

Следовательно, применение ультразвуковых колебаний при волочении на неподвижной оправке со скоростью, превышающей колебательную скорость оправки более чем в 1,88 раза, не дает никакого эффекта с точки зрения снижения сил трения.

Л и т е р а т у р а

1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. - М.: Металлургия, 1971. - 448 с. 2. Вердеревский В.А., Рымша О.М., Мицкевич А.М. Снижение усилия волочения металлов в присутствии ультразвука. - В сб.: Ультразвуковая техника, ЦИНТИАМ, вып. 5, 1964, с. 18-21. 3. Северденко В.П., Степаненко А.В., Винерский С.Н. Контактное трение при волочении труб на оправке с продольными ультразвуковыми колебаниями. - В сб.: Прочность - пластичность материалов в ультразвуковом поле. Ростов-на-Дону, 1976, с. 3-5.

УДК 621.771.23:621.771.014

С.В.Воронов, ст. науч. сотр.,
Д.Г.Девойно, канд. техн. наук,
А.В.Степаненко, докт. техн. наук (БПИ)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗГИБА ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКЕ

Несимметричный процесс прокатки полос находит все более широкое применение в практике прокатного производства, поскольку позволяет значительно снизить энергосиловые параметры процесса, увеличить предел прокатываемости полос по толщине, снизить разнотолщинность листов, расширить сортамент профиларазмеров. Он может быть использован для повышения качества отделки поверхности листов, а также для прокатки биметаллов.

Одной из особенностей несимметричного процесса прокатки является изгиб выходящего из валков конца полосы. Несмотря на значительное количество экспериментальных работ, посвященных исследованию изгиба в различных случаях несимметрии процесса - при прокатке в валках неравного диаметра [1-3], в валках равного диаметра с рассогласованием угловых скоростей [4], при прокатке в асимметричных условиях трения [5] и при наклонной задаче полосы в валки, условия, устанавливающие направление и величину изгиба, определены недостаточно.

Опыты показывают, что на величину и направление изгиба

полосы оказывает влияние целый ряд факторов и зависимость кривизны от условий деформации носит сложный характер. Еще большие трудности представляет прогнозирование изгиба в процессах с двойной несимметрией, имеющей место при прокатке в разношероховатых валках неравного диаметра и при прокатке биметаллов с рассогласованием окружных скоростей валков. Так, при прокатке в валках разного диаметра на прокатываемую полосу действуют противоположно влияющие факторы – разность окружных скоростей и разная степень обжатия со стороны каждого из валков, и направление изгиба полосы будет зависеть от того, какой из факторов окажет преобладающее влияние. Экспериментально установлено, что в этом случае определяющим изгиб однородных полос фактором является разность окружных скоростей валков [1, 3, 4]. Различия в радиусах и в шероховатости валков оказывают на кривизну полосы значительно меньшее влияние [3, 5]. При прокатке в валках неравного диаметра, имеющих равные окружные скорости, экстремальные значения кривизны резко снижаются по сравнению с прокаткой в валках неравного диаметра, имеющих разные окружные скорости. В условиях прокатки на валках, имеющих разную шероховатость поверхности, с ростом относительного обжатия происходит выравнивание опережений на противоположных контактных поверхностях, несмотря на несимметричные условия трения, и полоса выходит из валков без изгиба [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что во всех рассматриваемых случаях несимметричной прокатки изгиб является следствием совокупного влияния факторов прокатки, обуславливающих неравномерную деформацию по высоте прокатываемой полосы. При этом полоса изгибается в сторону слоя, имеющего меньшую частную деформацию и, следовательно, меньшую скорость пластического течения. В свою очередь разность скоростей пластического течения частиц металла в условиях несимметричной прокатки определяется различной величиной опережения полосы на контактных поверхностях и разностью окружных скоростей валков при прокатке с рассогласованием скоростей.

Практикой и экспериментальными исследованиями установлено, что при прокатке с рассогласованием скоростей валков опережение металла S_1 по отношению к скорости ведущего валка V_1 (имеющего большую окружную скорость) всегда меньше опережения S_2 по отношению к скорости ведомого V_2 (имеющего меньшую окружную скорость), в то время как при прокатке в разношероховатых валках, имеющих равные скорости, опереже-

ние со стороны гладкого валка может быть больше либо меньше опережения со стороны грубого [6].

Скорости пластического течения металла на поверхностях полосы в общем случае несимметричной прокатки можно записать:

$$\begin{aligned} V_{1п} &= V_1(1 + S_1); \\ V_{2п} &= V_2(1 + S_2), \end{aligned} \quad (1)$$

где $V_{1п}$ и $V_{2п}$, S_1 и S_2 - скорости пластического течения и опережения со стороны ведущего и ведомого валков.

