

© О.П. Головченко¹

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ ПОВОРОТУ ТРУБ В ПРОЦЕСІ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ НА МІКРОСТРУКТУРУ, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ТОЧНІСТЬ

© O. Holovchenko¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE MODE OF ROTATION OF PIPE IN THE COLD ROLLING PROCESS ON THE MICROSTRUCTURE, MECHANICAL PROPERTIES AND ACCURACY

Мета. Отримання експериментальних результатів з впливу режиму повороту при холодній прокатці на мікроструктуру, механічні властивості та точність геометрії труб для підвищення їх якості.

Методика. Досліди виконували на обладнанні, що використовується на виробництві та має відповідні перевірки. Використовували шліфувальну машину, пристрій для електролітичного травлення, мікроскоп МІМ 7, прес для розтягування зразків. Точність геометричних розмірів визначали з застосуванням трубних мікрометрів. Маршрут прокатки $25 \times 2,5$ мм \rightarrow $16 \times 1,5$ мм. Сталь 08X18H10T.

Результати. Виконували два режими повороту: режим 1 – подача 2, 3, 4, 5 мм перед прямим, а поворот перед зворотнім ходом кліті; режим 2 – подача 2, 3, 4, 5 мм перед прямим, а поворот перед прямим та зворотнім ходом кліті. Задля режиму 2 по зрівнянню з режимом 1, величина зерен близ внутрішньої поверхні труб візуально менша ніж, близ зовнішньої. Межа міцності, межа плинину та відносне подовження для режимів 1 та 2 виявилися близькими за своїми значенням.

Стосовно точності геометрії труб визначили, що при режимі 2 по зрівнянню з режимом 1:

- поперечна різностінності труб зменшується в 1,4–1,6 рази;
- овальність труб зменшується в 1–2 рази (подачі від 2 до 5 мм);
- розкид діаметру по довжині труби зменшився майже у двічі.

Наукова новизна. Вперше отримані нові експериментальні промислові дані з впливу режиму повороту на мікроструктуру. Показано, що величина зерен близ внутрішньої поверхні труб менша ніж, ніж близ зовнішньої. Вперше отримані експериментальні промислові дані щодо впливу режиму повороту труб на значення межі міцності, межі плинину та остаточного подовження показали, що режим повороту не вплинув на їх зміну. Отримані додаткові експериментальні залежності щодо впливу режиму повороту труби на поперечну різностінність, овальність та розкид зовнішнього діаметра труб при холодній прокатці труб – зменшення поперечної різностінності склало 1,4–1,6 рази, овальності 1–2 рази, розкид діаметру майже у 2 рази.

Практична значимість. Отримані результати потрібні при розробці технологій з виготовлення труб з підвищеними вимогами до якості (мікроструктура, різностінність, овальність, розкид діаметра).

Ключові слова: холодна прокатка труб, подача, поворот, мікроструктура, поперечна різностінність, овальність, розкид діаметра.

Вступ. З України на експорт проводяться постачання холоднодеформованих труб з корозійностійких сталей за нормами EN та за американськими стандартами ASTM. Холодну пільгерну прокатку труб використовують ще й для виробництва труб з вуглецевих сталей, сплавів на основі титану, так і у виробництві труб з кольорових металів. Є дослідження з забезпечення якості труб регламентованими нормами та стандартам за точністю труб [1], та за мікроструктурою [2].

В Україні почали використовувати сучасні імпортовані стани холодної прокатки труб, де можливо виконувати різні величини і сполучення подач і повороту труби в передньому та задньому положенні кліті [3].

Було проведено ряд досліджень мікроструктур, механічних властивостей [4], змін величини різностінності труб [5] при веденні процесу холодної прокатки труб за різними режимами виконання подачі та повороту труби. 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.

Слід відмітити, що вплив режиму повороту на параметри якості труб не було достатньо висвітлено.

Метою даної роботи є представлення експериментальних результатів стосовно впливу режиму повороту труби при холодній прокатці труб на мікроструктуру, механічні властивості та точність труб на сучасному стані холодної прокатки труб, що має можливість виконувати різні режими повороту при подачі перед прямим ходом кліті.

Основна частина.

Результати дослідження впливу режиму повороту труби на мікроструктуру та механічні властивості.

