

УДК 621.774

Міщенко О. В.  
Григоренко В. У.**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЗМЕНШЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ РІЗНОСТІННОСТІ ТРУБ ПРИ ХОЛОДНІЙ ПРОКАТЦІ НА ОПРАВЦІ**

Процеси холодної прокатки труб роликками (процес ХПТР) та процес холодної пільгерної прокатки (процес ХПТ) застосовується для виробництва високоякісних труб [1]. В процесі холодної прокатки відбувається спочатку редукування труб, а потім обтиск на оправці.

У роботі [2] було розглянуто механізм зміни поперечної різностінності в зоні редукування. Методом кінцево-елементного моделювання було показано, що при редукуванні труби з початковою великою вихідною поперечною різностінністю пластична деформація почнеться там, де товщина стінки є найменшою. Моделювання показало, якщо коефіцієнт зміцнення великий, то має місце суттєве зміцнення тонкої ділянки елемента, і при цьому деформація починає поширюватися на ділянки труби з більшою товщиною стінки.

У роботі [3] проводилися дослідження впливу редукування при холодній пільгерній прокатці на зміну поперечної різностінності. Автори експериментально встановили, що при редукуванні з деформаціями більш 25 % проходить стрімке падіння різностінності за рахунок падіння її ексцентричної складової, а симетрична складова різностінності залишається практично незмінною.

Щодо зміни поперечної різностінності у зоні обтиску стінки в роботі [4] були проведені дослідження зміни поперечної різностінності товстостінних труб по довжині робочого конуса у процесі ХПТР. Встановили, що інтенсивність зміни поперечної різностінності труб в зоні обтиснення стінки в 1,5–2,4 рази менша ніж у зоні редукування.

Механізм зменшення різностінності при прокатці на оправці було розглянуто у роботі [5]. Автори встановили, що для зменшення різностінності на оправці потрібно мати велику різницю контактних напружень на контактні металу з валками з боку нижнього та верхнього валка. Але ця робота була проведена лише для умов гарячої прокатки.

Метою роботи є дослідження механізму зменшення поперечної різностінності труб на оправці у процесах холодної прокатки для раціонального проектування режимів деформування по довжині робочого конуса.

Експериментальні дослідження зміни поперечної різностінності в зоні обтиску стінки були проведені при прокатці на стані ХПТ-75 за маршрутом  $63 \times 8,5$ – $38 \times 4,5$  та на стані ХПТР 15-30 при прокатці за маршрутом  $28 \times 3,2$ – $25,4 \times 2,65$ .

Для оцінки зміни поперечної різностінності труб по довжині зони обтиску стінки на стані ХПТР після зупинки стану витягнули робочий конус. Він був розрізаний на 27 частин рівної довжини. В кожному перерізі було виміряно товщини стінки у точках рівновіддалених одна від одної. Знайшли у кожному перерізі максимальні та мінімальні значення стінки й абсолютну поперечну різностінність.

З графіків зміни абсолютної різностінності уздовж конусів деформації стану ХПТР 15-30 видно (рис. 1), що інтенсивність зменшення абсолютної поперечної різностінності в зоні обтиснення стінки (перерізи 5–25) є меншою, ніж у зоні редукування (перерізи 1–5).

Зменшення абсолютної поперечної різностінності складає у зоні редукування 0,15 мм на довжині 50 мм, а у зоні обтиску стінки 0,1 мм на довжині 200 мм. Тобто зменшення різностінності відбувається також і на оправці, хоча і не так інтенсивно як в зоні редукування.

Провели за аналогічною методикою дослідження зміни поперечної різностінності у зоні обтиску стінки і для процесу прокатки на стані ХПТ (табл. 1 та рис. 2).



