

УДК 621.771.01

Федоринов М. В.  
Юрков К. Ю.  
Смолякова В. В.  
Стежкин П. М.

### МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКЕ\*

Развитие прокатного производства предполагает проведение дальнейших экспериментальных и теоретических исследований локальных и интегральных характеристик напряженно-деформированного состояния металла, что позволит уточнить и расширить исходные предпосылки и информацию, предоставляемую математическими моделями по расчету различных технологических схем процессов прокатки.

Как показали результаты целого ряда теоретических исследований [1, 2], создание кинематической асимметрии очага деформации процесса продольной прокатки приводит к перераспределению зон отставания и опережения на противоположных контактных поверхностях и, как следствие, к снижению эффекта подпирающего воздействия сил внешнего трения, а вместе с этим и к снижению силы прокатки. С точки зрения производства плоского металлопроката наличие данного эффекта достаточно широко используется в качестве дополнительного фактора управления условиями реализации процессов и горячей [3], и холодной [4] прокатки. Помимо принудительной кинематической асимметрии наличие данного фактора имеет место и в естественной форме, например, при прокатке сортовых угловых профилей, что, в частности, обусловлено изменением катающих радиусов рабочих валков  $R_{\theta 1j}$ ,  $R_{\theta 2j}$ , и как следствие, изменением окружных скоростей их вращения по ширине полки (рис. 1).

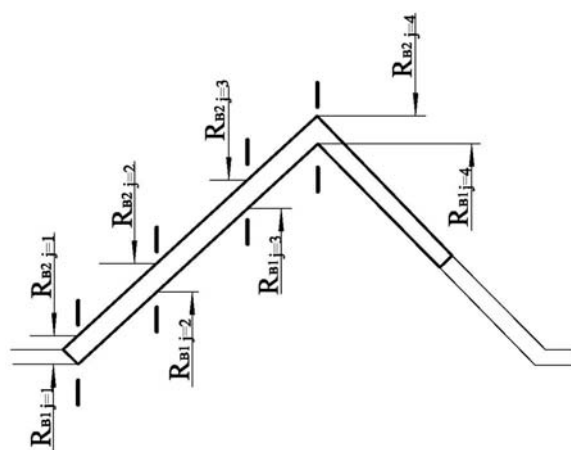
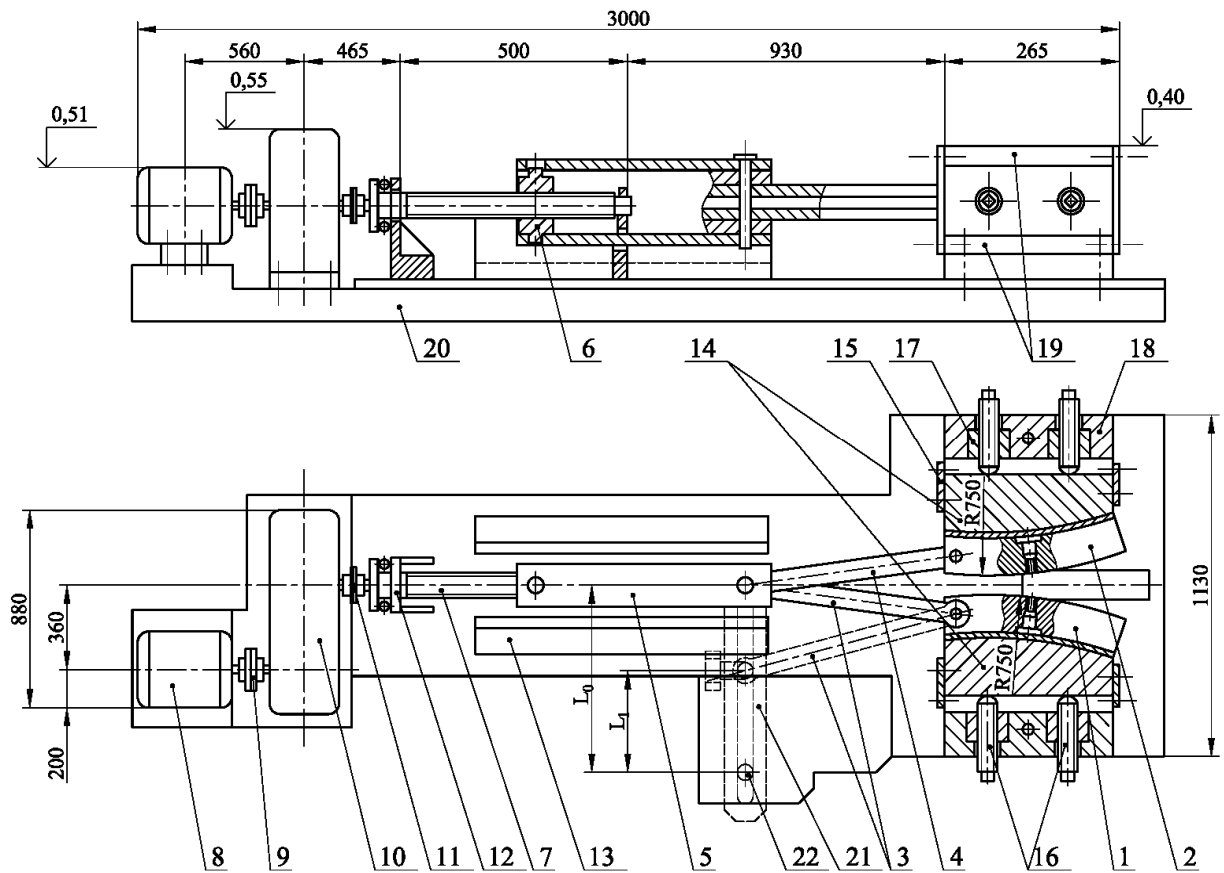


