

ЗМіністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти _____ магістерський _____
(другий (магістерський) рівень)

на тему Аналіз та вдосконалення технології виробництва безшовних труб на трубопрокатних агрегатах

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1361-омт-д

Швецов Д.О.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Кругляк Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Белоконь Ю.О.

Запоріжжя - 2022 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
другий (магістерський) рівень

Спеціальність 136 металургія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма обробка металів тиском
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь

“ 08 ” 09 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ**

Швецов Деніс Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз та вдосконалення технології виробництва безшовних труб на трубопрокатних агрегатах

керівник роботи (проекту) Кругляк Дмитро Олегович к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” 06 2022 року № 597-с

2. Строк подання студентом роботи (проекту) 08 грудня 2022

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Матеріали переддипломної практики, курсові проекти, технічна документація підприємств з виробництва труб, літературні джерела.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Аналіз наукової інформації і стан проблеми. Дослідницько-розрахункова частина, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 17 слайдах (на 17 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Розділ 2</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Розділ 3</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Розділ 4</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання 08.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>12.09.2022-13.10.2022</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>12-16.10.2022</i>	
3	<i>Аналіз наукової інформації і стан проблеми</i>	<i>19.10-30.10.2022</i>	
4	<i>Дослідницько-розрахункова частина</i>	<i>30.10-07.11.2022</i>	
4	<i>Механічна частина</i>	<i>07-30.11.2022</i>	
5	<i>Мікроструктура і фазовий склад досліджуваних матеріалів</i>	<i>01-09.12.2022</i>	
6	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>01-09.12.2022</i>	
7	<i>Висновки</i>	<i>09.12.2022</i>	

Студент _____ Д.О. Швецов
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Д.О. Кругляк
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с., рис., табл., додатка, джерел.

Об'єкт розробки – стан холодної прокатки труб роликками.

Мета роботи – розробка заходів щодо підвищення точності прокатуваних труб.

В роботі запропоновано новий тип калібровки з додатковою зоною калібрування, що забезпечує зниження різностінності труб при прокатці на стані холодної прокатки труб роликками.

Перевірено ролик і опорну планку на контактну міцність, та ролик на міцність.

В металографічних дослідженнях визначенні структурні перетворення труби з нержавіючої сталі під час прокатки на стані ХПТР.

Приведені матеріали по охороні праці, охороні навколишнього середовища.

Результати роботи можуть бути використанні на станах холодної прокатки труб роликками.

ХОЛОДНА ПРОКАТКА ТРУБ, РЕДУКУВАННЯ, ОБТИСК, ЗОНА КАЛІБРУВАННЯ, РОЛИК, ОПОРНА ПЛАНКА, ОПРАВКА, РОБОЧИЙ КОНУС, ТРУБА, РІЗНОСТІННІСТЬ, ПОПЕРЕЧНИЙ ПЕРЕТИН, ЗАГОТОВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 Аналіз наукової інформації і стан проблеми	7
1.1 Процес холодної роликової прокатки труб	7
1.2 Типи станів ХПТР	13
1.3 Поперечна різностінність труб.....	19
1.4 Особливості формування різностінності труб по довжині робочого конуса при прокатці на стані ХПТР.....	21
1.5 Технологічний процес виробництва труб.....	26
2 Дослідницько-розрахункова частина	31
2.1 Аналіз методів та способів регулювання різностінності труб по довжині робочого конусу при прокатці на стані ХПТР	31
2.2 Обґрунтування пропонуванних технічних рішень.....	40
2.3 Розрахунок маршруту виробництва труб	44
2.4 Розрахунок калібрування технологічного інструменту стану ХПТР.....	49
2.5 Розрахунок зусилля і моменту прокатки	53
2.6 Розрахунок продуктивності стану.....	54
3 Механічна частина	56
3.1 Інструмент стану ХПТР.....	56
3.2 Розрахунок на контактну міцність ролика і опорної планки.....	59
3.3 Розрахунок ролика на міцність	61
4 Мікроструктура і фазовий склад досліджуваних матеріалів	63
5 Охорона праці та техногенна безпека	70
5.1 Вибір і характеристика будівельного майданчика	70
5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у цеху холодної прокатки труб роликками.....	71
5.3 Розрахунки рівня шуму та звукоізоляції від основних джерел шуму....	74
5.4 Розрахунок штучного освітлення прольотів станів ХПТР	76
5.5 Пожежна безпека та профілактика.....	78
5.6 Електробезпека.....	80
5.7 Заходи для усунення небезпек та шкідливостей на об'єкті.....	82
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	87

ВСТУП

Виробництво труб – одна з найбільш прогресивних підгалузей чорної металургії, темпи розвитку якої у всіх промислово розвинених країнах випереджають темпи розвитку прокатного виробництва. Доля випуску сталевих труб по відношенню до виплавки сталі у всьому світі постійно збільшується.

На станах періодичної прокатки труб роликками деформуючим інструментом служать ролики і оправки.

У процесі деформації між роликками знаходиться циліндрична оправка на якій відбувається обтиск металу. При зворотно-поступальному русі робочої кліті стану ролики, у результаті обтиску заготовки, формують робочий конус і далі трубу. У передньому і задньому положенні кліті ролики, в наслідку збільшення діаметру струмка калібрів, звільняють робочий конус.

