

ОЦІНКА ФОРМУЛ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РОЗШИРЕННЯ В КАЛІБРАХ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ДАНИМИ

Серета Б.П. (ЗДІА, м. Запоріжжя)

В роботі представлено аналіз формул для розрахунку розширення металу в калібрах простої форми. Для оцінки формул розрахунку розширення в калібрах були використані геометричні параметри прокатки в перших шести калібрах систем: ромб-квадрат, овал-квадрат та овал-круг. Предложено оптимальна системна модель розрахунку розширення в гладких та каліброваних валках.

Розширення при прокатці являє собою досить складне явище, тому що залежить від чисельних факторів, що важко піддаються врахуванню. Тому розрахунок розширення, особливо при прокатці в калібрах, являє собою досить актуальне завдання.

Існує ряд моделей для розрахунку розширення при прокатці в гладких валках та калібрах. Частина з них отримана теоретично, а частина експериментально. Найбільший обсяг теоретичних досліджень присвячений саме пошуку й розробці прийнятних залежностей, що дають можливість попередньо розрахувати близькі до практичних величини розширення. Незважаючи на ряд наявних цікавих робіт з розширення в калібрах, це питання має потребу в подальшій розробці.

В роботі представлені формули для розрахунку розширення металу в калібрах простої форми, відповідність яких умовам нерівномірної деформації штаби може бути оцінено експериментальними даними розширення. При цьому самі експериментальні величини розширення повинні бути достовірними, а набір інформаційних параметрів процесу прокатки повинен бути достатнім для виконання розрахунку. Таким вимогам в основному відповідають експериментальні дані Г. Цоухара [3]. Для оцінки формул розрахунку розширення в калібрах використані геометричні параметри прокатки в перших шести калібрах систем: ромб-квадрат, овал-квадрат та овал-круг.

Розрахунок розширення в ромбічному калібрі №1 системи круг-овал виконуємо по алгоритму представленому в табл. 1. Отримані результати параметрів прокатки по ходу розрахунку заносимо в табл. 2.

Дослідна величина розширення склала $\Delta b_{оп} = 3,6$ мм. Аналогічно розраховано теоретичні величини розширення для інших калібрів системи квадрат-ромб, а також систем квадрат-овал та круг-овал. Результати розрахунку розширення по різних методиках занесені в табл. 2.

Досліди показують, що розширення металу в калібрах з $b/h > 1$ (ромб, овал) більше, ніж у калібрах з $b/h \approx 1$ (квадрат, круг). Винятком є

перші калібри (ромб, овал) у системах ромб-квадрат, овал-квадрат, у яких розширення по осі калібру не відповідає загальним закономірностям його зміни. Очевидно, що зазначене обумовлено невідповідністю фактичних розмірів та форми вихідної квадратної заготовки (наприклад, квадратна заготовка має округлені ребра). Про це свідчить й те, що розрахункові величини розширення по всіх формулах для зазначених калібрів мають істотну відмінність від наведених у роботі [3].

Таблиця 1 – Методики розрахунку

Б.П. Серєда	$\Delta b_0 = k_\sigma \cdot k_f \cdot k_d \cdot k_\theta \cdot \frac{\varepsilon_h \cdot l_d}{1 + \frac{\sin \varphi}{f_\mu}}; \quad (1)$ <p>k_σ – фізико-механічний коефіцієнт k_f – коефіцієнт що враховує вплив тертя k_d – розмірний коефіцієнт балу зерна k_θ – експериментальний коефіцієнт що враховує довжини ділянок осередку розширення металу</p>
В.О. Ніколаєв	$\Delta b = \frac{\Delta h_{cp} \cdot B_{cp} / h_{cp}}{1 + \left(1 + \frac{tg \varphi}{f_b}\right) \cdot C_f \cdot (B_{cp} / l_d)}. \quad (2)$
А.А. Мутьєв	<p><i>Квадрат – ромб:</i> $\Delta b_0 = (0.2 + 0.08 \frac{l_d}{B_{cp}}) \frac{b}{H} \Delta h;$</p> <p><i>Ромб – квадрат:</i> $\Delta b_0 = (0.2 + 0.12 \frac{l_d}{B_{cp}}) \frac{b}{H} \Delta h;$</p> <p>(3)</p> <p><i>Овал – квадрат</i></p> <p><i>Овал – ребровий овал</i></p> <p><i>Овал – круг</i></p> $\Delta b_0 = C \frac{\Delta h_{cp}}{H_{cp}} \sqrt{R \cdot \Delta h_{cp}},$
В.І. Зюзін та А.М.Кривінцов	$\Delta b_0 = C_0 \cdot k_\phi \cdot l_d (1 - \sqrt{1 - \varepsilon})(1 - \alpha^2 / 4f^2); \quad (4)$ $C_0 = 5.97 (1 - \varepsilon) \frac{B}{e^{1.43 B / b_{ok}}} + \varepsilon;$ $b_{ok} = l_d (\sqrt{1 - \varepsilon})(1 - \alpha^2 / 4f^2),$
В.К. Смірновим	$\beta = \frac{b}{B} = 1 + C_0 \left(\frac{H}{h} - 1\right)^{C1} \left(\frac{D}{h} - 1\right)^{C2} \left(\frac{H}{B}\right)^{C3} \cdot \alpha_k^{C4} \cdot \delta^{C5} \cdot \psi^{C6}.$ $\Delta b_0 = B(\beta_0 - 1), \quad (5)$

