

© О.П. Головченко<sup>1</sup>, В.У. Григоренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОПЕРЕЧНУ РІЗНОСТІННІСТЬ ТРУБ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОЇ ПІЛЬГЕРНОЇ ПРОКАТКИ З ПОДВІЙНОЮ ПОДАЧЕЮ ТА ПОВОРОТОМ НА СУЧАСНИХ СТАНАХ

© O. Holovchenko<sup>1</sup>, V. Hrigorenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE ON THE CROSS-WALL DIFFERENCE OF TUBES OF THE DOUBLE-FEED AND RETURN COLD PILLAR ROLLING PROCESS AT THE PRESENT CONDITIONS

**Мета.** Експериментальне дослідження на сучасних станах холодної прокатки з виконанням подвійної подачі та повороту з впливу процесу такого режиму холодної прокатки труб на зміну поперечної різностінності в партії труб та на зміну величини поперечної різностінності по кінцям труб від труби-заготовки до готової труби.

**Методика.** Представляє собою промисловий експеримент на сучасному промисловому обладнанні з використанням сучасних приладів. Дослідження зміни поперечної різностінності у партії труб, провели при прокатці труб на стані ХПТ-40-8 з подачею та поворотом труби в обох крайніх положеннях кліті при прокатці труб розміром 25,4x2,11мм.

Дослідження зміни поперечної різностінності по кінцям труб від труб-заготовок до готової труби при прокатці з подвійною подачею та поворотом проводилися на стані КРВ-25 із подачею та поворотом в обох крайніх положеннях кліті по маршруту 33,7x3,2 → 16x1,5мм труб зі сталі 08Х18Н10Т.

**Результати.** Дослідження зміни поперечної різностінності від заготовки до труби у партії труб показало що максимальне значення величин поперечної різностінності серед вибірки труб – 5,64%, мінімальне – 0,85%. Середнє значення – 3,51%, середньоквадратичне відхилення величин різностінності – 1,174%. Дані значення точності не завжди можна одержати навіть на станах ХПТР, а при веденні процесу ХПТ, де подачу виконують перед прямим ходом, а поворот труби перед зворотним ходом, такі показники одержати практично неможливо.

Дослідження зміни поперечної різностінності по кінцям труб від труб-заготовок до готової труби при прокатці труб на стані КРВ-25 з подачею і поворотом заготовки в обох крайніх положеннях кліті показало, що хоч мінімальні значення відносної різностінності трохи збільшилися, але в цілому різностінність по кінцям труб значно зменшилась. Це дозволяє зменшити обрізь на кінцях труб та відповідно витратний коефіцієнт металу.

**Наукова новизна.** Отримані додаткові експериментальні залежності щодо зміни поперечної різностінності від труби заготовки до готової труби у партії труб та зміни різностінності по кінцям труб при прокатці з виконанням подачі та повороту перед прямим та зворотним ходом кліті.

**Практична значимість.** Виконані дослідження дозволяють використовувати одержані експериментальні залежності при проектуванні маршрутів, режимів деформування і визначення калібровки валків при виготовленні труб з підвищеними вимогами щодо точності труб на станах холодної прокатки труб, що мають можливість виконувати подачу та поворот труби перед прямим та зворотним ходом кліті.

**Ключові слова:** холодноедеформовані труби, сталь 08Х18Н10Т, подача, поворот, поперечна різностінність.

**Вступ.** За останній час в Україні почали використовувати сучасні імпортні стани холодної прокатки труб, що оснащені розподільно-подаючими механізмами (РПМ) які дозволяють виконувати різні сполучення та величини подачі і повороту труби в передньому та задньому положенні кліті (стан КРВ-25, ХПТ 40-8, ХПТ 6-20та ін.) [1].

Застосування даних сучасних станів при виробництві холоднодеформованих труб з корозійностійких сталей дозволяє виготовляти труби високої точності по їх геометричних параметрах (за поперечною різностінністю, розкидом середньої стінки у партії труб, овальністю труб та хвилястістю). В останні роки збільшуються об'єми поставок труб за європейськими нормами EN та американськими стандартами ASTM в яких вимоги до параметрів точності є високими. Наприклад, по EN 10216-5[2] та по ASTM A213 / A213M[3].