Робоча ділянка поділяється по довжині на три основні ділянки: редукування, обтиск, калібрування. На ділянці редукування відбувається зменшення діаметру заготовки доти, поки її внутрішня поверхня не прийде в зіткнення із оправкою.

Задача калібрування прокату полягає у визначенні розмірів робочої ділянки струмка калібрів і оправки. Ці розміри визначаються із урахуванням розмірів заготовки і готової труби і тих параметрів, які необхідно мати під час прокатки, щоб отримати необхідну точність труб і продуктивність стану.

В результаті літературного пошуку знайдено патент де запропоновано між зоною редукування та зоною обтиску додатково зробити ще одну зону калібрування стінки. Це дасть можливість підвищити точність труб.

В дипломному проекті рекомендується використання додаткової зони калібрування між зонами редукування та обтиску стінки на стані холодної прокатки труб роликками.

1 Аналіз наукової інформації і стан проблеми

1.1 Процес холодної роликової прокатки труб

Процес холодної періодичної прокатки роликками був створений та використовується для виробництва особливотонкостінних труб підвищеної якості.

Холодна періодична роликова прокатка близька за своєю технічною суттю до процесу холодної валкової періодичної прокатки. Основна відмінність полягає в наступному. У процесі валкової прокатки трубу (заготовку) деформують валками, що мають рівчак перемінного профілю, і при цьому центр обертання валків пересувається тільки уздовж осі конуса розкатки. При холодній періодичній роликовій прокатці трубу обтискають роликками, що мають однаковий профіль, а роликки в процесі прокатки пересуваються уздовж робочого конуса, наближаючись до осі прокатки за законом, закладеним в профілі опорних планок (рис. 1.1).

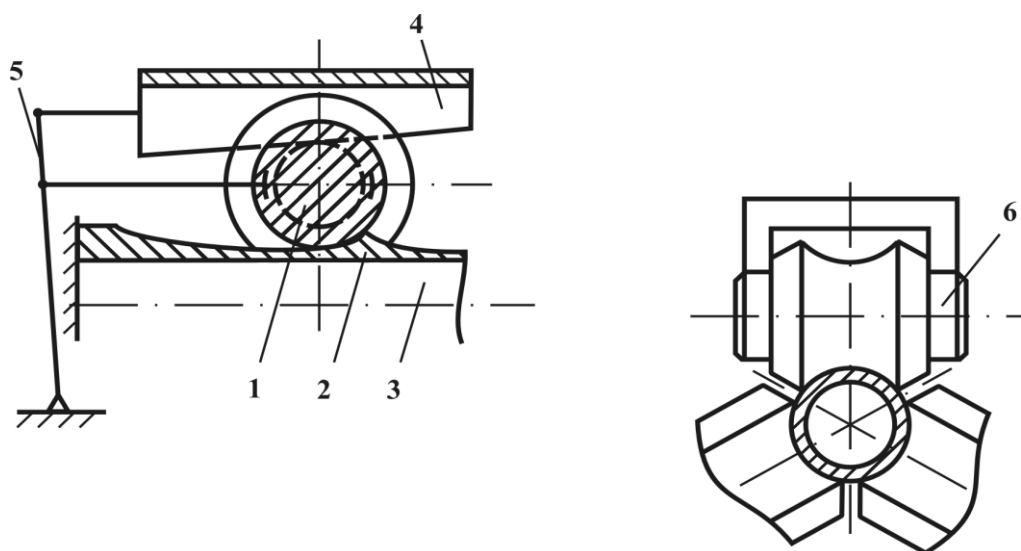


Рисунок 1.1 – Процес холодної періодичної прокатки труб роликками:
1 - ролик; 2 - труба; 3 - оправка; 4 – опорна планка; 5 - куліса; 6 - цапфа ролика

Процес холодної прокатки труб роликами здійснюють на циліндричній нерухомій оправці трьома або чотирма роликами, які цапфами спираються на калібровальні планки. У процесі прямого ходу кліті зазор між роликами зменшується відповідно до режиму, закладеного в профілі планок (рис. 1.1).

Через те, що рівчак роликів має постійний профіль - коло з випусками, загальне обтиснення труби по діаметру невелике.

При таких деформаціях не використовують повністю ресурс пластичності металів, які прокатують на цих станах, і після прокатки на станах ХПТР часто виконують без попередньої термообробки ще одну технологічну операцію обробки металів тиском - волочіння або прокатку на стані ХПТР.

З використанням такого процесу виготовляють особливотонкостінні, багат шарові та інші труби діаметром 3 - 120 мм.

У процесі холодної прокатки труб роликами спочатку здійснюють невелике редукування труби, щоб усунути зазор, який був необхідний, щоб насунути трубу (заготовку) на стрижень оправки та оправку; потім обтискують трубу по стінці на циліндричній оправці і далі калібрують трубу по діаметру (рис. 1.2).