Дослідження мікроструктури, механічних властивостей труб виконали за двома режимами виконання повороту: режим 1 – подача перед прямим ходом і поворот перед зворотним ходом кліті; режим 2 – подача перед прямим ходом і поворот перед прямим та зворотним ходом кліті.

Маршрут прокатки $25 \times 2,5$ мм \rightarrow $16 \times 1,5$ мм. Марка сталі 08X18H10T. Це одна з розповсюджених марок корозійностійких сталей.

Була поставлена задача визначення впливу повороту на мікроструктуру метала у перетинному та повздовжньому перерізах труб за двома режимами виконання повороту та визначити їх особливості.

Для цього використовувалося таке обладнання:

- шліфувальний верстат (підготовка зразка);
- пристрій для електролітичного травлення (підготовка зразка);
- мікроскоп металографічний вертикальний МІМ-7.

Отримали дані з механічних властивостей труб заготовок та готових труб (таблиця 1 та 2).

Таблиця 1
Механічні властивості труб заготовок 25×2 мм зі сталі 08Х18Н10Т

Межа міцності, МПа	Межа плину, МПа	Відносне подовження, %
660	370	45
670	350	45

Таблиця 2
Механічні властивості готових труб зі сталі

Режим прокатки	Подача, мм	Механічні властивості		
		Межа міцності	Межа плину	Відносне подовження
		МПа	МПа	%
1	2	1020	89	12
	3	1050	95	13
	4	1040	93	12
2	2	1050	97	13
	3	1050	97	13
	4	1030	96	12

Величина зерна визначалася на зразках, вирізаних за креслеником, наведеним нижче (рис. 1).

Поверхня зразка, що виготовлений під мікрошліф за креслеником, вказаним на рис. 1, заточувалася на наждачному верстаті абразивним кругом. Значення параметра шорсткості поверхні Ra не перевищувала 2,5 мкм за ГОСТ 2789.

Після цього зразок піддавався шліфуванню на шліфувально-полірувальному верстаті.

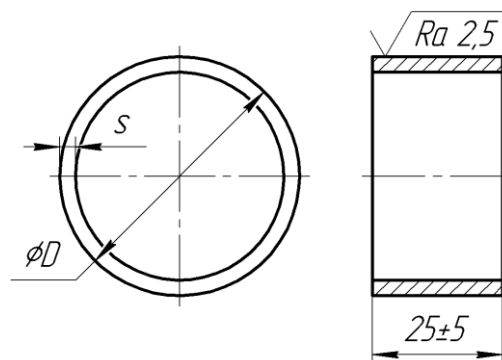


Рис. 1. Кресленики зразків:
 D – діаметр труби, мм; s – товщина стінки.

Межа міцності, межа плину та відносне подовження для цих двох режимів виконання повороту виявилися близькими за своїм значенням. Величина загальної витяжки та загальний обтиск уздовж площі перетинного перерізу були однаковими для двох режимів виконання повороту.

В результаті досліджень отримали знімки мікроструктур, що представлені на рис. 2, 3. Розміри зерен визначали як 10–11 бал.