Данні стани мають наступні основні технічні характеристики, які приведені в таблиці 1, таблиці 2 та таблиці 3.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики сучасного стану КРВ-25LC

Параметри	Од. вим.	Значення
максимальний зовнішній діаметр заготовки	мм	38
товщина стінки заготовки	мм	1,0 – 6,0
зовнішній діаметр прокатаних труб	мм	8 – 30
товщина стінки прокатаних труб	мм	0,5 – 4,5
мінімальна довжина заготовки	мм	1500
максимальна довжина заготовки	мм	8000
величина швидкохідності	дв.ход./хвл.	від 15 до 320
величина подачі	мм	0 – 8

Таблиця 2

Основні технічні характеристики сучасного стану ХПТ 40-8

Параметри	Од. вим.	Значення
зовнішній діаметр	мм	24 – 42
товщина стінки заготовки	мм	1,4 – 6,0
зовнішній діаметр прокатаних труб	мм	12 – 35
товщина стінки прокатаних труб	мм	0,5 – 4,0
мінімальна довжина заготовки	мм	1500
максимальна довжина заготовки	мм	8000
величина швидкохідності	дв.ход./хвл.	від 20 до 220
величина подачі	мм	1,5 – 19

Таблиця 3

## Основні технічні характеристики сучасного стану ХПТ 6-20

Параметри	Од. вим.	Значення
зовнішній діаметр	мм	12 – 26
товщина стінки заготовки	мм	0,8 – 3,0
зовнішній діаметр прокатаних труб	мм	6,0 – 20
товщина стінки прокатаних труб	мм	0,25 – 2,0
мінімальна довжина заготовки	мм	2000
максимальна довжина заготовки	мм	6500
величина швидкохідності	дв.ход./хвл.	від 60 до 140
величина подачі	мм	1,5 – 5

Застосовують також новий сучасний стан типу ХПТ 20-45 у виробництві труб з корозійностійких сталей.

Новий сучасний стан КРВ-25LC в Україні також застосовується для виробництва труб з сплавів на основі титану [4].

Питанням зниження поперечної різностінності при виробництві труб з сплавів на основі титану теж приділяють значну увагу [5, 6].

Експлуатуються в Україні декілька станів при виробництві тонкостінних та особливо тонкостінних труб для аерокосмічної галузі сучасні стани типу LG20.

Дослідження поперечної різностінності труб з корозійностійких сталей, що отримуються при прокатці з подвійною подачею та поворотом на стані холодної прокатки труб, вперше виконані на стані ХПТ-32 українськими дослідниками та виробниками в кінці двадцятого сторіччя на Нікопольському Південнотрубному заводі. Було показано, що ведення процесу прокатки труб сприятливо впливає на підвищення точності труб.

Авторами цієї статті було проведено дослідження величин різностінності труб [7, 8] при веденні процесу холодної прокатки труб різними режимами виконання подачі та повороту труби (режим 1 – подачу виконують перед прямим ходом, а поворот перед зворотним ходом кліті; режим 2 – подачу виконують перед прямим ходом, а поворот перед прямим та зворотним ходом кліті; режим 3 – подачу виконують у передньому і задньому положенні кліті а поворот у задньому положенні; режим 4 – подачу та поворот виконують перед прямим та зворотним ходом кліті). Дослідження показали, що із випробуваних схем найбільш прийнятною, з точки зору отримання найменшої поперечної різностінності труб, є схема прокатки з подачею та поворотом у передньому та задньому положеннях кліті.