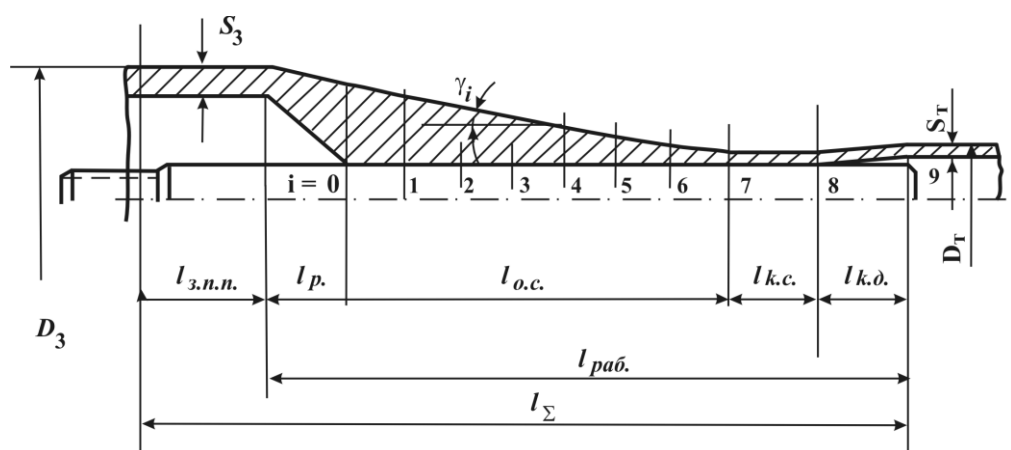


Рисунок 1.2 – Оправка в стані ХПТР: $l_{з.п.п.}$ - довжина ділянки зівя подачі та повороту; l_p - довжина ділянки редукування; $l_{o.c.}$ - довжина ділянки обтиснення стінки; $l_{k.c.}$ - довжина ділянки калібрування стінки; $l_{k.б.д.}$ - довжина ділянки калібрування діаметра; $l_{раб.}$ - довжина робочої частини оправки.

У сумарному осередку деформації, одержаному за хід кліті, який зветься робочим конусом, здійснюють редукування труби (ділянка l_p), обтиснення по товщині стінки (ділянка $l_{o.c.}$), калібрування стінки (ділянка попередньої обробки $l_{np.}$), калібрування діаметра (ділянка $l_{к.б\ddot{y}д.}$).

Один цикл прокатки відбувається за подвійний хід кліті, що включає прямий та зворотний хід.

У процесі холодної прокатки труб роликками, перед прямим ходом здійснюють подачу m та поворот (ділянка зеву подачі й повороту $l_{з.п.п.}$). Завдяки повороту труби навколо осі прокатки (кантуванню) здійснюється розкатка випусків, що утворилися при прямому та зворотному ході. За один цикл прокатки (подвійний хід) отримують ділянку готової труби:

$$l = m \mu_{\Sigma} ,$$

де μ_{Σ} - сумарний коефіцієнт витяжки за цикл.

Кожний поперечний переріз труби-заготовки послідовно багаторазово (за n_d раз, де n_d - дрібність деформації) обтискується валками від розмірів заготовки до розмірів готової труби. Деформація кожного перерізу здійснюється як при прямому, так і при зворотному ході кліті. У процесі холодної прокатки труб роликками на існуючих моделях станів ХПТР, де використовується однорядна прокатка, деформація звичайно не перевищує 50-60% (таблиця 1.1). На станах ХПТР, де використовується дворядна схема прокатки, деформація досягає величини 75%.

При застосуванні стаціонарної (нерухомої) кліті на стані ХПТР 15-30, до двох разів підвищили довжину робочої зони деформації.

На деяких станах ХПТР застосовують процес із подвійною подачею та поворотом, де використовують зворотний хід кліті, тим самим збільшуючи довжину ходу.

Подальшим розвитком процесу прокатки з подвійною подачею та поворотом є розроблений та застосований на кількох станах спосіб холодної прокатки труб на станах ХПТР із безперервним режимом роботи подавально-поворотного механізму.

Таблиця 1.1 – Режими деформацій на станах ХПТР

Стани	Подача, мм	Коефіцієнт витяжки по стінці	Обтиск по діаметру, мм	Число подвійних ходів у хв.	Середня продуктивність, м/год
ХПТР 8 - 15	1...4	1,5...1,7	2	110	30...38
ХПТР 15 - 30	1,5...6	1,5...1,7	2...3	82...110	42...50
ХПТР 30 - 60	2...7	1,5...3,0	Менше 5	66	15...30
ХПТР 60 - 120	2...6	1,5...2,5	Менше 7	60	15...22

Відоме застосування процесу дворядної роликової прокатки для виробництва ребристих та особливотонкостінних гладких труб на станах ХПТР 8-15 та ХПТР 15-30.

Розроблені та впроваджені у виробництво нові процеси безперервної періодичної дворядної та трирядної роликової прокатки на станах ХПТР 8-15, ХПТР 15-30, ХПТР 30-45, ХПТР 30-60 (рис. 1.3).