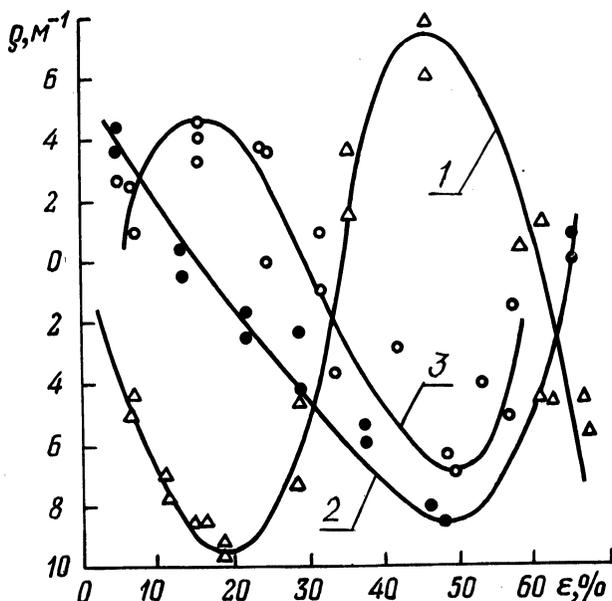


Рис. 1. Кривизна переднего конца полосы при прокатке в валках равного диаметра с рассогласованием скоростей валков:
1, 2, 3 - $V_1/V_2 = 1,09; 1,31; 1,4$ соответственно; $H_0 = 3$ мм.

Из формулы (1) следует, что в случае несимметричной прокатки без рассогласования скоростей валков $V_1/V_2 = 1$ скорости пластического течения в приконтактных слоях полосы, а следовательно, и направление изгиба будут определяться соотношением величин опережения, а в случае прокатки с рассогласованием $V_1/V_2 \neq 1$ - соотношением опережений и разностью собственных скоростей валков.

Это подтверждается результатами экспериментов по прокатке однородных полос с рассогласованием окружных скоростей на стане с диаметром валков 200 мм при скорости вращения

30 об/мин на образцах из алюминия толщиной 3 и 8 мм. Для создания необходимого рассогласования скоростей привод ведущего валка был выполнен через нижний шпиндель, а ведомый приводился во вращение через шестеренную клетку со сменным набором зубчатых колес, установленную сбоку от прокатной клетки стана.

На рис. 1 и 2 приведены результаты по прокатке однородных полос в валках равного диаметра, имеющих разные окружные скорости.

При постоянном значении обжатия и увеличении рассогласования скоростей валков наблюдается изменение продольной кривизны как по абсолютной величине, так и по знаку (рис. 1).

Так, при обжатии $\epsilon = 17\%$ в зависимости от рассогласования полоса изгибается на ведущий или ведомый валок либо выходит прямой, принимая значения кривизны соответственно $-9,25$; $+4,25$ и 0 .

Для обоснования направления изгиба полосы определяли опережение со стороны ведущего и ведомого валков методом керновых отметок. По опытному опережению по формуле (1) рассчитывали скорости пластического течения на поверхностях со стороны ведущего и ведомого валков. Как видно из графика рис. 2, опережение S_1 со стороны ведущего валка во всем исследованном диапазоне обжатий мало зависит от обжатия и изменяется в узких пределах $-3 < S_1 < 0$, а на ведомом валке опережение возрастает в интервалах обжатий $\epsilon = 8-19\%$ и $26-36\%$, а в области $\epsilon = 19-26\%$ уменьшается. В соответствии с этим скорость пластического течения полосы со стороны ведущего валка

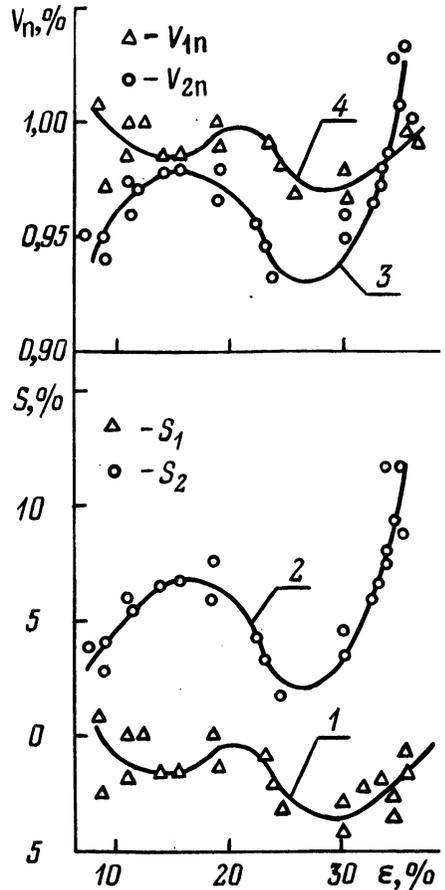


Рис. 2. Изменение опережения S_1 , S_2 и скоростей пластического течения $V_{1п}$, $V_{2п}$ при прокатке с рассогласованием скоростей валков $V_1/V_2 = 1,09$; $H_0 = 8$ мм:
1, 4 – со стороны ведущего валка; 2, 3 – со стороны ведомого валка.