У табл. 2 представлені також розрахункові величини розширення, отримані по формулах, які дають близькі до дослідних результатів. Відсутність розрахункових величин розширення по інших формулах, представленим у табл. 1, пояснюється меншою їх точністю в порівнянні з наведеними

Таблиця 2 – Розрахункові величини розширення в простих калібрах по табл. 1 (коефіцієнт тертя $f = 1$)

Форма калібру	$\Delta b_{оп}$, мм	Розрахункові величини Δb_o (мм) по формулах				
		Середа	Ніколаєв	Мутьєв	Зюзін Кривінцов	Смірнов
Система квадрат-ромб						
Ромб	3,6	8,4	12,3	7,25	7,1	8,8
Квадрат	7,45	5,6	8,5	5,4	8,3	10,9
Ромб	8,7	8,5	8,9	5,1	5,1	7,6
Квадрат	7,35	8,8	9,0	4,8	5,9	7,8
Ромб	10,55	13,2	10,0	5,4	6,1	8,3
Квадрат	7,7	7,6	8,2	5,2	5,9	7,6
Система квадрат-овал						
Овал	9,5	14,1	20,7	16,4 -		10,1
Квадрат	11,8	6,3	9,7	4,95 -		5,8
Овал	16,9	13,1	17,5	17,6 -		10,6
Квадрат	8,2	8,3	7,9	6,2 -		4,3
Овал	15,9	15,6	15,6	7,8 -		8,4
Квадрат	8,4	7,5	6,2	4,97 -		3,30
Система круг-овал						
Овал	7,0	6,3	8,5	9,8	-	6,2
Круг	6,3	6,1	6,8	11,7	-	6,6
Овал	9,9	9,9	11,3	13,0	-	7,5
Круг	6,1	6,0	5,3	3,0	-	6,1
Овал	10,7	9,5	10,7	11,7	-	6,7
Круг	5,2	6,05	4,42	4,0	-	6,3

в табл. 2. Точність розрахунку розширення оцінювали відношенням $\Delta b_i / \Delta b_{оп}$ (Δb_i – розрахункове значення розширення по тій або іншій формулі; $\Delta b_{оп}$ – дослідне розширення) (табл. 3). З табл. 3 бачимо, що середня величина невідповідності $\Delta b_i / \Delta b_{оп}$ (при $\Delta b_i / \Delta b_{оп} < > 1$) становить по формулах: (Середа) – $0,87 \div 1,03$; (Зюзін–Кривінцов) – $0,57 \div 1,26$; (Ніколаєв) – $0,85 \div 1,14$; (Смірнов) – $0,46 \div 1,17$; (Мутьєв) – $0,40 \div 1,3$.

Менша помилка отримана при розрахунку розширення з використанням теоретичної моделі (1), що забезпечує збіг із дослідними даними в межах $0,87 - 1,03$. Це є цілком прийнятним для практичного використання розробленої моделі. Отримана збіжність розрахункових результатів із дослідними пояснюється тим, що дана модель наряду з урахуванням основних факторів, що впливають на розширення ще враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу та його металографічні характеристики.