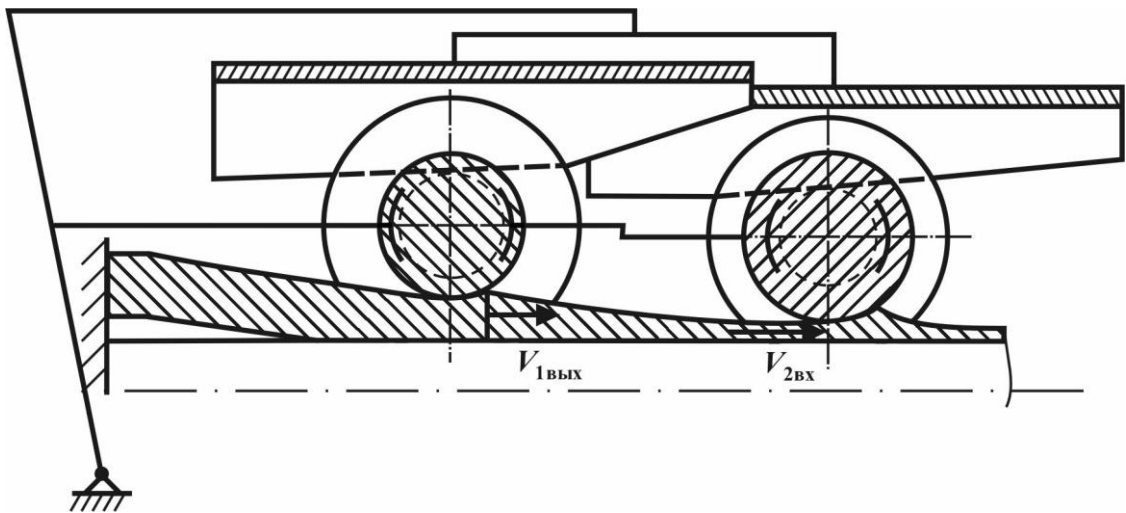


Рисунок 1.3 – Процес безперервної періодичної дворядної роликової прокатки: $V_{1вх}$ – швидкість металу в перерізі початку осередку деформації першого ряду роликів; $V_{2вх}$ – швидкість металу в перерізі кінця осередку деформації другого ряду роликів

Для наступного ряду роликів необхідно забезпечити рівність швидкостей виходу труби з першого ряду роликів до другого (наступного) ряду (рис. 1.3).

Така умова здійснення процесу безперервної періодичної роликової прокатки в режимі без підпору та натягу між рядами є найбільш прийнятною, тому що дозволяє здійснювати процес навіть при наявності погрешностей у виборі параметрів інструмента і настроюванні важільної системи стана та одержувати особливотонкостінні труби підвищеної якості.

Ступінь деформації в процесі дворядної прокатки більше ніж у процесі прокатки на стані ХПТР з однорядною схемою деформації.

Використання безперервної періодичної дворядної роликової прокатки для виробництва труб дає можливість зменшення кількості технологічних операцій, оскільки при дворядній прокатці об'єднують в одну прокатку два проходи на однорядному стані ХПТР, чи прохід на однорядному стані та волочіння і ліквідують проміжні технологічні операції (термообробка, хімічні операції, транспортування).

Процес холодної періодичної роликової прокатки застосовують для виробництва довгомірних багат шарових труб з особливотонкостінними трубами-шарами (рис. 1.4)

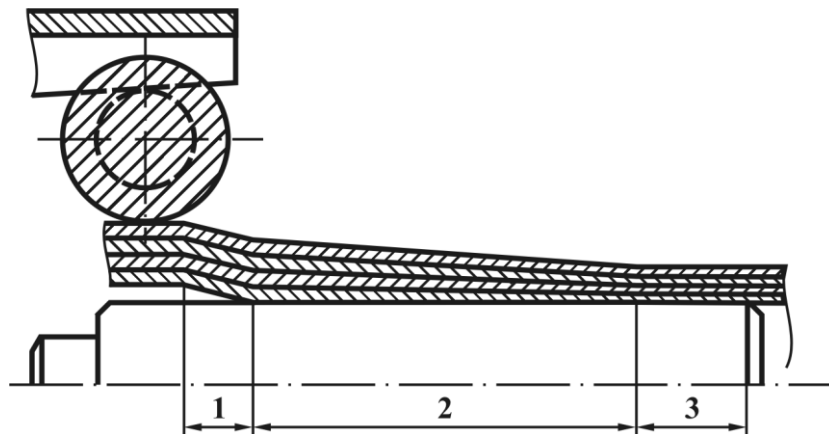


Рисунок 1.4 – Процес однорядної роликової пакетної прокатки на стані ХПТР: 1 – зона редукування; 2 – зона обтиску шарів; 3 – зона калібрування шарів

Пакетна прокатка на циліндричній оправці, з причини нерівномірності деформації товщини стінки труб-шарів, приводить до того, що товщина

стілки труб-шарів зменшується від зовнішньої поверхні труб до внутрішньої поверхні.

Для усунення цього недоліку застосували спосіб пакетної прокатки багатошарової труби на оправці зі зворотною конусністю (рис. 1.5):

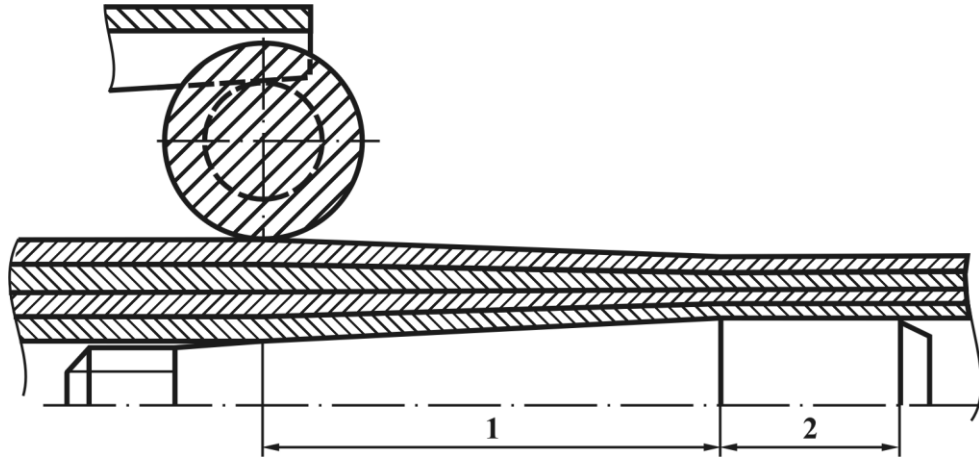


Рисунок 1.5 – Схема способу пакетної прокатки багатошарової труби на оправці зі зворотною конусністю: 1 – зона обтиснення стінки; 2 – зона калібрування

