина и направление изгиба полос различной толщины в основном зависят от величины коэффициента формы очага деформации

$\frac{ld}{h_{cp}} = \sqrt{\frac{\Delta h R_{cp}}{h_0 h_1}}$, где R_{cp} - средний радиус валков; h_0 и h_1 - соответственно начальная и конечная толщина полосы [3].

Смещение нейтральных углов в результате несимметрии процесса прокатки [1, 2] приводит к неравномерному распределению крутящих моментов между валками (рисунок 2).

С увеличением коэффициента рассогласования окружных скоростей валков K_v на ведущем валке момент прокатки увеличивается, а на ведомом снижается. С увеличением степени деформации интенсивность снижения момента прокатки больше, чем интенсивность

его роста при меньших значениях ε . Поэтому суммарный момент уменьшается с ростом K_v . При определенном значении коэффициента рассогласования окружных скоростей валков K_v , равном его критическому значению $K_{vкр}$ [1], величина момента на ведомом валке становится равной нулю, что соответствует минимуму суммарного момента прокатки. При $K_v > K_{vкр}$ момент прокатки на ведомом валке становится отрицательным. Это значит, что ведомый валок не передает, а забирает мощность из очага деформации и препятствует движению полосы, то есть на контакте с ведомым валком происходит пробуксовка полосы. Степень рассогласования окружных скоростей валков, при которой это происходит, является критической, то есть $K_v = K_{vкр}$. Поэтому осуществление процесса несимметричной прокатки при $K_v > K_{vкр}$ нецелесообразно, так как такое увеличение K_v не будет вызывать роста области очага деформации, определяющей снижение давления металла на валки, а будет лишь несколько снижать скорость прокатки и увеличивать скольжение полосы на ведущем валке.



1 — $\varepsilon = 10\%$; 2 — $\varepsilon = 30\%$; 3 — $\varepsilon = 50\%$

Рисунок 2 — График изменения величины крутящего момента на валках в зависимости от степени рассогласования окружных скоростей валков и степени деформации

Анализ контактного взаимодействия металла с валками показал, что в исследуемом интервале степени рассогласования окружных

скоростей валков K , при различной степени деформации имеется ряд критических значений $K_{кр}$, при которых процесс прокатки может осуществляться стабильно без пробуксовки полосы относительно ведущего валка.

Литература

1. Карпицкий, В.С. Усилие и напряжения процесса асимметричной прокатки полос в условиях граничных значений кинематических параметров / В.С. Карпицкий, Ю.В. Карпицкий // *Металлургия: Респ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: Выш. школа, 2008. – Вып. 31. – С. 241–244.

2. Карпицкий, В.С. Теоретические и экспериментальные исследования процесса прокатки с критическим рассогласованием окружных скоростей валков / В.С. Карпицкий, Ю.В. Карпицкий // *Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы III Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 15–17 октября 2008 г.: в 4 кн.* – Минск: ФТИ НАНБ, 2008. – Кн. 3: Новые технологии обработки металлов давлением. – С. 181–184.

3. Нефедов, А.А. К вопросу об изгибе выходящего конца полосы при прокатке на валках разного диаметра / А.А. Нефедов // *Изв. вузов. Черная металлургия.* – 1984. – Т. 4. – С. 72–75.

УДК 622.731

А.Н. БУКО (Департамент «Белавтодор»),
М.В. КУДИН, канд. техн. наук (БНТУ),
А.К. ГАВРИЛЕНЯ, канд. техн. наук (БарГУ)

УДАР КУСКОВ ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА ОБ ОТБойНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНОЙ ДРОБИЛКИ

Для улучшения и придания материалам потребительских и технологических свойств широко используются операции их измельчения. В настоящее время все большее применение находит центробежно-ударный способ дробления. Низкие энергозатраты и вы-