#### Основна частина.

**Результати дослідження зміни поперечної різностінності у партії труб.** Дослідження виконували на стані ХПТ 40-8 з подачею та поворотом труби в обох крайніх положеннях кліті при прокатці труб розміром 25,4x2,11мм (08X18H10T, подача 3+3мм). Було відібрано 25 труб проведені виміри значень товщини стінок у рівновіддалених точках по периметру перерізу труб та визначені параметри відносної різностінності у партії труб. Отримані дані приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Експериментальні дані по відносній (В%) різностінності труб 25,4x2,1 мм при прокатці на стані ХПТ 40-8, сталь 08Х18Н10Т, подача 3+3 мм

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В, %	5,04	3,77	2,56	2,14	3,01	2,99	3,00	5,57	5,11	4,58	1,71	3,00

№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
В, %	3,45	3,87	2,99	4,26	4,64	3,39	4,36	0,85	3,47	2,63	2,58	2,97	5,64

На рис. 1 наведено гістограми частот випадків відносної поперечної різностінності в партії труб 25,4x2,1 мм.

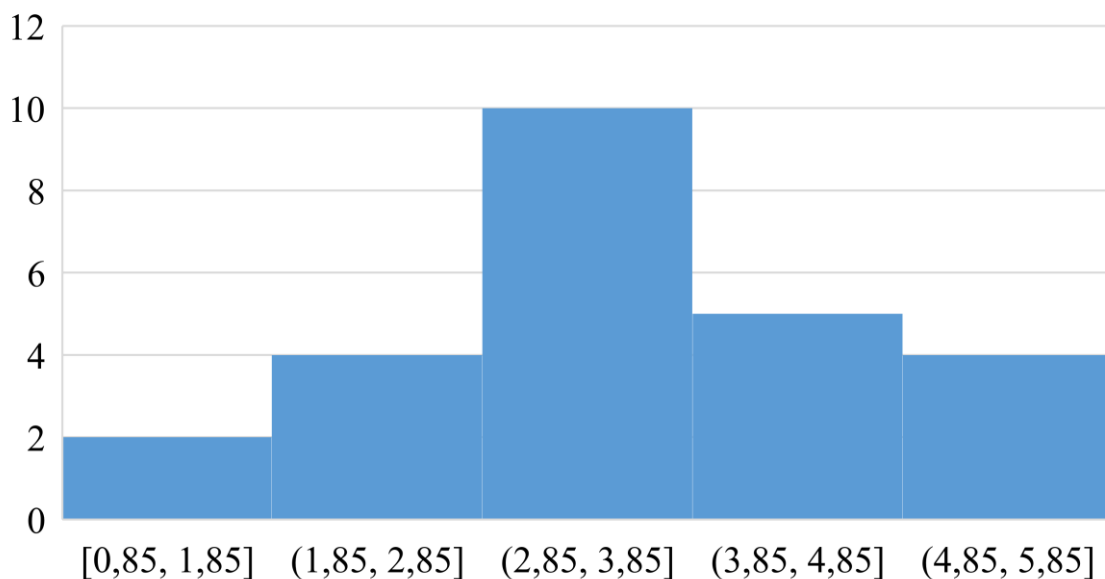


Рис. 1. Гістограми частот випадків відносної поперечної різностінності в партії труб 25,4x2,1 мм

Поперечна різностінність після процесу прокатки з подвійною подачею та поворотом вклалася в діапазон 0,85% - 5,64%. Максимальне значення величин поперечної різностінності серед вибірки труб – 5,64% (0,13 мм), мінімальне – 0,85%. Середнє значення – 3,51%, середньоквадратичне відхилення величин різностінності – 1,174%. Такі значення поперечної не завжди можна одержати навіть на станах ХПТР, а при веденні процесу ХПТ, де подачу виконують перед прямим ходом, а поворот труби перед зворотним ходом і має таку ж продуктивність такі показники одержати практично неможливо.

**Дослідження зміни поперечної різностінності по кінцям труб, яка змінюється від труби-заготовки до готової труби.** Метою даного експериментального є дослідження зміни величини поперечної різностінності по кінцям труб від труби заготівлі до прокатаної труби при веденні процесу ХПТ з подачею та поворотом в обох крайніх положеннях кліті.