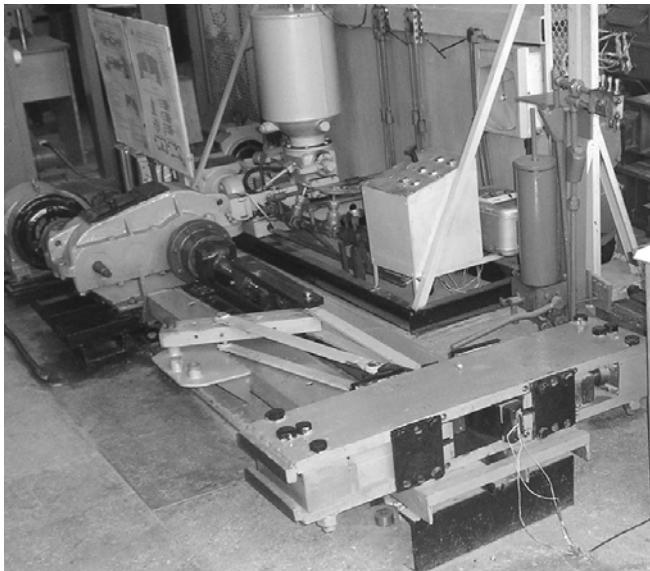
Рис. 1. Расчетная схема процесса сортовой прокатки угловых профилей

Целью данного исследования является экспериментальная оценка механизмов формирования напряженного состояния металла в условиях реализации процесса асимметричной прокатки.

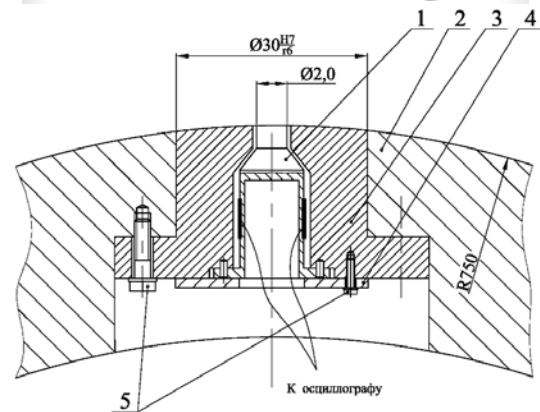
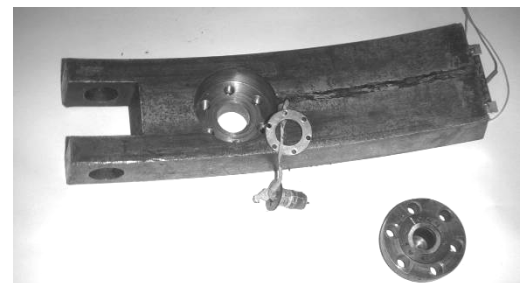
Исходя из изложенного выше, т. е. для определения реальной картины изменения распределений нормальных контактных напряжений в зависимости от степени кинематической асимметрии и их количественной оценки на специальном устройстве для пластической деформации металла ДГМА (рис. 2) [5] были проведены экспериментальные исследования.



