

УДК 621.774

О.В. Міщенко, В.У. Григоренко, С.В. Пилипенко  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ РІЗНОСТІННОСТІ ПРИ ПРОКАТЦІ  
ТОНКОСТІННИХ ТРУБ НА СТАНАХ ХПТР**

*Анотація. Проведено експериментальні дослідження зміни поперечної різностінності труб при прокатці для випадку класичної схеми подачі-повороту перед прямим ходом кліті. Труби замірювали приборами УЗК в поперечному перерізі вздовж всієї труби по товщині стінки у партії труб до прокатки та після прокатки. Відбирали робочі конуси деформації, та розрізали їх на 27 частин, виміряли товщину стінки у 9 точках в кожному поперечному перерізі. Досліджені в статті випадки прокатки труб відношенням діаметра до товщини стінки  $25.4/2.65=9.58$  з великою початковою різностінністю 16-25% показали інтенсивне зменшення абсолютної та відносної різностінності в першій третині конуса деформації. Зміна різностінності труби вздовж конуса деформації більш інтенсивніша при більшій величині подачі.*

### **Вступ**

Холодна прокатка труб, на роликівих станах, широко використовується в трубній промисловості [1]. Такий процес застосовують для виробництва високоякісних труб. Але окрім використання станів ХПТР по прямому призначенню для виробництва особливо тонкостінних труб їх також застосовують і для виробництва труб з більшими товщинами стінок. Прокатка труб на станах ХПТР являється одним з найскладніших видів пластичної деформації [1].

### **Проблема**

Для розробки технологій виробництва тонкостінних труб потрібні експериментальні данні по зміні поперечної різностінності у процесі холодної прокатки труб роликами. На погляд авторів статті дослідженням зміни поперечної різностінності під час прокатки тонкостінних труб на стані ХПТР, та впливу різних факторів на величину цих змін надано недостатньої уваги.

### **Аналіз досліджень**

В джерелі [3] наведено двофакторний експеримент по дослідженню впливу величини подачі та витяжки (табл. 1, рис. 1).

---

© Міщенко О.В., Григоренко В.У., Пилипенко С.В., 2010

Труба розміром 12x0,43 мм. прокатувалась з заготовки діаметром 14 мм з товщиною стінки 0,9; 1,2; та 1,3 мм, Заготовка кожного розміру прокатувалась з подачею 2,5, 4, та 6 мм.

Для зручності результати експерименту авторами статті представлено в вигляді тримірної графіки змін величини відносної різностінності (див. рис. 1). З графіку видно, що відносна різностінність труб в основному збільшилась і не завжди зменшення подачі й витяжки веде до зменшення росту різностінності готових труб. Цікаво, що максимальне збільшення різностінності спостерігається на середніх значеннях .

В одному з досліджень величини поперечної різностінності труб прокатаних на стані ХПТР, які викладено в джерелі [2], зразки труб вимірювались кроком в 1 градус мікрометром підвищеної точності.

Таблиця 1

Точність руб прокатаних на стані ХПТР при проведенні двофакторного експерименту [3]

Тип стану	Маршрут прокатки	Витяжка	Подача, мм	Поперечна різностінність до прокатки		Поперечна різностінність після прокатки	
				мм	%	мм	%
ХПТР 15-30	14x0,9- 12x0,43	2,29	2,5	0,925	7,14	0,39	9,14
			4	0,925	6,81	0,39	11,73
			6	0,908	7,93	0,413	11,14
ХПТР 15-30	14x1,15- 12x0,43	2,81	2,5	1,124	4,45	0,42	9,52
			4	1,128	4,08	0,434	9,68
			6	1,128	4,61	0,438	8,68
ХПТР 15-30	14x1,3- 12,043	3,09	2,5	1,125	7,18	0,401	11,22
			4	1,295	7,95	0,402	11,44
			6	1,317	7,59	4,28	10,5

