

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ФОРМИ ШТАБИ В НЕРЕГУЛЬОВАНІЙ КЛІТІ

Середа Б.П., Прищип М.Г., Кругляк І.В., Белоконь Ю.О.  
(ЗДІА, м. Запоріжжя)

*В данній роботі представлена методика определения показателей формы полосы до и после прокатки, коэффициент выравнивания полосы. Проведены экспериментальные исследования по изучению дефектов формы листа и пути их снижения.*

Завданням листової прокатки разом із процесами дресування та випрямлення є отримання штаб і листів пласкої форми, тобто без дефектів «хвилястість» і «коробчатість» [1]. В промислових умовах форму листів характеризують величиною відношення непласкості “ $a$ ” в мм до усталеної довжини “ $L$ ” в м, на якій ця непласкість виміряна. Але це співвідношення не показує, чи є лист або ділянка штаби хвилястими, пласкими або коробчатими, а також не бере до уваги ширину штаби [2, 3].

З метою автоматичного регулювання форми штаб показник форми повинен характеризувати пласкість прокатуваного металу в цілому, тобто він повинен бути функцією усіх розмірів штаби, що змінюються під час прокатування [4].

Головна мета даної роботи – теоретично визначити показники форми листових зразків до і після прокатування, скласти рівняння зміни форми під час прокатування та віднайти коефіцієнти вирівнювання форми.

Щоб отримати узагальнений показник форми (рис.1), розглянемо два поперечних розрізи листа. Якщо достоту виміряти довжину поздовжніх діляниць поміж перерізами на краях та по середині листа, то виявиться, що для плаского листа ці величини будуть однаковими, для неплаского – навпаки, різними. Причому, чим значнішою буде різниця цих довжин, тим більшим буде відхилення форми листа від пласкої. Відхилення форми листа від пласкої при одній і тій же відносній різниці довжин збільшується зі зменшенням ширини листів  $b$ . Тому форму листів  $\Phi_{л}$  узагальнено можливо оцінити відношенням різниці довжин по середині  $l_c$  та по краях листа  $l_k$  до середньої довжини  $l$  і ширини листа  $b$  на діляницях поміж перерізами листа, тобто:

$$\Phi_{л} = \frac{l_c - l_k}{b \cdot l} \quad (1)$$

$$l = \frac{l_c + l_k}{2} \quad (2)$$

Таким чином, показник форми листа  $\Phi_l$  буде позитивним для коробчатого, від'ємним для хвилястого і дорівнюватиме нулю для плоского листа.

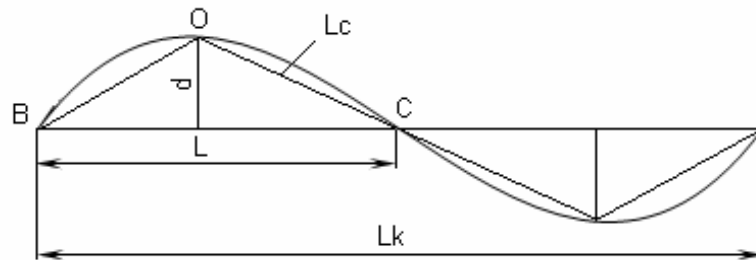


Рисунок 1 – Ділянка листа коробчатої форми

Визначимо зв'язок поміж отриманим показником форми  $\Phi_l$  та показником, яким користуються для контролю якості форми листів в промислових умовах. Для цього розглянемо ділянку листа коробчатої форми, позначивши довжину на півхвилі дефекту форми  $L$  (рис. 1). За  $b > L$  форма ділянки листа, відображена величиною непласкості віднесеної до довжини, на котрій вона виміряна, буде дорівнювати  $a/L$ . Для визначення показника форми  $\Phi_l$  на виділеній ділянці листа вираховуємо довжину двох напівхвиль  $l_k$ , користуючись довжиною її горизонтальної проекції  $l_k$  та величиною непласкості  $a$ , замінивши криву, яка відображає коробчатий лист по його середині двома відрізками  $BO$  та  $OC$ .