Рис. 1. Графіки зміни абсолютної поперечної різностінності уздовж конуса деформації стана ХПТР 15-30 при прокатці труб за маршрутом  $28 \times 3,2$ – $25,4 \times 2,65$  (перерізи 1–5 – зона редукування; перерізи 5–21 – зона обтиску стінки)

Таблиця 1

Результати вимірів товщини стінок і розрахунків поперечної різностінності при холодній пільгерній прокатці по маршруту  $63 \times 8,5$ – $38 \times 4,5$

№ пер.	Макс.	Мін.	Сер.	Абс.	Відн.
1	8,80	8,25	8,54	0,55	6,44
2	8,82	8,26	8,54	0,56	6,56
3	8,80	8,10	8,49	0,70	8,24
4	8,77	8,34	8,56	0,43	5,02
5	8,04	7,65	7,84	0,39	4,97
6	7,53	7,20	7,36	0,33	4,48
7	7,19	6,92	7,04	0,27	3,83
8	6,83	6,53	6,71	0,30	4,47
9	6,52	6,19	6,38	0,33	5,17
10	6,24	5,98	6,12	0,26	4,25
11	6,01	5,75	5,88	0,26	4,42
12	5,77	5,54	5,65	0,23	4,07
13	5,57	5,39	5,49	0,18	3,28
14	5,43	5,22	5,33	0,21	3,94
15	5,24	5,05	5,15	0,19	3,69
16	5,06	4,90	4,98	0,16	3,21
17	5,06	4,84	4,95	0,22	4,44
18	5,01	4,80	4,88	0,21	4,30
19	4,95	4,78	4,85	0,17	3,51
20	4,90	4,71	4,81	0,19	3,95

№	Макс.	Мін.	Сер.	Абс.	Відн.
21	4,84	4,68	4,76	0,16	3,36
22	4,79	4,63	4,70	0,16	3,40
23	4,74	4,59	4,66	0,15	3,22
24	4,70	4,53	4,61	0,17	3,69
25	4,68	4,52	4,59	0,16	3,49
26	4,66	4,50	4,57	0,16	3,50
27	4,65	4,50	4,57	0,15	3,28
28	4,67	4,51	4,59	0,16	3,49
29	4,67	4,52	4,59	0,15	3,27
30	4,68	4,54	4,60	0,14	3,04
31	4,68	4,54	4,61	0,14	3,04
32	4,68	4,53	4,60	0,15	3,26
33	4,69	4,51	4,59	0,18	3,92
34	4,69	4,51	4,60	0,18	3,92
35	4,70	4,51	4,60	0,19	4,13
36	4,71	4,51	4,59	0,20	4,35
37	4,71	4,52	4,60	0,19	4,13
38	4,72	4,53	4,60	0,19	4,13
39	4,71	4,51	4,60	0,20	4,35

Видно (рис. 2), що інтенсивність зменшення абсолютної поперечної різностінності в зоні обтиснення стінки (перерізи 5–25) є меншою, ніж у зоні редукування (перерізи 1–5). Зменшення абсолютної поперечної різностінності складає у зоні редукування 0,4 мм на довжині 50мм, а у зоні обтиску стінки 0,15 мм на довжині 300 мм.