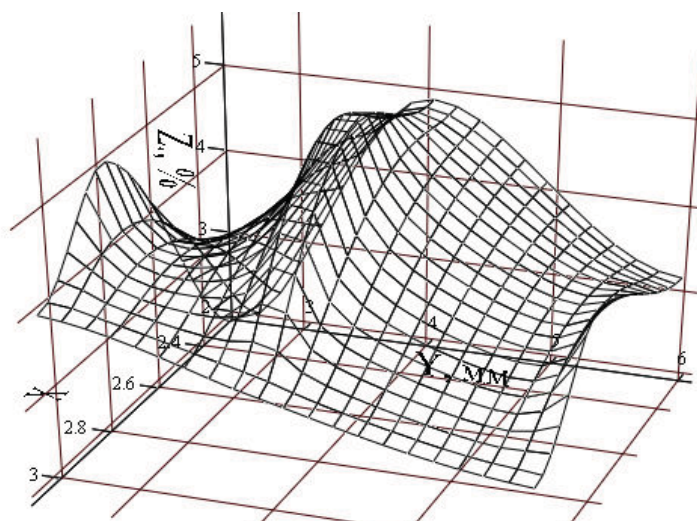


Рисунок 1

Збільшення відносної різностінності труб в залежності від величини подачі та витяжки при прокатці на стані ХПТР: вісь x – витяжка; вісь y – подача, мм; вісь z – величина збільшення відносної різностінності

Результати цього дослідження показано в таблиці 2. З них видно, що на стані ХПТР відносна різностінність змінюється в досить великому проміжку величин. Вона може й зменшуватись і підвищуватись. Велика розбіжність в показниках різностінності труб (див. табл. 2) обумовлюється багатьма факторами які на неї впливають. Це й величина початкової різностінності, величина подачі, величина розвалки, довжина калібруючої ділянки, кількість подвійних рухів в хвилину, та інше [3].

Таблиця 2

Статистичні характеристики відхилень товщини стінки труб прокатаних на стані ХПТР [2]

Розмір труб, мм	Тип стану ХПТР	Товщина стінки, мм			Відносна різностінність	Дисперсія сумарна	Коефіцієнт варіації, %	
		Мін.	Макс.	Середня			Сумарний	Екцентриситета
7x0,3	4-15	0,3	0,312	0,306	3,92	0,0001	0,9	0,4
17x1,7	15-30	1,66	1,74	1,7	4,71	0,00057	1,4	1,32
25x1,2	15-30	1,13	1,45	1,31	24,43	0,01007	7,6	6,5
7x0,3	15-30	0,32	0,36	0,34	11,76	0,00017	3,9	3,7

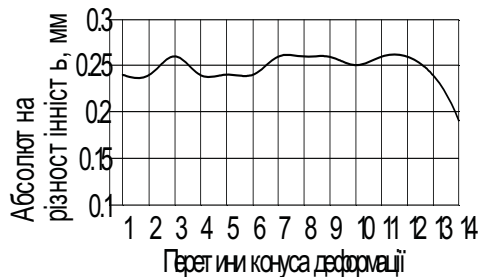
Заміри проведені в іншому дослідженні [2] (таб. 3), підтверджують те, що відносна різностінність труб прокатаних на стані ХПТР в деяких випадках навіть збільшується.

В джерелі [4] також викладено дослідження зміни величини різностінності труб, що прокатані на стані ХПТР, але в випадку прокатки труб з невеликою початковою різностінністю (6-8%). Труби були прокатані по маршруту 119,1x4,1-114,3x3,05 на стані ХПТР 60-120. Дослідження зміни різностінності вздовж конуса деформації показують, що коли абсолютна різностінність дещо зменшується, відносна навпаки зростає (рис. 2). В цьому ж джерелі зроблено дослідження зміни величини різностінності 15-ти труб з такою ж невеликою початковою різностінністю.

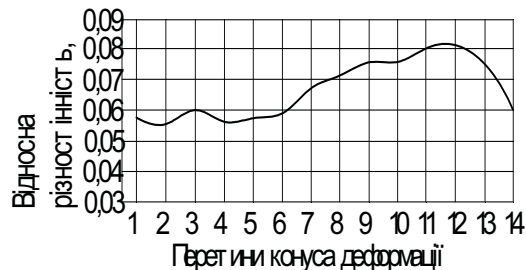
Таблиця 3

Характеристики зміни відхилень товщини стінки труб прокатаних на стані ХПТР [2]

Тип стану	Маршрут прокатки	Поперечна різностінність до прокатки		Поперечна різностінність після прокатки	
		мм	%	мм	%
ХПТР 30-60	41x1,7-39x1,1	0,09	5	0,078	7
ХПТР 15-30	25x1-23x0,3	0,1	9	0,02	5
ХПТР 15-30	23x0,8-23x0,3	0,07	9	0,05	11



А



Б

Рисунок 2

Графіки зміни величини різностінності труб по довжині робочого конуса стану ХПТР 60-120 в результаті прокатки труб з

невеликою різностінністю (119,1x4,1-114,3x3,05): А – зміна абсолютної різностінності; Б - зміна відносної різностінності

#### Ціль досліджень

Поставлено задачу провести експеримент по дослідженню зміни поперечної різностінності підчас прокатки тонкостінних труб на стані ХПТР.