Таблиця 3 – Відношення $\Delta b_i / \Delta b_{оп}$ для різних формул та калібрів

Форма калібру	$\Delta b_i / \Delta b_{оп}$ по різних формулах				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Ромб	0,98	0,98	0,84	1,07	0,44
Квадрат	0,99	1,14	0,86	1,17	1,30
Овал	0,87	1,01	0,78	0,69	0,72
Квадрат	0,99	0,85	0,57	0,46	0,47
Овал	1,01	1,09	1,26	0,73	1,01
Круг	1,03	0,93	1,16	1,06	0,44

На другому місці – по точності розрахунку перебуває статистична модель (2). Розрахункова відповідність із дослідними даними становить $\Delta b_i / \Delta b_{оп} = 0,85 - 1,14$. Істотно більша відмінність від дослідних даних розширення отримані по залежностях (3) та (4). При цьому по формулах (4) отримані розрахункові значення $\Delta b_i / \Delta b_{оп} = 0,46 - 1,17$, що може бути пояснено тим, що роль коефіцієнта тертя в залежностях (4) В.І. Зюзіна та А.М. Кривінцова виявляється завищеною.

Залежність (3) (табл. 2), використана тільки для розрахунку розширення металу в калібрах системи ромб-квадрат, не забезпечує прийнятну точність розрахунку ($\Delta b_i / \Delta b_{оп} = 0,57 - 1,14$), оскільки модель не враховує вплив середньої ширини штаби. Для інших систем калібрувань розширення Δb_0 по формулі (3) не розраховували внаслідок відсутності інформації в наукових працях для визначення коефіцієнта « θ ».

Й нарешті незадовільні результати розрахунку розширення отримані по формулі (5), значення відношення $\Delta b_i / \Delta b_{оп}$ склало $0,46 - 1,17$. Такі результати можуть бути пояснені тим, що модель (5) В.К. Смірнова отримана методом математичної й статистичної обробки існуючих калібрувань та не

враховує фізичних параметрів в процесі деформації, що визначають характер плинності металу.

На рис. 1, 2, 3 представлені графічні залежності величини розширення по калібрах у системі квадрат-ромб, квадрат-овал та круг-овал відповідно. Графічна залежність $\Delta b_i/\Delta b_{оп}$ по калібрах представлена на рис. 4.