Дослідження проводилися на стані КРВ-25 із подачею та поворотом в обох крайніх положеннях кліті по маршруту 33,7x3,2 → 16x1,5мм труб зі сталі 08Х18Н10Т (подача 2,8+2,8; число подвійних рухів 280 в хвилину). У ході експерименту було прокатано 12 труб. Товщину стінки вимірювали у восьми рівновіддалених точках по периметру поперечного перерізу обох кінців труби за допомогою мікрометра. Була визначена максимальна, мінімальна, середня товщина стінки по кінцям труб та розрахована абсолютна та відносна різностінність. Отримані дані приведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Експериментальні дані по відносній (В%) поперечній різностінності труб на задньому кінці (Вз%) та передньому кінці (Вп%) труб заготовок, маршрут 33,7x3,2 → 16x1,5мм, прокатка на стані КРВ-25, сталь 08Х18Н10Т, подача 2,8мм+2,8мм

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вз%	2,42	2,41	2,1	2,1	5,92	2,1	2,41	5,92	2,42	2,1	2,1	6,46
Вп%	1,8	2,97	7,62	3,90	1,82	3,90	2,97	1,82	1,80	3,90	3,90	1,82

На рис.2 та на рис.3 наведено гістограми відносних частот випадків відносної різностінності на задньому та на передньому кінцях труб-заготовок.

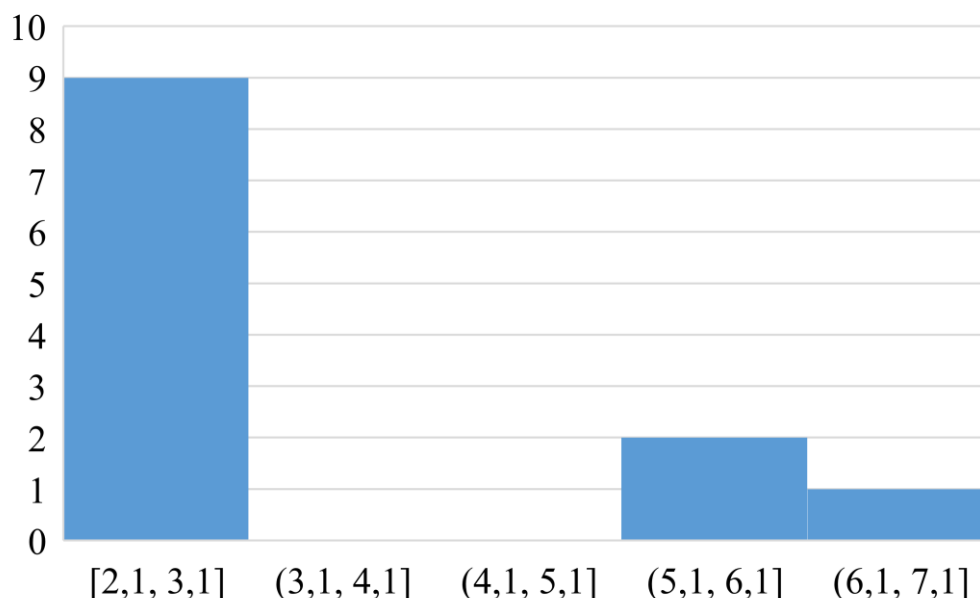


Рис. 2. Гістограма абсолютних частот випадків відносної поперечної різностінності заднього кінця труб-заготовок

Поперечна відносна різностінність задніх кінців труб після процесу прокатки з подвійною подачею та поворотом вклалася в діапазон 2,1% – 6,14%. Найбільша частота випадків розташувалася у інтервалі 2,1 % – 3,1%. Тобто в інтервалі найменших значень.

Поперечна відносна різностінність переднього кінця труб (рис. 3) після процесу прокатки з подвійною подачею та поворотом вклалася в діапазон 1,8% - 7,8 %. Найбільша частота випадків розташувалася у інтервалі 1,8 % - 2,8%. Тобто в інтервалі найменших значень.