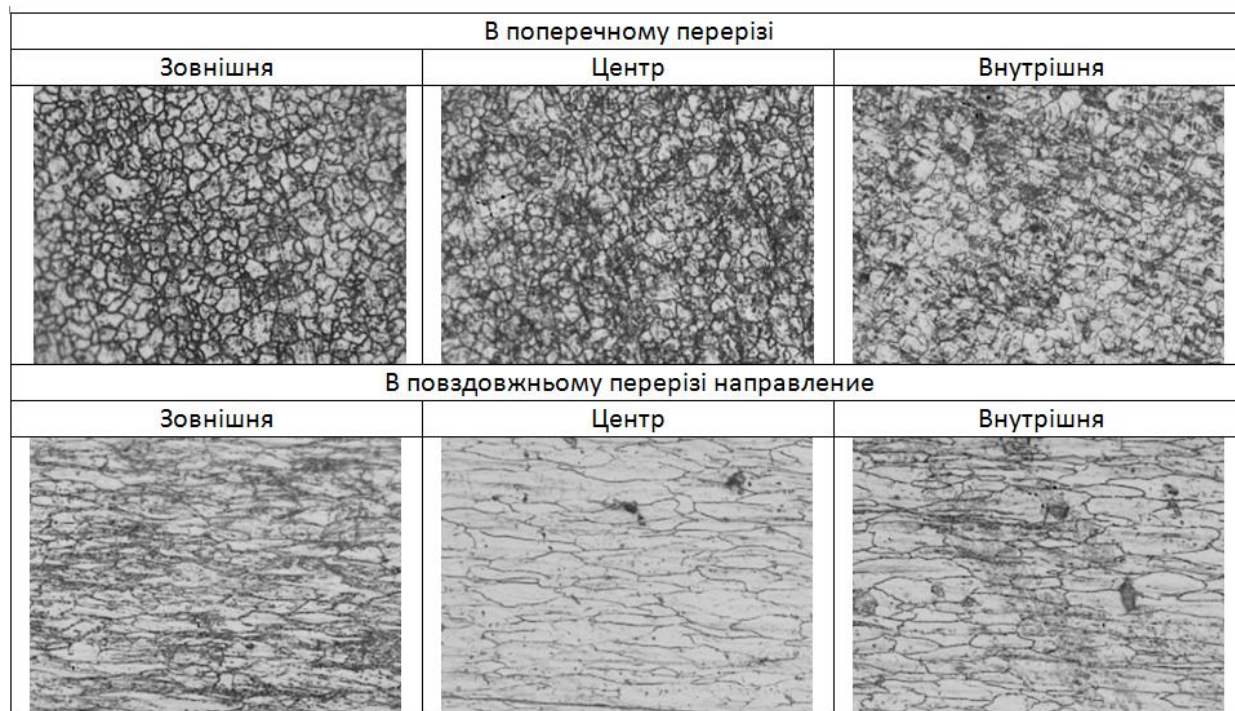


Рис. 2. Мікроструктура в перетинному та поздовжньому перерізі труб зі сталі 08X18H10T на товщині стінки. Маршрут прокатки $25 \times 2,5 \text{ мм} \rightarrow 16 \times 1,5 \text{ мм}$. Режим 1 – поворот перед зворотним ходом кліті (подача перед прямим ходом 4 мм)