а



б



в

Рис. 2. Схема (а) и общий вид (б) устройства для пластической деформации; конструкция узла штифтовых месдоз (в), используемых при экспериментальном исследовании распределений нормальных контактных напряжений на устройстве для пластической деформации металла

Конструкция данного устройства включала в себя рабочие сегменты 1 и 2, моделирующие фрагменты образующих поверхностей бочек рабочих валков прокатных станов. При этом радиус деформирующих поверхностей указанных сегментов составил 750 мм, что позволило повысить точность измерений за счет существенного увеличения масштаба геометрических параметров очага деформации, соответствующего 2,5...10,0 и более.

Привод рабочих сегментов 1 и 2 осуществляли посредством тяг 3 и 4, шарнирно сопряженных и с рабочими сегментами, и с ползуном 5, совершающим возвратно-поступательные перемещения от передачи винт-гайка 6 (рис. 2, а). Вращение тянущего винта 7 осуществляли от электродвигателя 8 переменного тока мощностью 10 кВт через моторную муфту 9, двухступенчатый цилиндрический зубчатый редуктор 10 и зубчатую муфту 11. От перемещений в осевом направлении тянущий винт 7 был зафиксирован дополнительной опорой 12 с упорным подшипником качения, а от вращения ползун 5 фиксировали при помощи направляющих планок 13. В рамках физического моделирования процесса прокатки рабочие сегменты 1 и 2 перемещались по направляющим подушек 14, зафиксированных от осевых перемещений планками 15 и сопряженных своими опорными поверхностями с нажимными винтами 16, обеспечивающими возможность установки предварительного межвалкового зазора на требуемую величину. Бронзовые гайки 17 нажимных винтов 16, в свою очередь, были размещены в расточках станин 18, жестко сопряженных между собой траверсами 19.

Для создания условий реализации процессов асимметричной прокатки тяги 3 отсоединяли от ползуна 5 и фиксировали шарнирно на дополнительном рычаге 21, сопряженном шарнирно своими свободными концами с ползуном 5 и с дополнительной опорой 22. Требуемое значение степени кинематической асимметрии процесса прокатки  $K_V$ , характеризующее соотношение скоростей перемещения ведущего 2 и ведомого 1 рабочих сегментов, обеспечивали в этом случае за счет соответствующего изменения плеча  $L_1$  фиксации тяги 3 на дополнительном рычаге 21, а само значение степени кинематической асимметрии определяли как  $K_V = L_0/L_1$  (рис. 2, а).

Материалом прокатываемых образцов являлся свинец марки С1.

Измерение текущих по длине очага деформации значений нормальных контактных напряжений  $p_x$  производили при помощи штифтовых месдоз 1 (рис. 2, в), размещенных и зафиксированных в телах соответствующих рабочих сегментов 2 посредством промежуточных стаканов 3, крышек 4 и резьбовых соединений 5. Тарировку штифтовых месдоз осуществляли с использованием специального устройства (рис. 3, а), а расшифровку полученных осциллограмм – при помощи ЭВМ в соответствии с методиками работ [6, 7], учитывающих диаметр штифтовой месдозы.