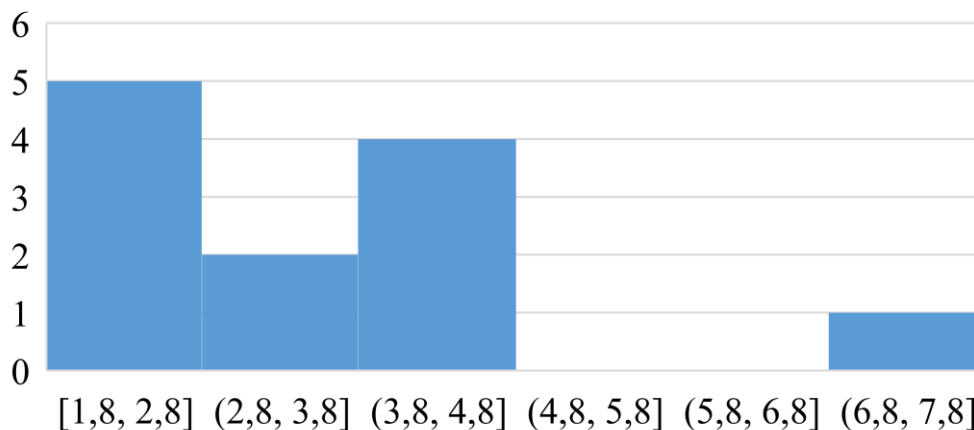


Рис. 3. Гістограма частот випадків відносної поперечної різностінності переднього кінця труб-заготовок

Результати значень відносної поперечної різностінності на передньому та задньому кінцях готових труб приведені у таблиці 5.

Таблиця 5

Експериментальні дані по відносній (А%) поперечній різностінності труб на передньому Вп і задньому Вз кінцях готових труб (маршрут 33,7x3,2 → 16x1,5мм, прокатка на стані КРВ-25, сталь 08Х18Н10Т, подача 2,8мм+2,8мм)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вп	2,52	2,53	2,52	3,14	2,52	2,51	2,50	3,12	2,50	3,14	2,51	3,12
Вз	2,51	2,52	2,52	2,52	2,51	2,51	3,12	2,51	1,88	2,52	2,51	2,50

З таблиці 3 видно, що відносна поперечна різностінність кінців готових труб, що пройшли прокатку у режимі з подвійною подачею та поворотом труб розташувалася в діапазон інтервалів в 1 один процент. Це дуже гарний показник.

Слід відзначити, що у результаті прокатки труб у режимі подвійною подачею та поворотом хоч мінімальні значення відносної різностінності з трохи збільшилися, але в цілому різностінність труб значно зменшилась. Так, значення величина відносної поперечної різностінності на всіх трубах різностінності розташувалися в діапазоні 1,88% - 3,14%. Це вказує на високу ефективність процесу прокатки у режимі з подвійною подачею та поворотом з точки зору зменшення поперечної різностінності труб на їх кінцях .

**Висновки.** Дослідження зміни поперечної різностінності від заготовки до труби у партії труб показало що максимальне значення величин поперечної різностінності серед вибірки труб – 5,64%, мінімальне – 0,85%. Середнє значення –

3,51%, середньоквадратичне відхилення величин різностінності – 1,174% . Дані значення точності не завжди можна одержати навіть на станах ХПТР, а при веденні процесу ХПТ, де подачу виконують перед прямим ходом, а поворот труби перед зворотним ходом, такі показники одержати практично неможливо.

Дослідження зміни поперечної різностінності по кінцям труб від труб-заготовок до готової труби при прокатці труб на стані КРВ-25 з подачею і поворотом заготовки в обох крайніх положеннях кліті показало, що хоч мінімальні значення відносної різностінності трохи збільшилися, але в цілому різностінність по кінцям труб значно зменшилась. Це дозволяє зменшити обрізь на кінцях труб та відповідно витратний коефіцієнт металу.