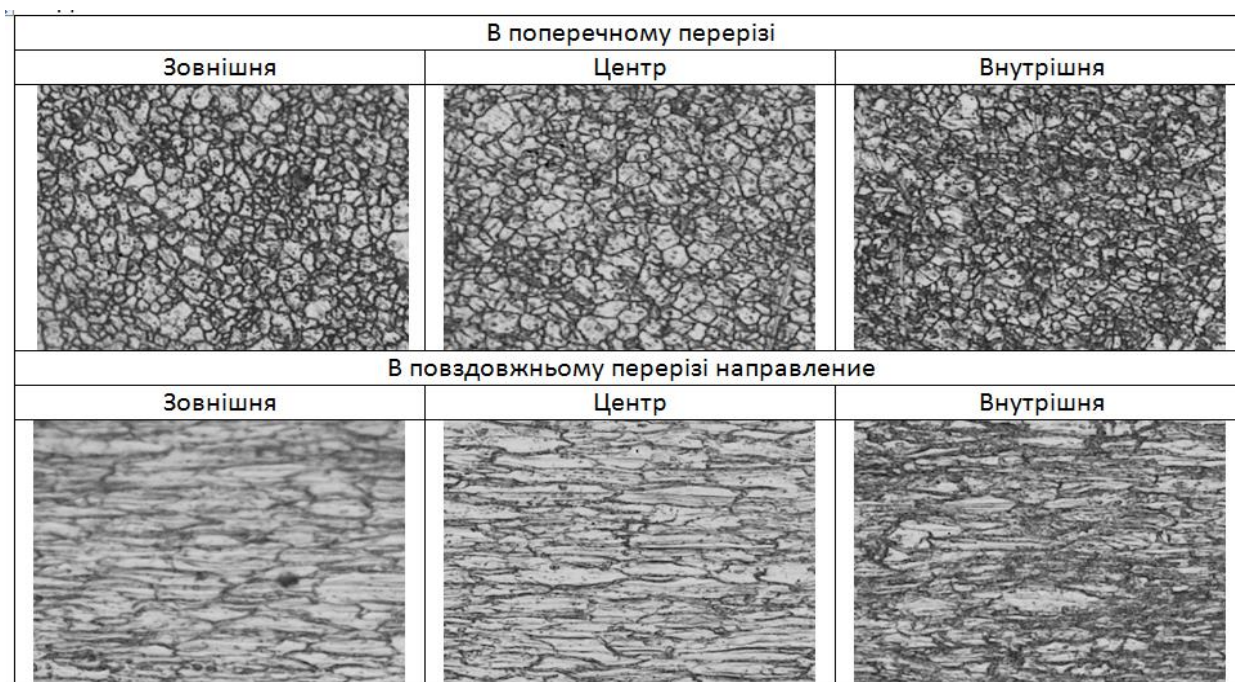


Рис. 3. Мікроструктура в перетинному та поздовжньому перерізі труб зі сталі 08X18H10T на товщині стінки. Маршрут прокатки $25 \times 2,5 \text{ мм} \rightarrow 16 \times 1,5 \text{ мм}$. Режим 2 – поворот – перед прямим та зворотнім ходом кліті (подача перед прямим ходом 4 мм)

З візуального огляду форм та розмірів зерен у перетинному і повздовжньому перерізах труби можливо відмітити тенденцію, що для режиму 2, величина зерен близ внутрішній поверхні труб візуально менша, ніж близ внутрішньої. Різниця візуально досягає величини 1 бал (рис. 2, 3).

Результати дослідження впливу режиму повороту труби на поперечну різностінність труб.

При проведенні експерименту по кожному з режимів було прокатано по відрізку труби довжиною близько метра із труби – заготовки рівної різностінності з різними подачами.

Величини подачі склали при режимі 1 і режимі 2: - 2, - 3, - 4 - і 5 мм.

При повороті перед зворотним ходом кліті (режим 1) абсолютна різностінність перебувала в межах від 0,04 до 0,06 мм залежно від величини подачі. Величина відносної різностінності складала з 2,48 % до 3,01 % (рис. 4).

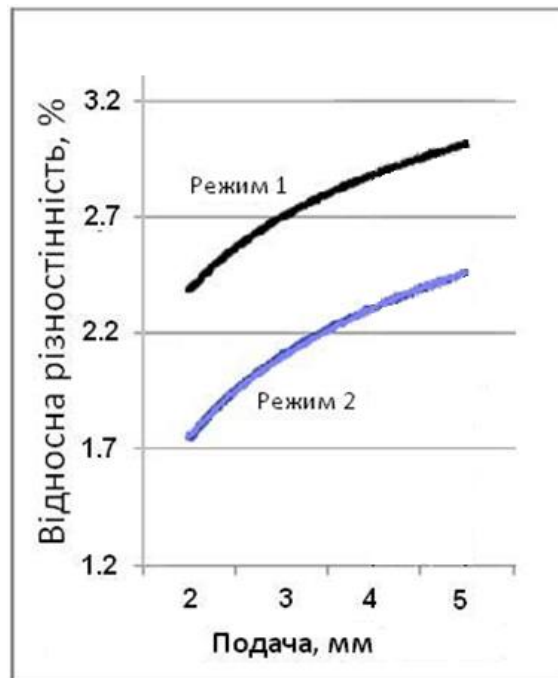


Рис. 4. Вплив режиму подачі на різностінність труб (25x2,5-16x1,5, стан ХПТ 6–20, сталь 08X18H10T): – режим 1 – поворот перед зворотнім ходом кліті, подача перед прямим ходом; – режим 2 – поворот – перед прямим та зворотнім ходом кліті, подача перед прямим ходом кліті

При поворотах перед зворотнім та прямим ходом кліті (режим 2) коливання товщин стінки стали менші. Абсолютна різностінність перебувала в межах від 0,03 до 0,04 мм залежно від величини подачі. Величина відносної різностінності складала з 1,84% до 2,47% (див. рис. 4).

Порівнюючи різностінності труб отриманих при прокатці з поворотом в передньому положенні та поворотом перед прямим й поворотом перед зворотнім ходом кліті можна зробити вивод, що в процесі прокатки з подвійним поворотом перед прямим та зворотнім ходом різностінність була менше в 1,4–1,6 рази, ніж при режимі прокатки з поворотом у задньому положенні кліті.