мало зависит от обжатия и изменяется в узких пределах $-3 < S_1 < 0$, а на ведомом валке опережение возрастает в интервалах обжатий $\epsilon = 8-19\%$ и $26-36\%$, а в области $\epsilon = 19-26\%$ уменьшается. В соответствии с этим скорость пластического течения полосы со стороны ведущего валка

практически постоянна и не зависит от величины обжатия, а со стороны ведомого сначала возрастает, затем падает в интервалах обжатий 19–26% и затем снова увеличивается с ростом обжатия.

Между соотношением скоростей пластического течения, с одной стороны, направлением и величиной изгиба – с другой, наблюдается хорошая корреляция. В интервале обжатий $\epsilon = 8 - 33\%$ скорость $V_{1п}$ на поверхности полосы со стороны ведущего вала больше скорости $V_{2п}$ – со стороны ведомого (рис. 2), и полоса изгибается на ведомый валок (зона положительной кривизны) (рис. 3). По мере роста обжатия возрастают опережение и

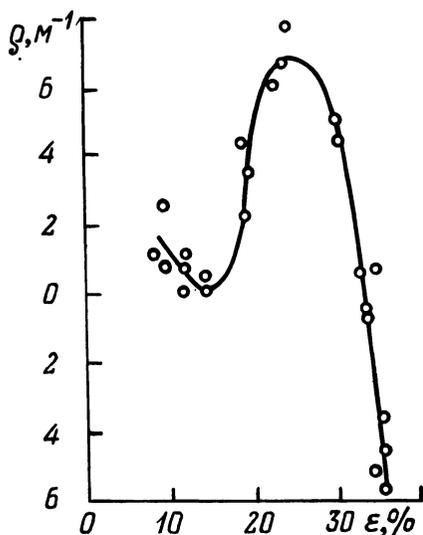


Рис. 3. Изменение кривизны полосы при прокатке с рассогласованием скоростей валков $V_1/V_2 = 1,09$; $H_0 = 8$ мм.

скорость пластического течения металла со стороны ведомого вала, а на ведущем они практически не меняются. Это приводит к выравниванию скоростей течения на поверхностях полосы, и в области 33% полоса выходит из валков без изгиба. При $\epsilon > 33\%$ скорость $V_{2п}$ оказывается больше скорости $V_{1п}$, полоса меняет направление изгиба и выходящий конец полосы загибается на ведущий валок (зона отрицательной кривизны). В точке $\epsilon = 14\%$ скорости пластического течения оказываются равны и полоса практически не имеет кривизны (рис. 3).

Полученные результаты могут быть использованы для анали-

за причин и управления изгибом при несимметричной прокатке однородных и биметаллических полос.

Л и т е р а т у р а

1. Чекмарев А.П., Нефедов А.А. Прокатка на валках неравного диаметра. – В кн.: Обработка металлов давлением. М.: Металлургиздат, 1956, вып. 4, с. 3–15.
2. Нефедов А.А. К вопросу об изгибе выходящего конца полосы при прокатке на валках разного диаметра. – Изв. вузов. Черная металлургия, 1964, № 8, с. 72–75.
3. Сеницын В.Г. Получение прямолинейных биметаллических полос при прокатке на стане с валками

разного диаметра. - ЦИИН ЧМ, 1958, бюлл. № 5 (337), с. 32-35. 4. Синицын В.Г., Громов Н.П. Исследование изгиба однородных полос металла при различных случаях несимметричной прокатки. - ЦИИН ЧМ, 1957, бюлл. № 2 (322), с. 53-57. 5. Николаев В.А., Волков И.А., Пилипенко С.С. Опережение и изгиб переднего конца полосы при несимметричной прокатке. - Изв. вузов. Черная металлургия, 1981, № 1, с. 57-59. 6. Николаев В.А., Емченко В.И. Опережение при несимметричной прокатке. - Металлургия и коксохимия. - Киев, 1980, № 64, с. 49-52.

УДК 621.96

Д.И.Дмитрович, инженер, Т.В.Калиновская, канд. техн. наук, А.С.Масаковская, канд. техн. наук (ФТИ АН БССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ СРЕЗЕ СТРУЖКИ

Экспериментальное изучение напряженно-деформированного состояния в процессе среза стружки является базой для разработки аналитического подхода к изучению процесса резания и его более сложной разновидности - скальпирования (снятия стружки по всему периметру обрабатываемой заготовки) - сравнительно нового процесса, изученного в некоторой степени лишь в технологическом плане. Полученные экспериментальные данные по сравнению с расчетными позволяют также оценить корректность принятого подхода и заложенных в него допущений.

В настоящей работе методом Муара на модельных образцах из свинца, легированного теллуром, изучалось деформированное состояние при срезе стружки (плоская задача) на начальной и установившейся его стадиях, т. е. решалась первая часть поставленной задачи.

Исходная информация, полученная из картин Муара, обрабатывалась на ЭВМ по программе исследования этапных деформаций. В работе было обеспечено оптимальное сохранение исходной информации при ее математической обработке с учетом физических условий и особенностей исследуемого процесса.

Как показал эксперимент, для начальной стадии среза стружки на передней грани инструмента, в области, прилегающей к резу, развитие деформаций затруднено. Напряженно-деформированное состояние в этом случае может быть описано фрагмен-