#### Перелік посилань

1. Григоренко, В.У., Пилипенко, С.В., & Головченко, О.П. (2015). *Розвиток методу розрахунку параметрів процесу холодної пільгерної прокатки труб і калібровки інструмента: монографія*. Пороги.
2. *EN 10216-5:2021 Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 5: Stainless steel tubes*. (2021).
3. *ASTM A213 / A213M -21b Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes*. (2021).
4. Мищенко, А.В. (2019). Состояние и тенденции развития производства холоднокатаных труб из сплавов на основе титана. *Металл и литьё Украины*, 3-4 (310-311), 58-68.
5. Мищенко, А.В. (2019). Возможности уменьшения поперечной разностенности холоднокатаных труб из сплавов на основе титана. *Металургійна та гірничорудна промисловість*, 5-6, 57-66.  
<https://doi.org/10.34185/0543-5749.2019-5-6-57-66>
6. Міщенко, О.В., & Григоренко, В.У. (2021) Експериментальне дослідження характеру поперечної різностінності при холодній пільгерній прокатці труб з сплаву 20титану ПТ-1М. *Modern engineering and innovative technologies. Karlsruhe, Germany, 15 Part 2*, (pp.20-24).
7. Головченко, А.П., Григоренко, В.У., & Пилипенко, С.В. (2011). Исследование поперечной разностенности труб при ведении процесса ХПТ с различными режимами выполнения подачи и поворота трубы. *Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением»*, 1(26), 175-178.
8. Головченко, А.П., Григоренко, В.У., & Пилипенко, С.В. (2011). Экспериментальное исследование изменения поперечной разностенности труб в стане ХПТ с подачей и поворотом в крайних положениях клетки. *Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением»*, 4(29), 163-166.

#### ABSTRACT

**Purpose.** An experimental study on modern cold rolling mills with double feed and turning on the effect of the cold rolling process on the change in the cross-wall variation in a batch of pipes and on the change in the value of the cross-wall variation at the ends of the pipes from the blank pipe to the finished pipe.

**The methodology** is an industrial experiment on modern industrial equipment using modern devices. The study of changes in the cross-sectional variation in a batch of pipes was carried out during pipe rolling on the НРТ -40-8 mill with feeding and turning the pipe in both extreme positions of the cage when rolling pipes measuring 25.4x2.11 mm.

**The study** of the change in the cross-wall variation along the ends of the tubes from the blank tubes to the finished tube during rolling with double feed and rotation was carried out on the КРВ-25 mill

with feed and rotation in both extreme positions of the cage along the route of 33.7x3.2 → 16x1.5 mm steel pipes 08X18H10T.

**The methods.** The study of the change in transverse thickness from the billet to the pipe in a batch of pipes showed that the maximum value of the transverse thickness among the sample of pipes is 5.64%, the minimum is 0.85%. The average value is 3.51%, the root mean square deviation of the values of diversity is 1.174%. It is not always possible to obtain these accuracy values even at the state of the HPT, and when conducting the HPT process, where the feed is performed before the forward stroke, and the pipe is turned before the reverse stroke, it is practically impossible to obtain such indicators.

The study of the change in the cross-wall difference along the ends of the pipes from the billet pipes to the finished pipe during pipe rolling on the KPW-25 mill with feed and rotation of the billet in both extreme positions of the cage showed that although the minimum values of the relative difference slightly increased, but in general the wall difference along the ends of the pipes significantly decreased. This makes it possible to reduce the cut at the ends of the pipes and, accordingly, the consumption coefficient of the metal.

**The originality.** Additional experimental dependences were obtained on the change of the cross-wall variation from the billet pipe to the finished pipe in a batch of pipes and the change of the variation along the ends of the pipes during rolling with the execution of feed and rotation before the forward and reverse motion of the cage.

**Practical implementation.** The conducted studies allow us to use the obtained experimental dependencies in the design of routes, deformation modes and determination of roll calibration in the manufacture of pipes with increased requirements for the accuracy of pipes in cold rolling mills, which have the ability to feed and turn the pipe before the forward and reverse movement of the cage.

**Keywords:** *Cold-formed pipes, steel 08X18H10T, feed, rotation, transverse diversity.*