#### Опис матеріалу дослідження

Для експерименту вибрано трубу 25,4x2,65 зі сплаву. Дванадцять таких труб було прокатано на стані ХПТР 15-30 з холоднокатаної заготовки розміром 28x3,2. Подача та поворот проводились за класичною схемою – подача та поворот перед прямим ходом кліті. Параметри точності труб по товщині стінки було заміряно до та після прокатки ультразвуковим товщиноміром, результати замірів оброблено та зведено в таблицю 4.

Розбіг величин різностінності відносно середнього значення (дисперсія та середньоквадратичне відхилення) теж інтенсивніше зменшилися при подачі 3 міліметри (табл. 4).

Під час прокатки відібрано 4 конуси деформації: 2 при прокатці з подачею 3 міліметри, 2 при прокатці з подачею 1,3 міліметри. Всі конуса порізано на 27 рівних частин, параметри геометрії яких заміряно мікрометром підвищеної точності в 9-ти точках поперечного перетину. Для підвищення точності експерименту перед розміткою знаходились мінімальні та максимальні параметри товщини стінки та діаметра в цьому перетині.

Таблиця 4

Зміна показників розкиду величин товщини стінки вздовж конусів деформації, відібраних при прокатці труб на стані ХПТР 15-30 з подачами 1,3 та 3 міліметри (маршрут 28x3,2 - 25,4x2,65)

№ конуса	Подача, мм	Дисперсія			Середньоквад. відхилення		
		початкова	кінцева	різниця	початкове	кінцеве	різниця
1	3	0,062	0,018	0,044	0,498	0,132	0,366
2	3	0,055	0,026	0,029	0,438	0,205	0,233
3	1,3	0,03	0,015	0,015	0,243	0,018	0,225
4	1,3	0,0563	0,0296	0,0267	0,4504	0,2366	0,2138

Графіки зміни абсолютної різностінності вздовж конусів деформації стану ХПТР 15-30, при прокатці труб зі сплаву по маршруту 28x3,2 - 25,4x2,65 з подачами 1,3 і 3 мм. показані на рисунку 3.