Важливим є використання позитивних якостей двурядної роlikової прокатки для виробництва багатошарових труб. Застосовують новий процес прокатки багатошарових труб з застосуванням безперервної періодичної пакетної прокатки на оправці зі зворотною конусністю «редукування, обтиск на оправці зі зворотною конусністю – обтиск на оправці зі зворотною конусністю, калібрування» з метою зниження нерівномірності деформації труб-шарів при пакетній прокатці (рис. 1.6).

Перший ряд роликів виконує обтиск пакета по діаметру, пакетну прокатку на оправці із зворотною конусністю, а другий ряд роликів виконує операцію пакетної прокатки на оправці із зворотною конусністю, меншою, ніж у першому ряду роликів і далі виконує калібровку труб-шарів по стінці на циліндричній частині оправки.

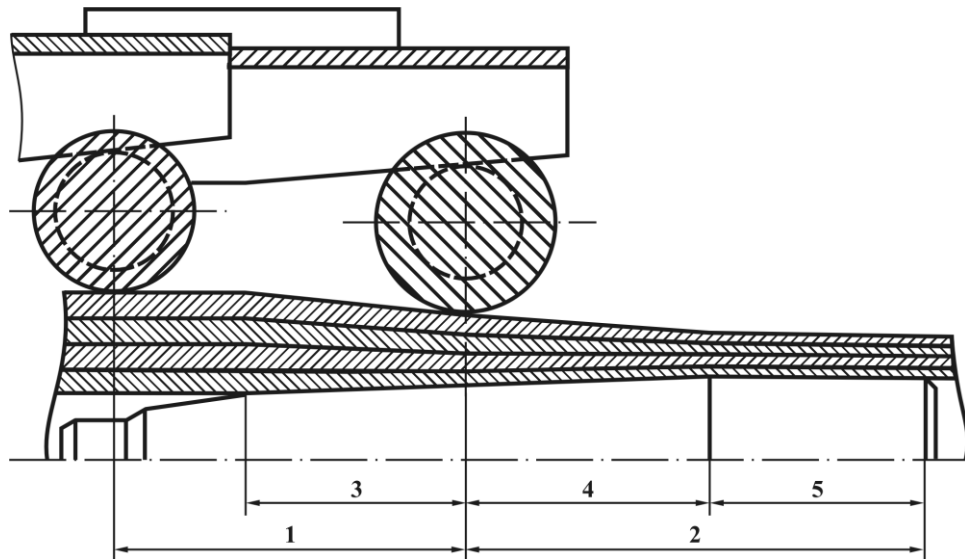


Рисунок 1.6 – Процес безперервної періодичної дворядної пакетної прокатки багат шарових труб «редукування, обтиск на оправці із зворотною конусністю – обтиск на оправці із зворотною конусністю, калібрування»:
 1 – зона дії першого ряду; 2 – зона дії другого ряду; 3 та 4 – зони обтиску на оправці із зворотною конусністю відповідно першим і другим рядом роликів; 5 – зона калібрування на циліндричній оправці.

1.2 Типи станів ХПТР

Стани ХПТР, якими, в основному, оснащені трубні заводи України, випущені Петровським машинобудівним заводом та Алмаатинським заводом важкого машинобудування (таблиця 1.2).

Принципова схема кліті стану ХПТР конструкції ВНДІМЕТМАШ, випущеного Петровським машинобудівним заводом, приведена на рис. 1.7.

Ролики спираються на опорні планки цапфами. Для узгодження швидкостей каретки та сепаратора застосована важільна система, що складається з куліси, тяг, сепаратора та кліті. Установка необхідного зазору між роликами здійснюється шляхом пересування клина. Вкладиші служать для усунення перекосів роликів та пом'якшення ударів на початку процесу прокатки.