Ураховуючи, що в  $a/b \ll l$  і прийнявши  $l_k \approx l$  та користуючись виразом (2), отримаємо:

$$l_c = l_k \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2a}{L}\right)^2} \approx 1 \cdot \left(1 + 2\frac{a^2}{L^2}\right) \quad (3)$$

підставивши  $l_c$  із (3) в (1) та замінивши в останньому  $l_k$  на  $l$ , одержимо:

$$\Phi_l = \frac{2 \cdot a^2}{b \cdot L^2} \quad (4)$$

Відповідно (1) показник форми до прокатування:

$$\Phi_{l_0} = \frac{l_{c_0} - l_{k_0}}{B_0 \cdot L_0} \quad (5)$$

Після прокатування:

$$\Phi_{l_1} = \frac{l_{c_1} - l_{k_1}}{B_1 \cdot L_1} \quad (6)$$

Показники форми по (5) та (6) в САРФ використати неможливо тому, що неможливе постійно-безперервне вимірювання довжини кінців і середини штабового металу безпосередньо під час прокатування. Тому для автоматичного регулювання величини показників  $\Phi_{l_0}$  і  $\Phi_{l_1}$  визначають за

втяжкою листового металу під час його прокатування. Розподіл втяжки по ширині отримаємо скориставшись величинами узагальненої (середньої) втяжки  $\lambda$  та нерівномірності втяжки по ширині листа  $\Delta\lambda_y$ . Узагальнену втяжку виразимо напівсумою втяжки середини  $\lambda_c$  та краях листа  $\lambda_k$ , тобто:

$$\lambda = \frac{\lambda_c + \lambda_k}{2} \quad (7)$$

а нерівномірність розподілу втяжок як їх різницю:

$$\Delta\lambda_y = \lambda_c - \lambda_k \quad (8)$$

де  $\lambda_c$  і  $\lambda_k$  – відповідно втяжка середини та краю листа, які будуть дорівнювати:

$$\lambda_c = \frac{l_{c_1}}{l_{c_0}} \quad (9)$$

$$\lambda_k = \frac{l_{k_1}}{l_{k_0}} \quad (10)$$

Зауваживши, що  $l_{c_0}/l_0 \approx l_{k_0}/l_0 \approx 1$ , одержимо:

$$\frac{l_{c_1} - l_{k_1}}{l_1} - \frac{l_{c_0} - l_{k_0}}{l_0} = \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda} \quad (11)$$

Звідси отримаємо загальне рівняння зміни форми листа під час прокатки:

$$b_1 \cdot \Phi_{л_1} = b_0 \cdot \Phi_{л_0} + \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda} \quad (12)$$

У випадку холодної прокатки без розширення листів, тобто коли  $b_1 = b_0$ , будемо мати:

$$\Phi_{л_1} = \Phi_{л_0} + \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda \cdot b} \quad (13)$$

Відношення показників форми листа опісля і до прокатування не що інше, як коефіцієнт вирівнювання форми  $K_{в.ф}$ . Коефіцієнт  $K_{в.ф}$  отримаємо, поділивши праву та ліву частини рівняння (13) на  $\Phi_{л_0}$ .

$$K_{в.ф} = \frac{\Phi_{л_1}}{\Phi_{л_0}} = 1 + \frac{\Delta\lambda_y}{\lambda \cdot b \cdot \Phi_{л_0}} \quad (14)$$

Коефіцієнт вирівнювання форми листа під час прокатки в нерегульованій кліті може мати такі значення:

$K_{в.ф} > 1$  – пласкість листа погіршується;

$K_{в.ф} = 1$  – пласкість листа не змінюється;

$K_{в.ф} < 1$  – пласкість листа покращується;

Роботу виконували на стані 100. Робоча кліть складається із двох валків, установлених на підшипниках ковзання рідинного тертя та регульованих натискними гвинтами. Діаметр валків  $\approx 100$  мм (97,3 мм). Матеріал валків – сталь. Число обертів валків – 60 об/хв. Потужність – 1,5 кВт. Передавальне число редуктора – 23,6.

У якості дослідного матеріалу були взяті алюмінієві зразки розмірами: ширина 100 мм, довжина 200 мм та товщина 0,91 мм. Марка сплаву – А5М. Механічні властивості: межа міцності – 7,8 кгс/мм<sup>2</sup>, відносне подовження – 40,7 %.