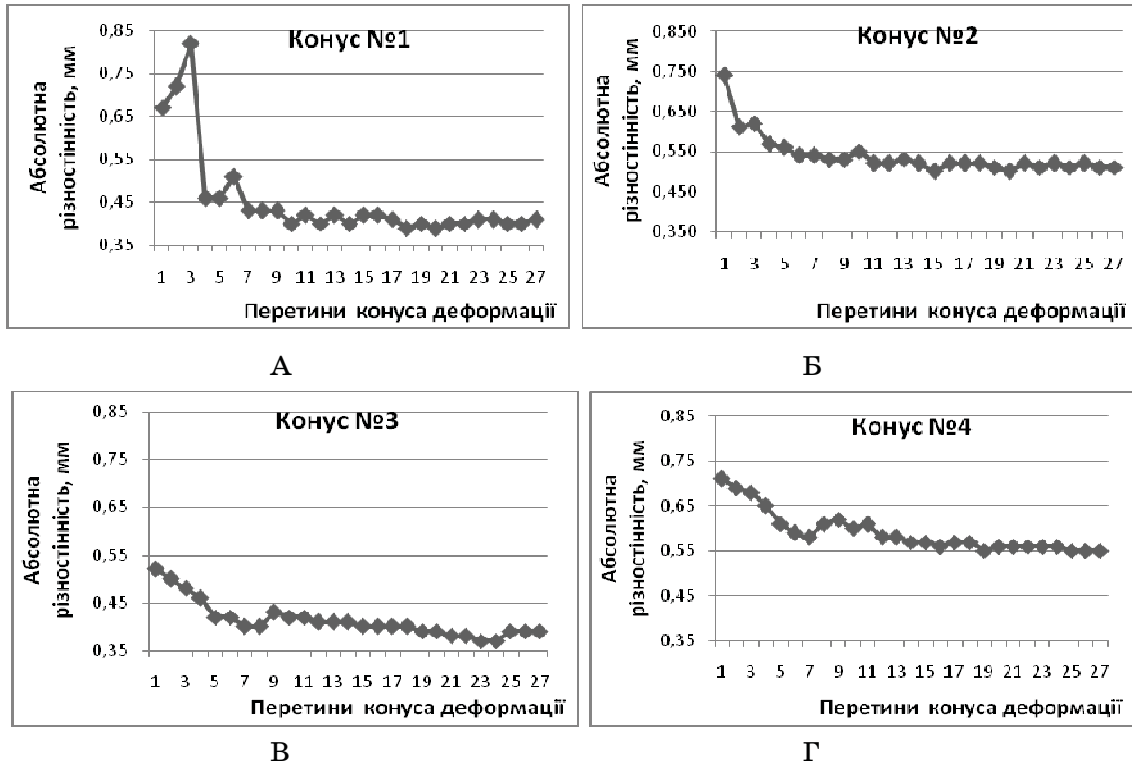


Рисунок 3

Графіки зміни абсолютної різностінності вздовж конуса деформації стану ХПТР 15-30, при прокатці труб зі сплаву по маршруту 28x3,2 - 25,4x2,65 (подача та поворот проводились за класичною схемою): А і Б - прокатка з подачею 3 міліметри; В і Г - прокатка з подачею 1,3 міліметри.

З графіків видно, що абсолютна різностінність падає як при прокатці з подачею 3 так і з подачею 1,3 міліметри. Цікаво, що падіння величин абсолютної різностінності вище при подачі 3 міліметри ніж при подачі 1,3 міліметри.

Зміну відносної різностінності вздовж конусів деформації стану ХПТР 15-30, які було відібрано при прокатці труб зі сплаву по маршруту 28x3,2 - 25,4x2,65 з подачами 1,3 і 3 мм. показано на графіках рисунка 4.

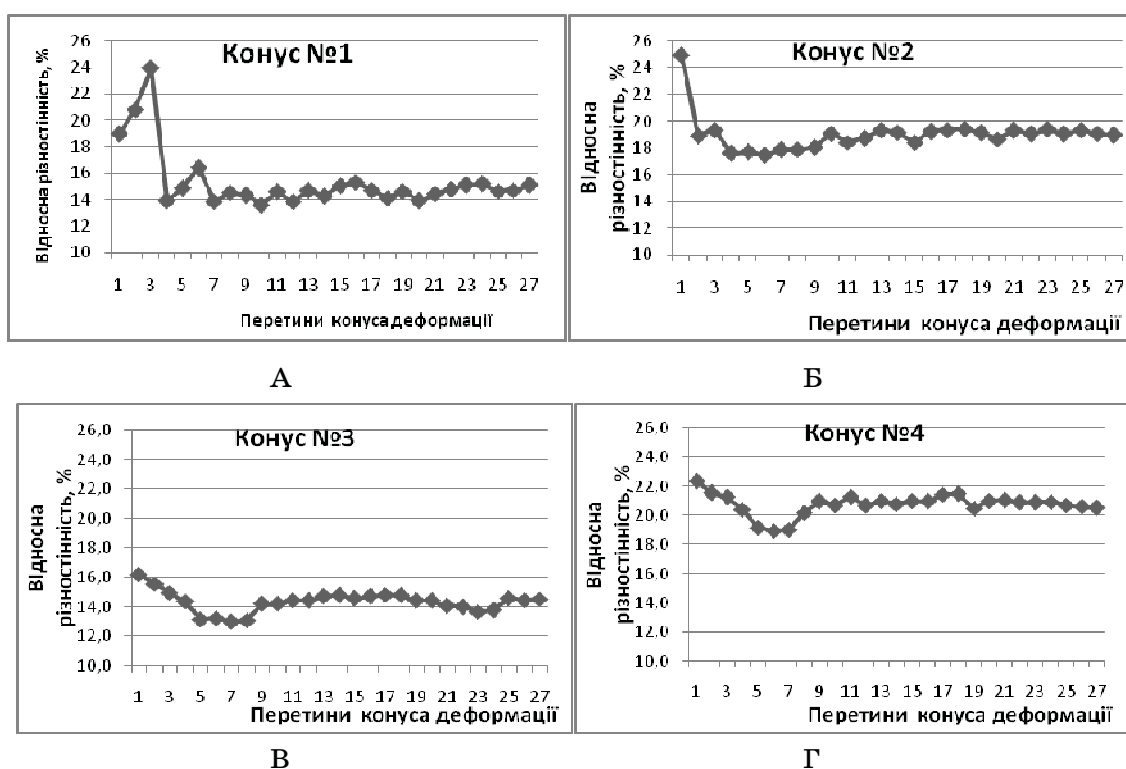


Рисунок 4

Графіки зміни відносної різностінності вздовж конуса деформації стану ХПТР 15-30, при прокатці труб зі сплаву по маршруту 28x3,2 - 25,4x2,65 (подача та поворот проводились за класичною схемою): А і Б - прокатка з подачею 3 міліметри; В і Г - прокатка з подачею 1,3 міліметри