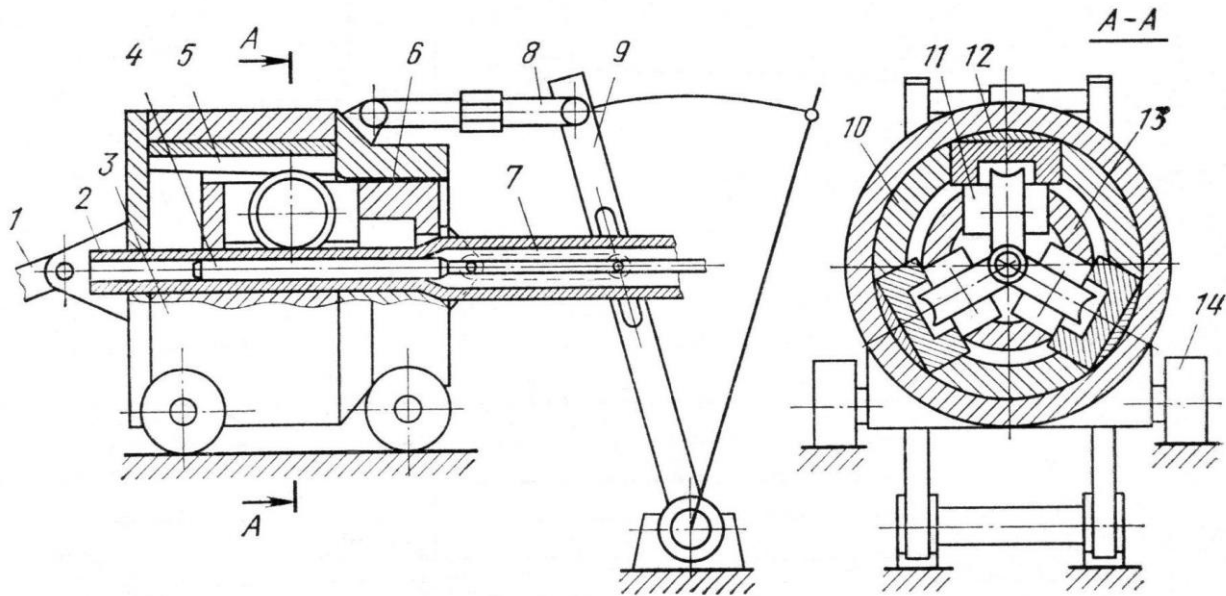


Рисунок 1.7 – Принципова схема кліті для стану ХПТР конструкції ВНДІМЕТМАШ: 1 – шатун кривошипно-шатунного дезаксіального приводу; 2 – готова труба; 3 – товстостінний корпус (гільза); 4 – циліндрична оправка; 5 – опорна планка; 6 – повзун; 7, 8 – шарнірні тяги; 9 – куліса; 10 – труба; 11 – ролик з опорними цапфами; 12 – регулювальні клини; 13 – сепаратор для роликів; 14 – ходові катки.

Сьогодні промисловість експлуатує стани ХПТР наступних типорозмірів 2ХПТР 6 - 15, ХПТР 4(8) - 15, ХПТР 15 - 30, ХПТР 30 - 60, ХПТР 60 - 120 (таблиця 1.2).

Матеріал труб, що прокатуються: вуглецеві, високовуглецеві, леговані, нержавіючі та жароміцні сталі, кольорові метали та сплави.

При освоєнні випуску станів ХПТР на Алмаатинському заводі важкого машинобудування конструкція клітей зазнала змін (рис. 1.8).

В останні роки стани ХПТР почали випускати в Китаї. Була спроектована та виготовлена серія роликівих станів холодної прокатки труб, моделі LD. На станах цієї серії (табл. 1.3) можна прокатувати труби діаметром з 3 мм до 120 мм, товщиною стінки від 0,1 до 6 мм.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика станів ХПТР

Параметр	2ХПТР 6 - 15	ХПТР 15 - 30	ХПТР 30 - 60	ХПТР 60 - 120
Вихідна заготовка				
Зовнішній діаметр, мм	8 – 18	17 – 33	34 - 68	65 - 130
Товщина стінки, мм	0,20 – 3	0,25 - 4,0	0,5 - 6	1,0 - 10
Довжина, мм	1,5 - 5	1,5 - 5	1,5 - 5	2,5 - 5
Прокатана труба				
Зовнішній діаметр, мм	6 - 15	15 - 30	30 - 60	60 - 120
Товщина стінки, мм	0,08 - 1,5	0,1 - 2,5	0,3 - 3,0	0,5 - 6
Довжина, м	< 8	< 8	< 8	< 10
Величина подачі, мм	1,3 - 8	1,3 - 9,2	1,3 - 9,2	1,3 - 9,2
Лінійний зсув, мм	< 30	< 50	< 55	< 32
Число ходів робочої каретки в 1 хв.	60/80/120	60/80/120	44/60/90	0 - 100
Число роликів, шт.	3	3	3	4
Діаметр роликів, мм	36	62	83	180
Хід робочої каретки, мм	490	455	607	750
Хід сепаратора, мм	261 - 274	260 - 275	350 - 370	430 - 510
Потужність двигуна, кВт	40	24/26/31,9	28/36/40	100
Діаметр цапфи рол., мм	28,5	45	65	100 - 120
Довжина планки, мм	150	210	270	310