Результати дослідження впливу режиму повороту труби на овальність труб. В даній частині роботи розв'язувалось завдання одержання експериментальних даних по зміні овальності труб при веденні процесу холодної прокатки на з різними режимами виконання повороту труби (рис. 5).

При повороті перед зворотнім ходом кліті (режим 1) відносна овальність перебувала в межах від 0,14 до 0,31%.

При поворотах перед переднім та зворотнім ходами кліті (режим 2) коливання товщин стінки стали меншими. Мінімальна овальність була при подачі 2 міліметра (відносна 0,12%), максимальна при подачі 5 мм (відносна 0,19%).

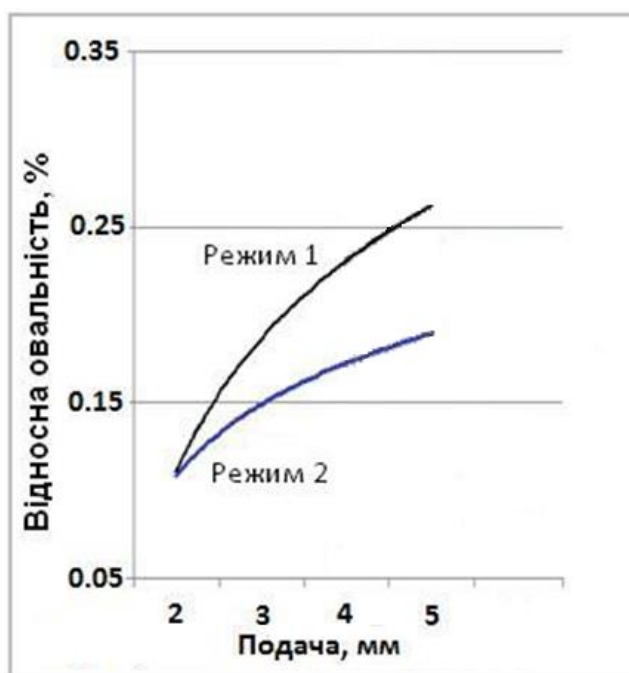


Рис. 5. Зміна овальності труби залежно від режиму ведення повороту (25x2,5-16x1,5, ХПТ 6–20, 08Х18Н10Т): – режим 1 – поворот перед зворотнім ходом кліті, подача перед прямим ходом; – режим 2 – поворот – перед прямим та зворотнім ходами кліті, подача перед прямим ходом

Наведені результати промислового експерименту по визначенню овальності труб за двома режимами ведення повороту (режим 1 – поворот перед зворотнім ходом кліті; режим 2 – поворот перед прямим та зворотнім ходами кліті) показали, що з випробуваних схем найбільш прийнятою з погляду овальності труб є режим 2. При цьому, наприклад, при максимальній подачі поперечна овальність зменшилась в 1,63 рази. Дані дослідження доводять актуальність переустаткування РПМ застарілих станів ХПТ для здійснення можливості ведення процесу ХПТ з поворотом у крайніх положеннях кліті.

Результати дослідження впливу режиму повороту труби на розкид зовнішнього діаметру труб по довжині труби.

Прокатку здійснювали за режимами повороту 1 та 2. Величини подачі були 4 мм.

При проведенні експерименту по кожному з режимів було прокатано по відрізку довжиною 2 метри труби, після чого були вирізані зразки довжиною 200мм і виконані заміри зовнішнього діаметру труб.

За результатами вимірів, були визначені розкиди діаметру (різниця між максимальним та мінімальним зовнішнім діаметром труб і середнім діаметром в контрольних перетинах).

За результатами визначень відхилень зовнішнього діаметра по довженні труб від його середнього діаметра в контрольних перетинах, були побудовані графіки відхилення зовнішнього діаметра від його середнього значення в контрольних перетинах при веденні процесу прокатки з різними режимами повороту, що представлені на рис. 6. Розкид діаметра склав 0,023 мм для режиму 1; 0,012 для режиму 2.