З графіків рисунку 4 видно, що на відміну від абсолютної різностінності, відносна впала не так стрімко. Ступінь падіння відносної різностінності при подачі 3 міліметри більша ніж при подачі 1,3 міліметри. Найбільше відносна різностінність (як і абсолютна, див. рис. 4) падає в зоні редукування, далі вона майже не змінюється, чи зростає незначно (особливо при подачі 1,3 мм.).

Данні експерименту було зведено в таблицю 5, на рисунку 7 показано графіки зміни товщини стінки вздовж однієї з труб цієї партії.

Таблиця 5

Поперечна різностінність труб, прокатаних на стані ХПТР 15-30  
(подача та поворот проводились за класичною схемою, маршрут  
28x3,2 - 25,4x2,65, подача 2,1 мм.)

Номер труби	Заготовка				Труба			
	Товщина стілки, мм		Різностінність		Товщина стілки, мм		Різностінність	
	мин	макс	абс., мм	відн., %	мин	макс	абс., мм	відн., %
1	2,91	3,46	0,55	17,27	2,54	2,92	0,38	13,92
2	2,93	3,45	0,52	16,30	2,53	2,92	0,39	14,31
3	2,94	3,6	0,66	20,18	2,48	2,98	0,5	18,32
4	2,88	3,49	0,61	19,15	2,48	2,94	0,46	16,97
5	2,9	3,46	0,56	17,61	2,5	2,91	0,41	15,16
6	2,97	3,74	0,77	22,95	2,43	3	0,57	20,99
7	2,89	3,45	0,56	17,67	2,52	2,94	0,42	15,38
8	2,53	2,98	0,45	16,33	2,51	2,94	0,43	15,78
9	3	3,6	0,6	18,18	2,5	2,98	0,48	17,52
10	2,86	3,47	0,61	19,27	2,5	2,95	0,45	16,51
11	2,79	3,56	0,77	24,25	2,48	3	0,52	18,98
12	2,87	3,46	0,59	18,64	2,48	2,93	0,45	16,64
Середньо	3,18		0,6	18,98	2,72		0,46	16,71

Видно, що відносна різностінність труб зменшилась за рахунок максимально великих значень різностінності. Кількість труб з середньою та малою для заготовки різностінністю практично не змінилась. Дисперсія значень відносної різностінності партії труб зменшилась з 5,55 до 3,79, середньоквадратичне відхилення з 2,36 до 1,95. В цілому різностінність зменшилась але незначно (середнє значення зменшилось з 18,99 до 16,71).

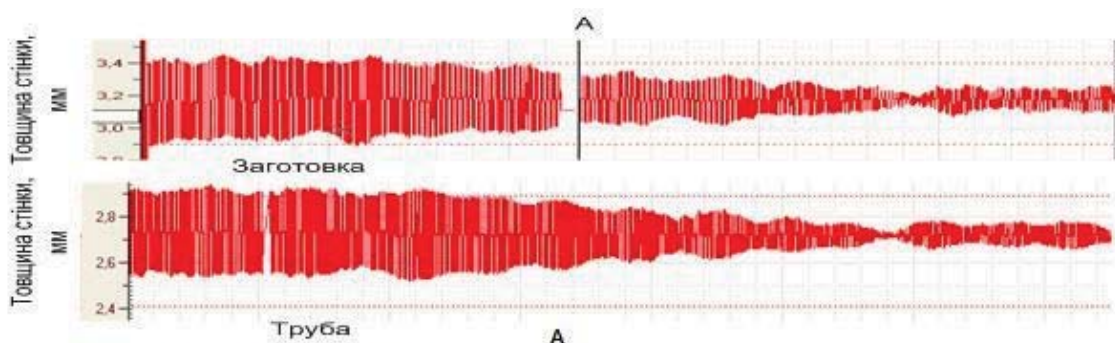


Рисунок 5



Графік зміни товщини стінки труби під час прокатки на стані ХПТР 15-30, (маршрут 28x3,2 - 25,4x2,65, сплав).