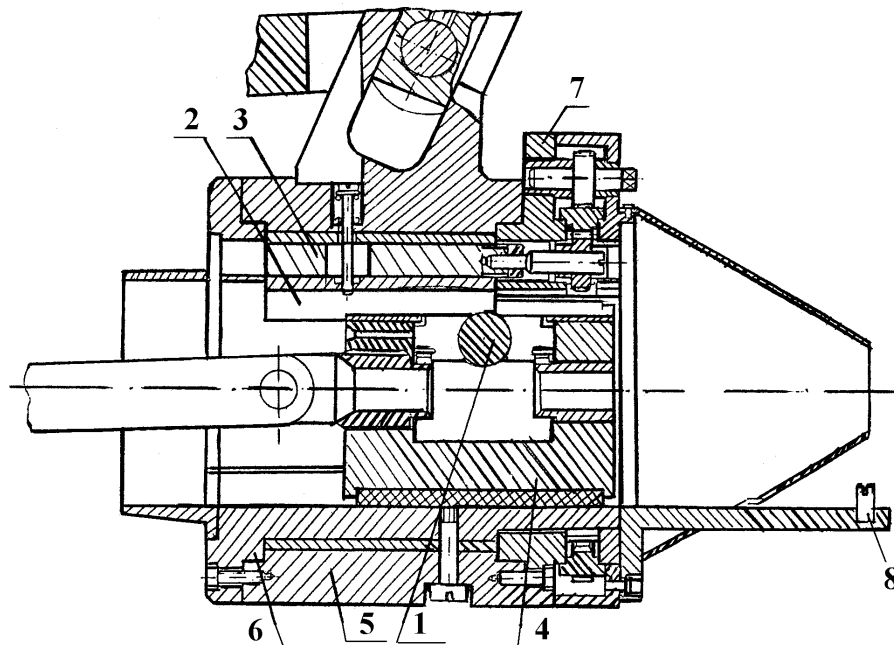


Рисунок 1.8 – Робоча кліть стану ХПТР 15 - 30 конструкції заводу важкого машинобудування: 1 - ролик; 2 - планка; 3 - клин; 4 - повзун; 5 - корпус; 6 - фіксуюча труба; 7 - механізм пересування клинів; 8 - обмежник.

Таблиця 1.3 – Характеристика роликів станів моделі LD

Показники	<i>LD-8</i>	<i>LD-15</i>	<i>LD-30</i>	<i>LD-60</i>	<i>LD-120</i> 5роликів
Діаметр труби-заготовки, мм	3,5-9	9-17	17-34	32-64	63,5-127
Товщина стінки труби-заготовки, мм	1,3	1,8	2,5	4	4
Довжина труби-заготовки, м	1,2-3	0,8-4	2-5	2-5	2-5
Діаметр готової труби, мм	3-8	8-15	15-30	30-60	60-120
Товщина стінки готової труби, мм	0,1-1	0,1-1	0,1-2	0,2-3	0,25-2,5
Максимальна деформація	70%	70%	70-75%	70%	70%
Величина подачі, мм	1,5-4,3	1,65-7,1	2-14	2-14	2,04-7,1
Хід робочої кліті, мм	400	450	475	603	755,64
Число подвійних ходів кліті, хід/хв	60-150	70-140	65-120	50-100	35-100
Потужність головного приводу, кВт	4,7	10	30	56	100
Вага стану, т	2,49	4,735	14,5	28	42,5
Середня продукт., м/год	20	15-30	20-30	20-30	20-30

Серія станів LD схожа на тип станів ХПТР, а стан LD-120 спроектований з вертикальним вантажем, який його врівноважує. Ці стани запроваджені в експлуатацію.

За наступні роки були проведені удосконалення та модернізації - створені двонитковий і чотиринитковий стан (таблиця 1.4).

У двонитковому стані холодної прокатки труб моделі LD - 12×2 в одній кліті змонтовані два сепаратори роликів.

Створено чотиринитковий стан холодної прокатки труб моделі LD - 12×4. Продуктивність чотириниткового стану перевищує в 3 - 4 рази продуктивність однорядного стану ХПТР.

Продуктивність станів ХПТР низька і становить при 60 - 110 подвійних ходах за хвилину 15 - 50 метрів труб за годину.

Таблиця 1.4 – Характеристика багатониткових роликів станів холодної прокатки труб моделі LD

Показники	<i>LD – 12</i> <i>2-нитковий</i>	<i>LD - 12</i> <i>4-нитковий</i>
Діаметр труби – заготовки, мм	6,5 – 14	6,5 – 14
Товщина стінки труби – заготовки, мм	1,3	1,3
Довжина труби – заготовки, м	1,2 – 3	1,2 – 3
Діаметр готової труби, мм	6 – 12	6 – 12
Товщина стінки готової труби, мм	0,1 – 1	0,1 – 1
Максимальне зменшення поперечного перерізу (вуглецеві, нержавіючі, та леговані сталі)	70%	70%
Величина подачі, мм/про	1, 5 – 4,3	1, 5 – 4,3
Довжина ходу робочої кліті, мм	400	400
Число подвійних ходів кліті, прод/хв	47 – 141	64 – 192
Потужність головного приводу, кВт	7,5	7,5
Вага стану, т	2,25 без двигуна	2,25 без двигуна
Середня продуктивність, м/год	25 – 40	60 – 100

Основним шляхом удосконалення процесу ХПТР, як і процесу ХПТ, є збільшення довжини робочої зони деформації, а для цього, при використанні однорядних процесів, необхідне збільшення довжини ходу кліті. На станах ХПТР моделі Алмаатинського заводу важкого машинобудування підвищена довжина ходу кліті в порівнянні зі станами виробництва Петровського заводу.

Створені та впроваджені у виробництво нові дворядні кліті для здійснення процесу безперервної періодичної роликів дворядної та трирядної прокатки труб.

Є дані про початок робіт з розробки стану ХПТР 6-15 з підвищеним числом подвійних ходів за хвилину.