У результаті проведення активного експерименту були отримані наступні результати (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Результати проведеного експерименту

№ п. п.	Товщина до прокатки, мм	Товщина після прокатки		
		Ліва сторона	Середина	Права сторона
1	0,91	0,74	0,73	0,73
2		0,66	0,68	0,70
3		0,59	0,63	0,62
4		0,56	0,57	0,58
5		0,59	0,62	0,64
6		0,73	0,75	0,76
7		0,88	0,83	0,77
8		0,87	0,88	0,90
9		0,60	0,62	0,62

В результаті виконання розрахунків були отримані показники форми штаби до і після прокатки, коефіцієнта вирівнювання та їх залежність від нерівномірності розподілу витяжки. Отриманні графічні залежності представлені на рис.2-3. Номограма для оптимізації коефіцієнта вирівнювання за показником форми штаби після прокатки представлена на рис.4.

Таким чином, в результаті дослідження, отримані рівняння зміни форми і величини коефіцієнта вирівнювання форми листа для оптимізації форми активної твірної поміж валкового розхилу та режимів обтискувань з метою отримання пласких листів або штаб в нерегульованих прокатних клітьях. За автоматичного регулювання пласкості і форми штаб під час прокатування показники  $\Phi_l$  і  $K_{в.ф}$  характеризують об'єкт регулювання і їх можна використовувати як керуючі сигнали регулятора САРПФ штаби.

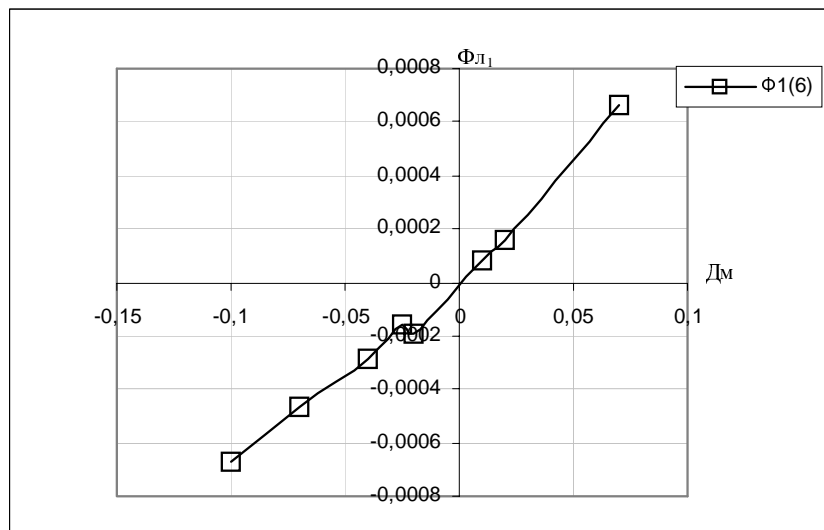
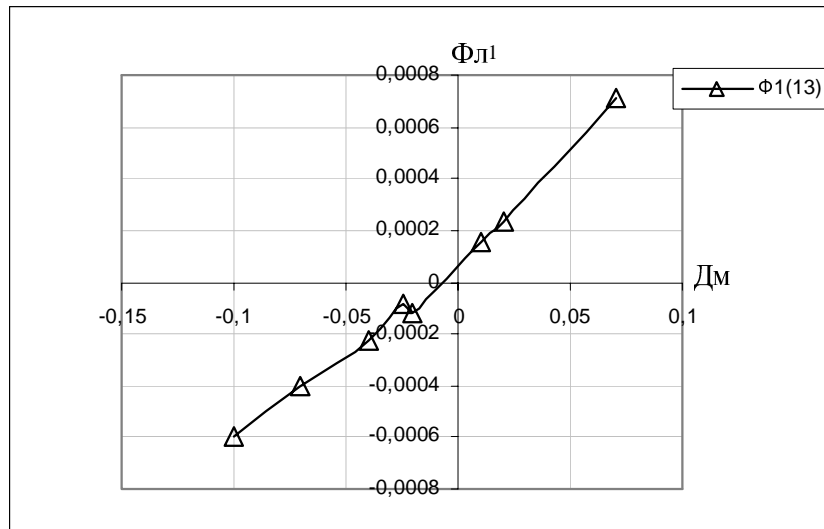