Результатом обробки даних різностінності вказаної партії труб являється полігон зміни абсолютних частот відносної різностінності труб (рис. 8).

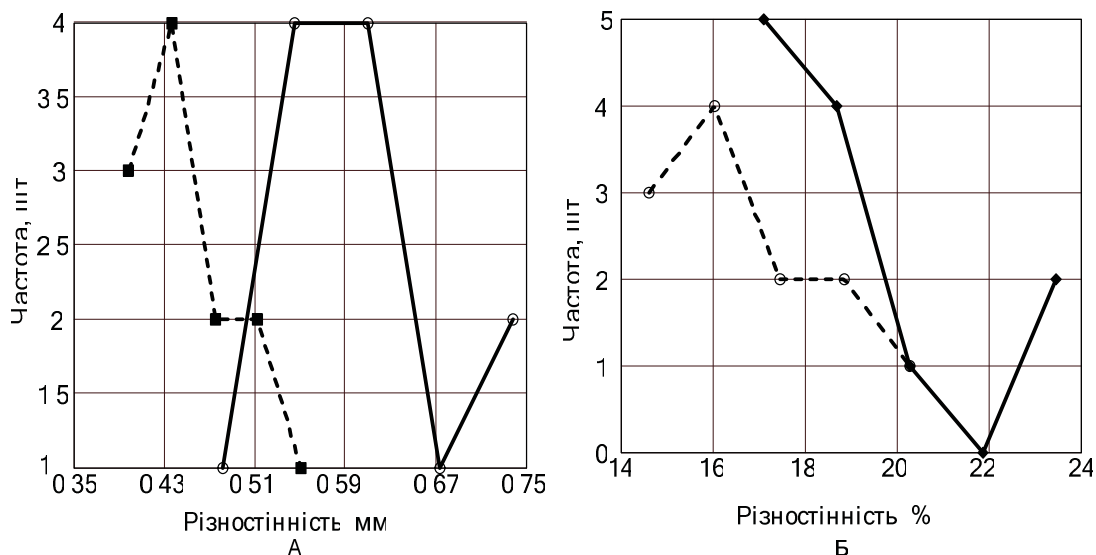


Рисунок 6

Полігони зміни частот абсолютної та відносної різностінності товстоситінних труб під час прокатки на стані ХПТР 15-30, (маршрут 28x3,2 - 25,4x2,65, титановий сплав): А – абсолютна різностінність; Б - відносна різностінність; суцільна лінія – заготовка; штрих - готова труба

Полігони показують, що абсолютна та відносна різностінність змінилась. Відносна різностінність труб зменшилась за рахунок максимальних великих значень різностінності. Кількість труб з середньою та малою для заготовки різностінністю практично не змінилась. Дисперсія значень відносної різностінності партії труб зменшилась з 5,55 до 3,79, середньоквадратичне відхилення з 2,36 до 1,95. В цілому можна зазначити, що різностінність зменшилась, але незначно.

### Висновки

Всі досліджені в статті випадки прокатки труб відношенням діаметра до товщини стінки  $25.4/2.65=9.58$  з великою початковою різностінністю 16-25% показали інтенсивне зменшення абсолютної та відносної різностінності в першій третині конуса деформації, далі різностінність або практично не змінювалась, або навіть підвищувалась.

Основне зменшення початкової поперечної різностінності відбувається на початку робочого конусу у зоні редукування. В зоні обтиску стінки та зоні калібрування зміни поперечної різностінності не значні.

Зміна різностінності тонкостіних труби вздовж конуса деформації стану ХПТР більш інтенсивніша при більшій величині подачі (подача 3 по зрівнянню з 1,3.)

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вердеревский В.А. Роликовые станы холодной прокатки труб / Вердеревский В.А., - М.: Металлургия, 1992. - 239 с.
2. Развитие теории и практики производства прецизионных стальных труб / Кузнецов Е.Д. // Развитие теории процессов производства труб: Сб. науч. тр. под редакцией В.Н. Данченко – Днепропетровск: Системные технологии, 2005 – С. 233-259
3. Столетний М.Ф. Точность труб / М.Ф. Столетний, Е.Д. Клемперт – М.: Металлургия 1975 - 239 с.
4. Григоренко В.У. Экспериментальные исследования изменения разностенности труб по длине рабочего конуса при прокатке на стане ХПТР / / В.У. Григоренко, К.В. Щербань // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Пластична деформація металів. Теорія і технологія виробництва труб. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2008. – Т. 11.- С. 270-273.

Получено 15.09.2010г.