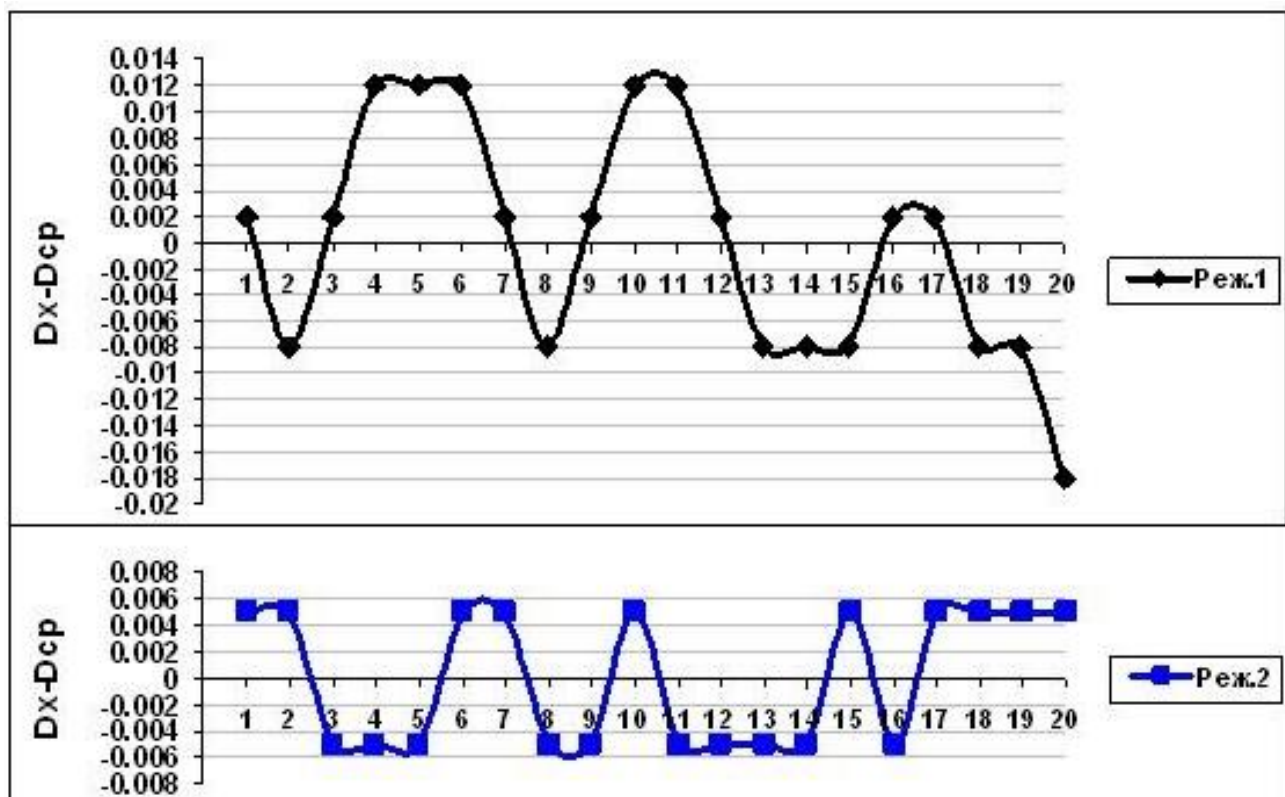


Рис. 6. Відхилення зовнішнього діаметра від його середнього значення в контрольних перетинах при веденні процесу прокатки з різними режимами виконання повороту і подачі (режим 1 та режим 2)

Вперше отримані експериментальні дані впливу режиму повороту на розкид зовнішнього діаметра по довжині труб в процесі їх холодної прокатки з різними режимами виконання повороту (режим 1 та режим 2) показали, що з випробуваних режимів найбільш прийнятним з точки зору отримання точного зовнішнього діаметра є режим з поворотом труби в передньому і задньому положенні кліті.

Висновки. Проведені металографічні дослідження мікроструктур показали, що для режиму 2, величина зерен на внутрішній поверхні труб менша, ніж на внутрішній. Різниця візуально досягає величини 1 бали

Межа міцності, межа плину та відносне подовження для всіх двох режимів виконання повороту виявилися близькими за своїм значенням. Величина загальної витяжки та загальний обтиск уздовж площі перетинного перерізу були однаковими для двох режимів виконання повороту.

Вперше отримані додаткові експериментальні дані по впливу режиму повороту на величину поперечної різностінності труб показали, що ведення процесу ХПТ з поворотом перед прямим і зворотнім ходом кліті дає в 1,4–1,6 рази кращі показники по точності труб в порівнянні з поворотом перед зворотнім ходом кліті.