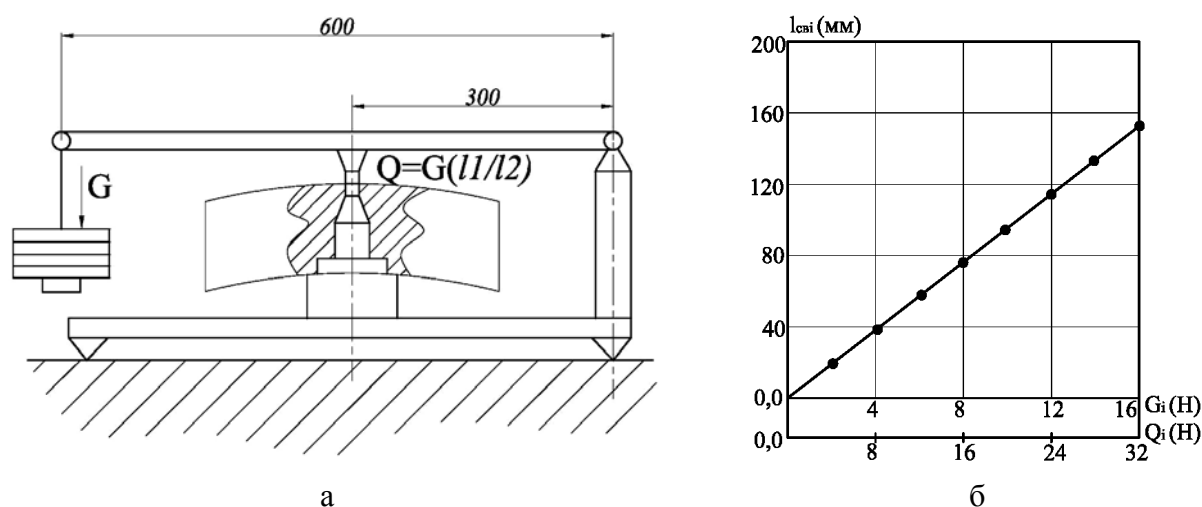


Рис. 3. Схема тарировки (а) и тарировочный график (б), используемые при экспериментальном исследовании нормальных контактных напряжений  $p_x$  в очаге деформации процесса прокатки полос

Замеры исследуемых параметров производили при помощи аналогово-цифрового преобразователя, подключаемого к ЭВМ посредством шины USB, LCard E14-140, обеспечивающим возможность измерения по 16 дифференцированным каналам. Входной сигнал в этом случае оцифровывался четырнадцатититбитным преобразователем с частотой 1 кГц и возможностью усиления в диапазоне 1...64.

В качестве примеров результатов проведенных экспериментальных исследований на рис. 4 представлены эмпирические распределения нормальных контактных напряжений  $p_x$ , полученные при различных значениях исходной толщины  $h_0$  и степени кинематической асимметрии  $K_v$ . Величина относительного обжатия во всех случаях соответствовала  $\varepsilon = 30\%$ .