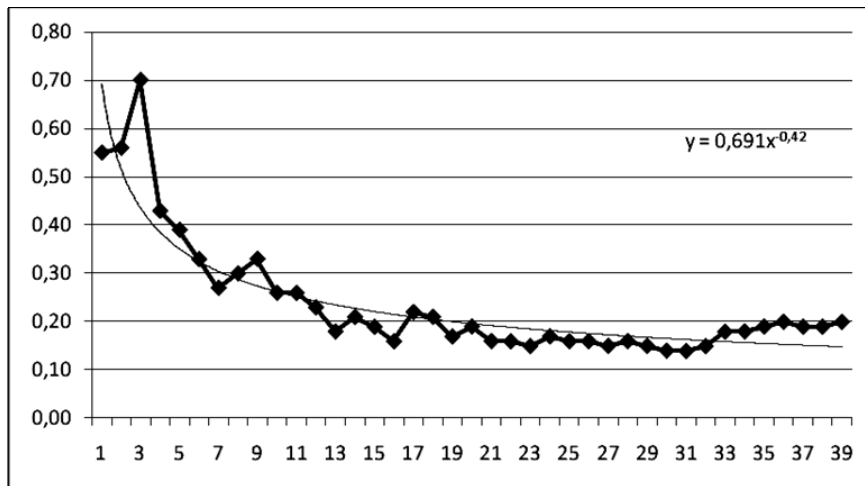


Рис. 2. Графіки зміни абсолютної поперечної різностінності уздовж конуса деформації стана ХПТ-75 при прокатці труб по маршруту  $63 \times 8,5-38 \times 4,5$  (перерізи 1–5 – зона редукування; перерізи 5–29 – зона обтиску стінки)

Розглянемо спрощений механізм зміни ексцентричної різностінності у миттєвому осередку деформації (рис. 3 та рис. 4).

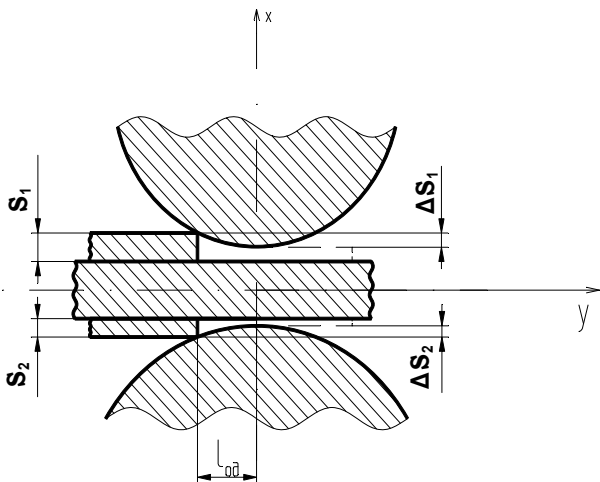


Рис. 3. Схема осередку деформації при первинному контакті труби з валками до пояснення спрощеного механізму зміни ексцентричної різностінності при прокатці на оправці:

$\Delta$  – обтиск металу;  $S_1$  – більша товщина стінки;  $S_2$  – менша товщина стінки;  $l_{0d}$  – відстань від початку контакту труби з валками до осі, що з'єднує центри валків

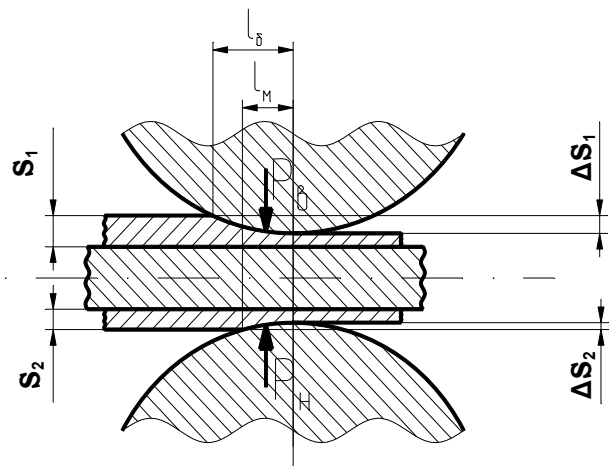


Рис. 4. Схема миттєвого осередку деформації при стабілізації процесу до пояснення спрощеного механізму зміни ексцентричної різностінності при прокатці на оправці:

$\Delta S_1$  – обтиск більшої товщини стінки;  $\Delta S_2$  – обтиск меншої товщини стінки;  $l_\delta$  – довжина осередку деформації верхнього ролика;  $l_m$  – довжина деформації нижнього ролика

Приймаємо наступні припущення:

1. Деформується труба, що має ексцентричну різностінність.
2. Розглядаємо деформацію по вершині калібру.
3. Тонка стінка знаходиться у вершині одного калібру, а товща стінка у вершині протилежного калібру.
4. Беремо прокатку в системі 2-х калібрів.
5. Не беремо до уваги течію металу у випусках і аналізуємо плоский осередок деформації, а не об'ємний.