Рисунок 2 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення показника форми штаби за різними

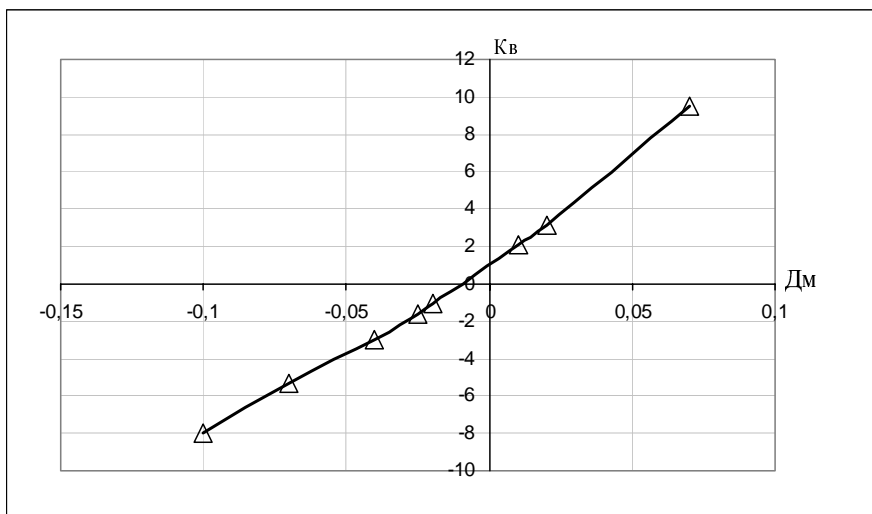
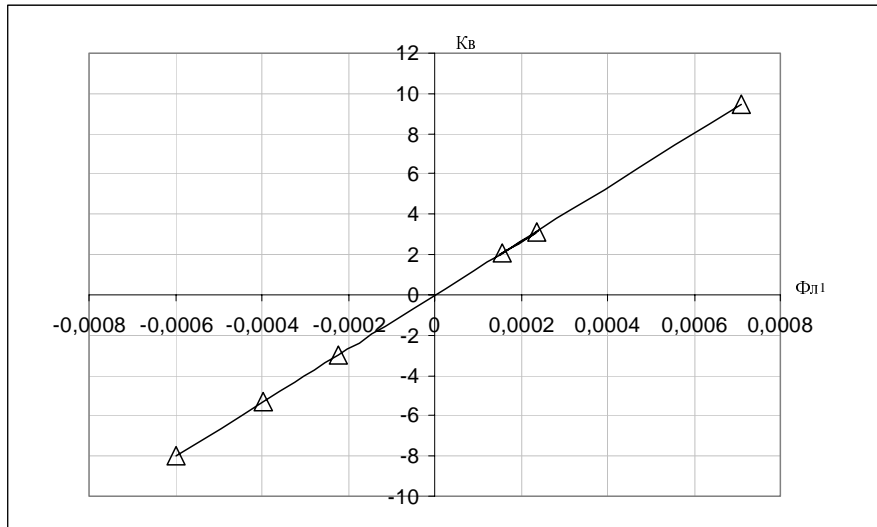


Рисунок 3 – Вплив нерівномірності розподілу витяжок по ширині штаби на підсумкове значення коефіцієнта вирівнювання штаби



**Рисунок 4** – Залежність коефіцієнта вирівнювання  $K_v$  від показника форми штаби після прокатки

#### Література

1. Серета Б.П. *Обработка металів тиском. Навч. пос, гриф МОНУ.* – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2008 – 250 с.
2. Серета Б.П. *Металознавство та термічна обробка чорних та кольорових металів. Підручник, гриф МОНУ.* – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2008 – 264 с.
3. Васильев Я. Д., Дементієнко А. В. *Условия (критерии) плоскостности при прокатке полос и листов // Изв. вуз. Черная металлургия. 2003. – № 9. – С. 30-34.*
4. Шаталов Р.Л. *Управление показателями качества и деформируемостью полос при прокатке // Сталь. – 2003. – №9. – С. 31-34.*

© Серета Б.П., Прищип М.Г., Кругляк І.В.,  
Блоконь Ю.О. 2008