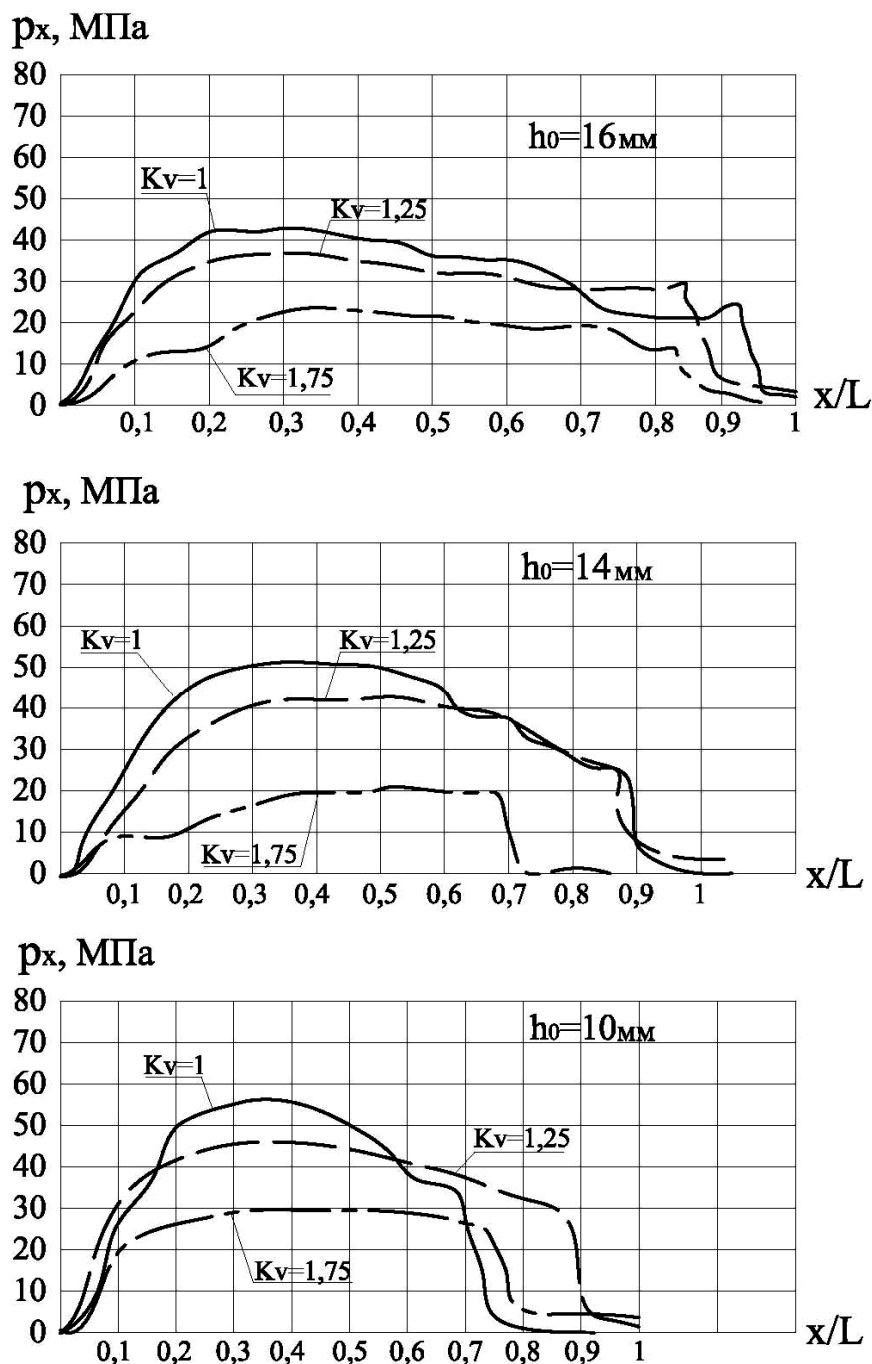


Рис. 4. Экспериментальные распределения нормальных контактных напряжений по длине очага деформации при значениях коэффициента кинематической асимметрии  $K_v = 1; 1,25; 1,75$ ;  $\varepsilon = 30\%$

Обобщая представленные (см. рис. 4) и аналогичные им результаты, необходимо отметить следующее:

– с увеличением степени кинематической асимметрии текущие по длине очага деформации значения нормальных контактных напряжений существенно уменьшаются, при этом интенсивность данного снижения с увеличением геометрического параметра очага деформации  $L/h_{cp}$  – возрастает;

– с увеличением геометрического соотношения  $L/h_{cp}$  уровни текущих значений нормальных контактных напряжений  $p_x$  возрастают.

Данные обстоятельства должны учитываться при расчете напряженно-деформированного состояния металла, а также энергосиловых параметров различных технологических схем процессов горячей прокатки. Кроме того, изменение степени кинематической асимметрии за счет изменения соотношения угловых скоростей вращения валков  $\omega_{\delta 1}/\omega_{\delta 2}$  может быть использовано, например, для управления энергосиловыми параметрами и показателями качества готового металлопроката.

## ВЫВОДЫ

Разработана и апробирована методика и оборудование по экспериментальным исследованиям локальных характеристик напряженно-деформированного состояния металла при асимметричной прокатке. Экспериментально подтверждено снижение текущих значений нормальных контактных напряжений при увеличении степени кинематической асимметрии, что может быть использовано в качестве дополнительного фактора по управлению энергосиловыми параметрами процесса прокатки и качеством готовой металлопродукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сеницын В. Г. Несимметричная прокатка полос и лент / В. Г. Сеницын. – М. : Металлургия. – 1984. – 249 с.
2. Николаев В. А. Несимметричная тонколистовая прокатка / В. А. Николаев, В. Н. Скороходов, В. П. Полухин. – М. : Металлургия. – 1993. – 192 с.
3. Несимметричная горячая прокатка на широкополосном стане / А. Г. Свичинский, Е. В. Бинкевич, В. Л. Мазур, А. К. Голубченко // Сталь. – 1992. – № 11. – С. 41–44.
4. Освоение прокатки тонких листов со скоростной асимметрией на стане 3600 / В. С. Горелик, А. А. Будава, П. С. Гринчук [и др.] // Сталь. – 1984. – № 12. – С. 31–33.
5. А. с. 1380814 СССР, МКИ В21В13/00. Устройство для пластической деформации металла / В. Ф. Потапкин, В. А. Федоринов, А. В. Сатонин, В. П. Орел (СССР). – № 4137489 ; заявлено 21.10.86 ; опубл. 1988, Бюл. № 10. – С. 37.
6. Чекмарев А. П. Методы исследования процессов прокатки / А. П. Чекмарев, С. А. Ольдзиевский. – М. : Металлургия. – 1969. – 274 с.
7. Повышение качества полос из цветных металлов и сплавов / П. И. Полухин, А. В. Зиновьев, В. П. Полухин [и др.]. – Алма-Ата : Наука, 1982. – 328 с.

Федоринов М. В. – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры АММ ДГМА;

Юрков К. Ю. – инженер ДГМА;

Смолякова В. В. – аспирант кафедры АММ ДГМА;

Стежкин П. М. – старший инженер УкрНИИметаллургмаш.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск;  
УкрНИИметаллургмаш» – Украинский научно-исследовательский институт металлургического машиностроения, г. Славянск.

E-mail: amm@dgma.donetsk.ua