6. Оправка не має можливості переміщуватися вздовж осі прокатки.

При захваті труби на оправці на початку прокатки (рис. 3) маємо проектну рівність абсолютних обтисків як товстої, так і тонкої стінки  $\Delta S_1 = \Delta S_2$ . Але у такому випадку при рівних обтисках та різних товщинах стінки відносна деформація буде більшою на тонкій стінці  $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$  оскільки  $\varepsilon_2 = \Delta S_2/S_2$ ,  $\varepsilon_1 = \Delta S_1/S_1$ . Відповідно буде більшим наклеп металу у тонкій стінці. При цьому сила прокатки також буде більшою ніж на товстій стінці. Але це неможливо, через те, що система не буде відповідати умові рівноваги. Сили прокатки, що діють з боку верхнього та нижнього валка, мають бути рівними.

Для забезпечення рівноваги сил система труба – оправка повинна переміститися і розташуватися між валками таким чином, щоб сили прокатки з боку верхнього та нижнього валків були однаковими  $P_v = P_n$ .

З аналізу визначення сили прокатки видно, що це можливо коли система труба – оправка переміститься відносно валків у бік товстої стінки.

Збільшення обтиску на товстій стінці та зменшення обтиску на тонкій стінці дасть різні довжини горизонтальних проекцій дуг контакту (рис. 4). Довжина дуги контакту на товстій стінці буде більшою, ніж на тонкій.

## ВИСНОВКИ

Експериментальні дослідження зміни поперечної різностінності по довжині (перерізах) робочого конуса показали, що інтенсивність зменшення абсолютної поперечної різностінності в зоні обтиснення стінки є у два-три рази меншою у порівнянні із зоною редукування.

Розвинуто пояснення спрощеного механізму зменшення поперечної різностінності труб для умов холодної прокатки на оправці. Показано, що ведення процесу з рівними обтисками на товстій та тонкій стінці неможливо, бо приводить до різного наклепу металу товстої та тонкої стінки. При забезпеченні умови рівноваги сил прокатки зі сторони нижнього та верхнього валка при урахуванні наклепу металу зменшення різниці між товстою та тонкою стінкою відбувається за рахунок переміщення системи труба – оправка у бік товстої стінки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Данченко В. Н. *Технология трубного производства* : учебник / В. Н. Данченко, А. П. Коликов, Б. А. Романцев и др. – М. : Интермет Инжиниринг, 2002. – 638 с.
2. Григоренко В. У. *Исследование снижения поперечной разностенности труб при редуцировании в условиях непрерывной периодической роликовой прокатки труб* / В. У. Григоренко, В. Н. Данченко, А. А. Миленин // Системні технології. – Дніпропетровськ, 2003. – № 6/ (29). – С. 140–148.
3. Дехтярев В. С. *Уменьшение эксцентричной разностенности при холодной пильгерной прокатке труб* / В. С. Дехтярев, Ю. Ю. Мацко, Я. В. Фролов // Металл и литье Украины. – 2006. – № 11–12. – С. 39–41.
4. Міщенко О. В. *Дослідження зміни поперечної різностінності при прокатці труб на станах ХПТР* / О. В. Міщенко, В. У. Григоренко, С. В. Пилипенко // Системні технології. – Дніпропетровськ, 2010. – № 5. – С. 37–46.
5. Данченко В. Н. *Продольная прокатка труб* / В. Н. Данченко, А. В. Чус. – М. : Металургія, 1984. – 136 с.

Міщенко О. В. – студент НМетАУ;

Григоренко В. У. – д-р техн. наук, проф. НМетАУ.

НМетАУ – Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ.

E-mail:ms0662@bigmir.net