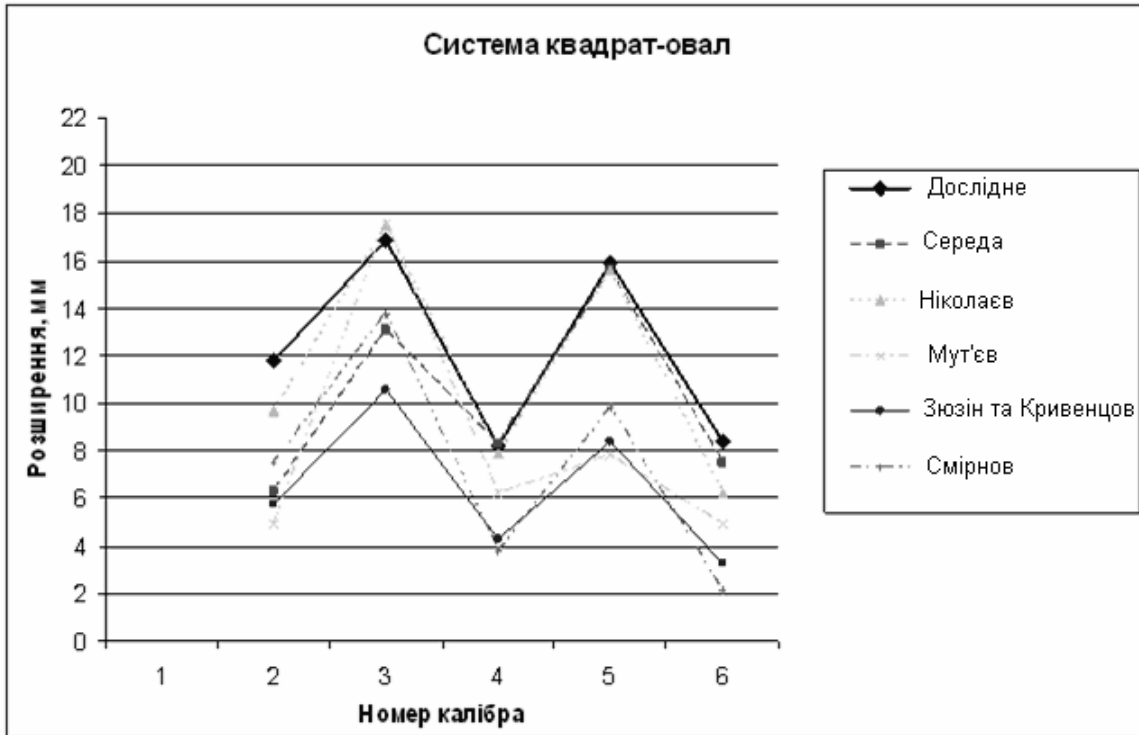


Рисунок 1 – Розширення в системі калібрів квадрат-ромб

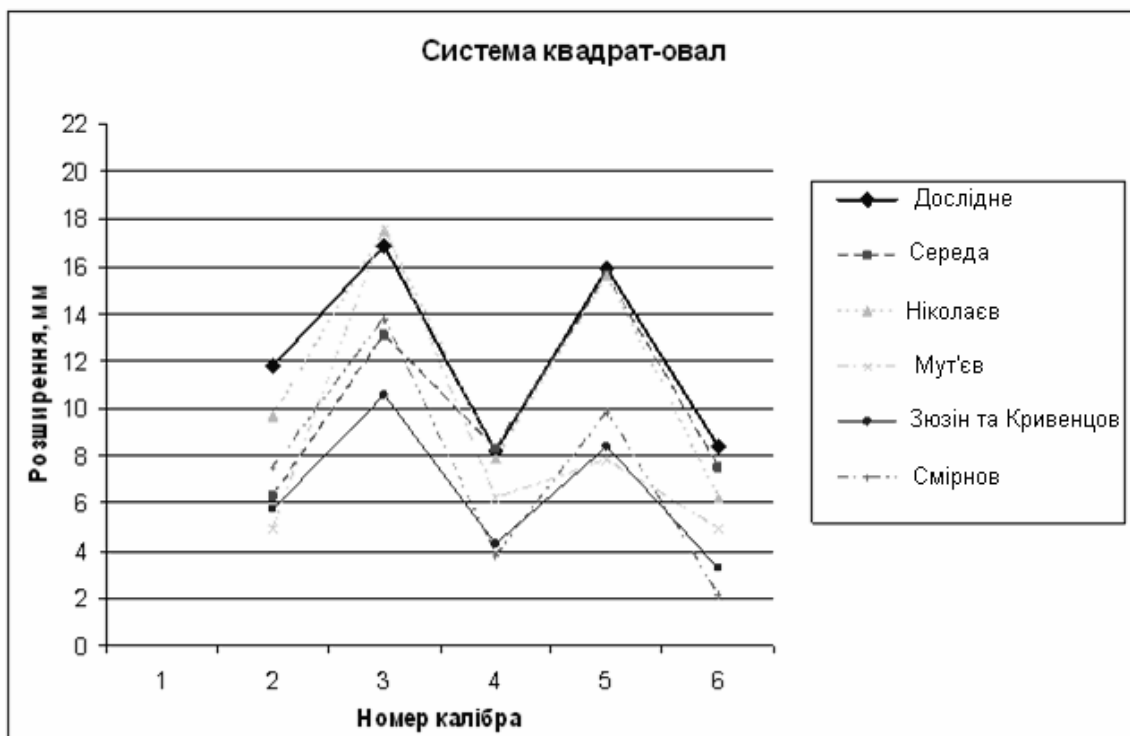


Рисунок 2 – Розширення в системі калібрів квадрат-овал

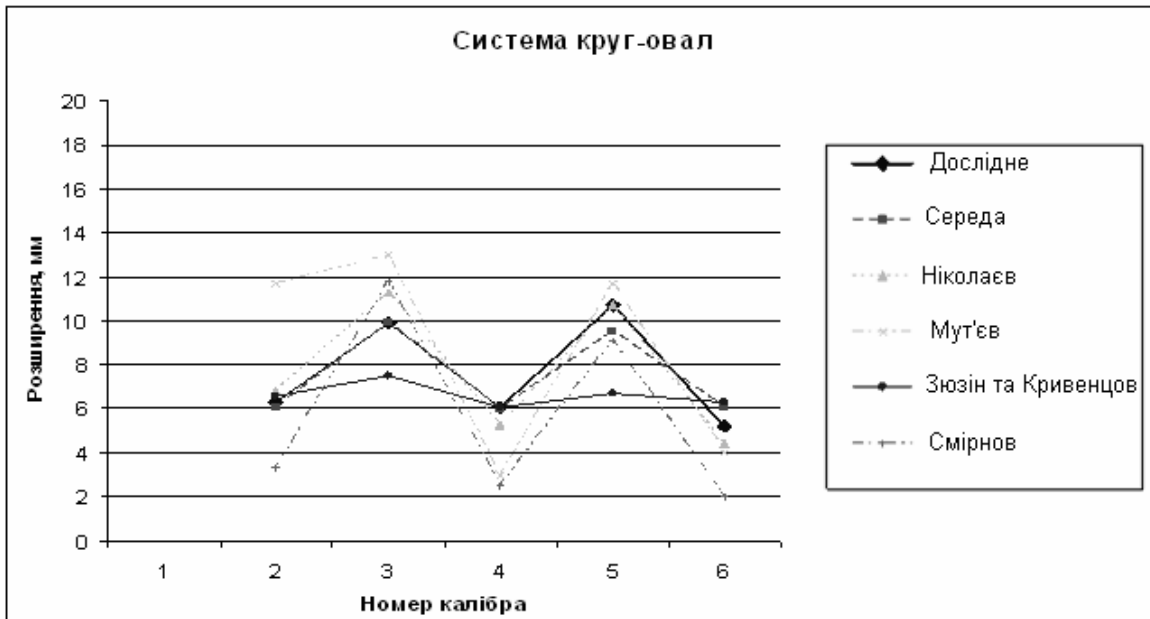


Рисунок 3 – Розширення в системі калібрів круг-овал

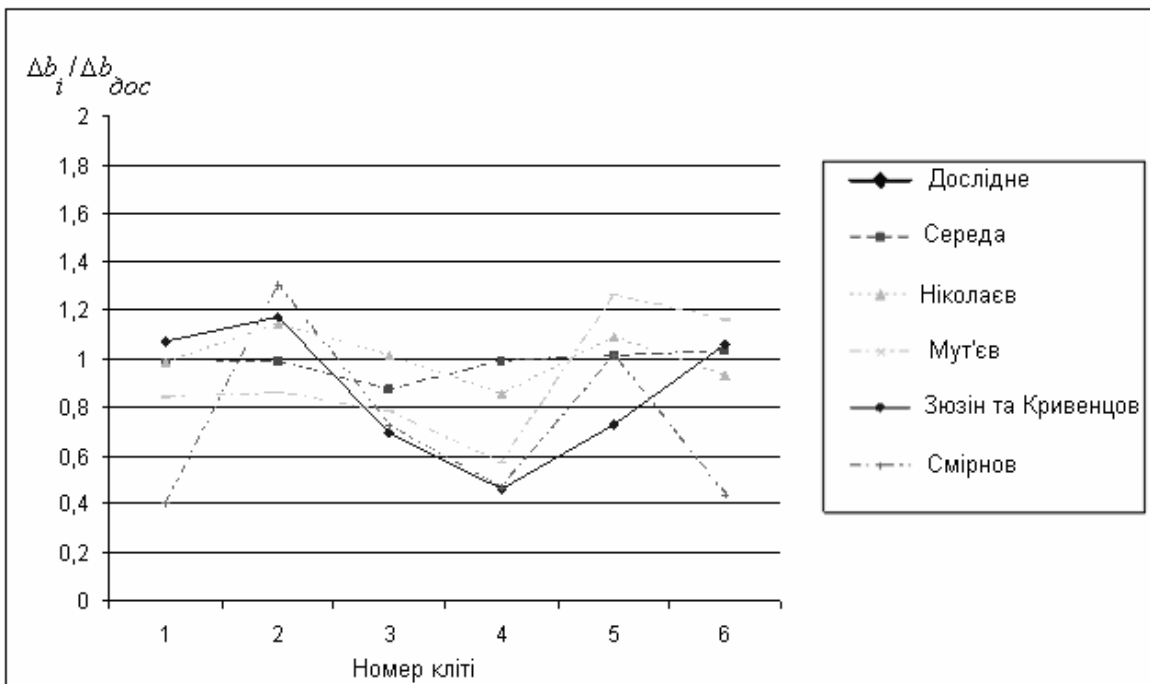


Рисунок 4 – Відношення $\Delta b_i / \Delta b_{оп}$ для різних формул та калібрів

Висновок

Таким чином, запропонована системна модель розрахунку розширення в гладких та каліброваних валках дозволяє одержувати прийнятні для практики величини розширення.

Література

1. Серода Б.П. *Обробка металів тиском. Навч. пос, гриф МОНУ. – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2005 – 250 с.*
2. Серода Б.П. *Металознавство та термічна обробка чорних та кольорових металів. Підручник, гриф МОНУ. – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2007 – 264 с.*
3. Николаев В.А. *Уширение металла при прокатке // Теория и практика металлургии. 1997. № 3. – с.8 – 11.*
4. Цоухар Г. *Силовые воздействия при прокатке в вытяжных калибрах. – М.: Металлургия. 1963. – 207 с.*
5. Минаев А.А., Устименко С.В. *Контролируемая прокатка сортовой стали. – М.: Металлургия, 1990. – 176 с.*

© Серода Б.П. 2008