Вперше отримані експериментальні дані впливу режиму повороту на овальність труб показало, що овальність труб для процесу з поворотом перед прямим і зворотнім ходом кліті зменшується 1–2 рази, в порівнянні з режимом з поворотом перед зворотнім ходом кліті.

Вперше отримані експериментальні дані впливу режиму повороту на розкид діаметра труб показали, що розкид діаметру зменшується майже у два рази при застосуванні режиму повороту перед прямим та зворотнім ходом кліті в порівнянні з режимом з поворотом перед зворотнім ходом кліті.

Перелік посилань

1. Мищенко, А.В., & Григоренко, В.У. (2021). Експериментальне дослідження характеру перетинної різностінності при холодній пільгерній прокатці труб з сплаву титану ПТ1М. *Modern engineering and innovative technologies. Karlsruhe, Germany*, 15(2), 20–24.
2. Pilipenko, S. V., Grigorenko, V. U., Kozechko, V. A., & Bohdanov, O. O. (2021). A deformation mode in a cold rolling condition to provide the necessary texture of the Ti-3Al-2.5V alloy. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 78–83.
<https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/078>
3. Григоренко, В.У., Пилипенко, С.В., & Головченко, О.П. (2015). *Розвиток методу розрахунку параметрів процесу холодної пільгерної прокатки труб і калібровки інструмента: монографія*. Дніпропетровськ: Пороги.
4. Holovchenko, O., Grigorenko, V., & Protsiv, V. (2023). Microstructures and mechanical properties of cold rolled pipes with increased small deformation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 54–59.
<https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-3/054>
5. Головченко, О.П., & Григоренко, В.У. (2022). Дослідження питання з використання у виробництві труб із корозійностійких сталей процесу холодної прокатки з подвійною подачею та поворотом. «Наукова весна» 2022: матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро (23–24 травня 2022 року), 229–231.

ABSTRACT

Goal. Obtaining experimental results on the influence of the turning mode during cold rolling on the microstructure, mechanical properties and accuracy of the geometry of the pipes to improve their quality.

Method. Experiments were carried out on equipment used in production and having appropriate inspections. We used a grinding machine, a device for electrolytic etching, a MIM 7 microscope, and a

press for stretching samples. The accuracy of the geometric dimensions was determined using tube micrometers. Rolling route 25×2.5 mm → 16×1.5 mm. Steel 08X18H10T.

The results. Two rotation modes were performed: mode 1 – feed 2, 3, 4, 5 mm in front of the straight one, and the rotation before the reverse movement of the cage; mode 2 – feed 2, 3, 4, 5 mm in front of the straight, and turn in front of the straight and reverse movement of the cage. For mode 2, in comparison with mode 1, the grain size near the inner surface of the pipes is visually smaller than near the outer surface. The strength limit, yield strength and relative elongation for modes 1 and 2 were found to be close in value. With regard to the accuracy of the geometry of the pipes, it was determined that in mode 2 compared to mode 1:

- the transverse thickness of the pipes decreases by 1.4–1.6 times;
- the ovality of the pipes is reduced by 1–2 times (feeds from 2 to 5 mm);
- the spread of the diameter along the length of the pipe decreased almost twice.

Scientific novelty. For the first time, new experimental industrial data on the influence of the rotation mode on the microstructure were obtained. It is shown that the grain size near the inner surface of the pipes is smaller than near the outer surface. For the first time, obtained experimental industrial data on the effect of the tube rotation mode on the values of strength limit, yield strength and ultimate elongation showed that the rotation mode did not affect their change. Additional experimental dependences on the influence of the pipe rotation mode on the transverse variation, ovality and spread of the outer diameter of the pipes during cold rolling of the pipes were obtained - the reduction of the transverse variation was 1.4–1.6 times, ovality 1–2 times, and the diameter variation was almost 2 times.

Practical significance. The obtained results are needed in the development of technologies for the production of pipes with increased quality requirements (microstructure, heterogeneity, ovality, diameter dispersion).

Keywords: cold rolling of pipes, feed, turning, microstructure, transverse heterogeneity, ovality, diameter spread.