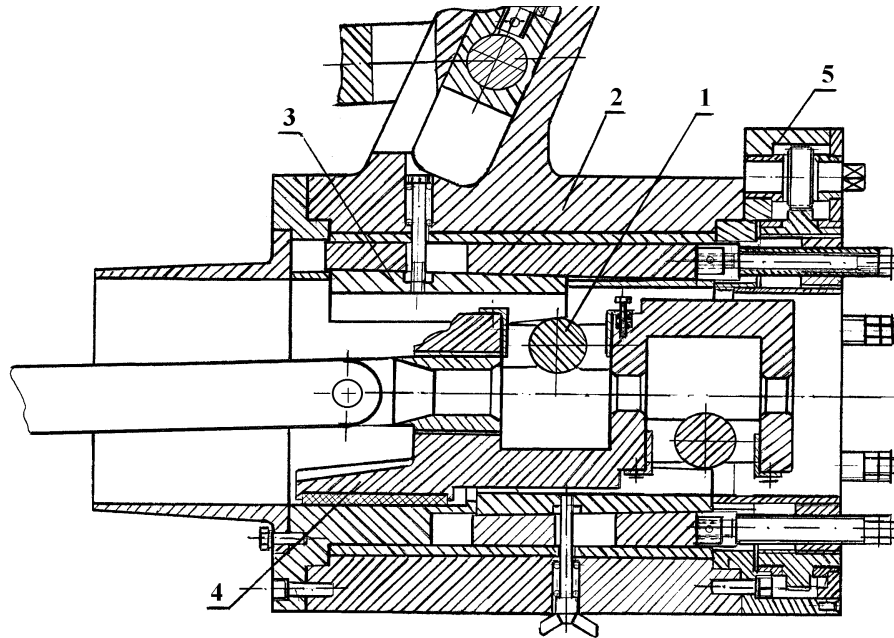


Рисунок 1.9 – Дворядна кліть стану ХПТР 15-30 для прокатки ребристих труб конструкції Алмаатинського заводу важкого машинобудування: 1 – ролик; 2 – корпус кліть; 3 – планка; 4 – повзун; 5 – механізм регулювання зазору між роликами

Створено кліть валкового типу для станів ХПТР, що застосовуються для прокатки, в основному, тонкостінних труб.

Створені та працюють двониткові стани 2ХПТР 6-15 і 2ХПТР 15-30.

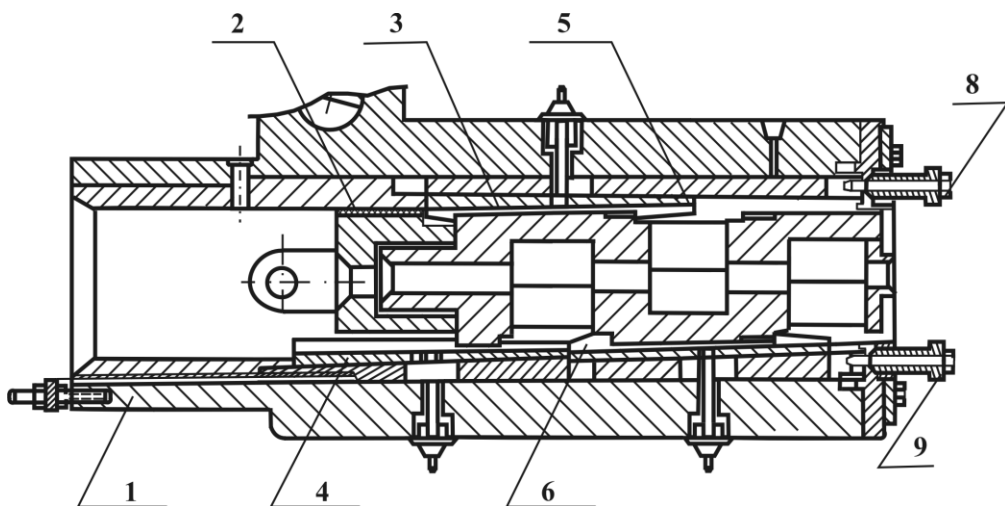


Рисунок 1.10. Трирядна кліть для стану ХПТР 8-15: 1 – корпус; 2 – повзун; 3 – сепаратор; 4 – планка третього ряду; 5 – планка другого ряду; 6 – планка першого ряду; 7 – повзун

Зі збільшенням довжини зони деформації та за рахунок застосування багаторядної схеми деформації, за інших рівних умов, зменшуються деформації в миттєвому осередку деформації та збільшується дрібність деформації, що позитивно позначається на пластичних властивостях металу в осередку (краща схема напруженого стану) і на точності труб (застосування менших “розвалок” роликів). Це, у свою чергу, дозволяє збільшувати деформацію труб і прокатувати труби з малою різностінністю.

1.3 Поперечна різностінність труб

Поперечна різностінність є однією із основних характеристик точності труб.

В загальному вигляді поперечна різностінність (рис. 1.11) характеризується значенням максимальної і мінімальної товщини стінки. Різницю між ними і називають абсолютною різностінністю:

$$S_{\text{абс}} = S_{\text{max}} - S_{\text{min}}$$

Відношення абсолютної різностінності до значення середньої товщини стінки називають відносною різностінністю:

$$R = \frac{S_{\text{max}} - S_{\text{min}}}{S_{\text{ср}}} \cdot 100\%$$

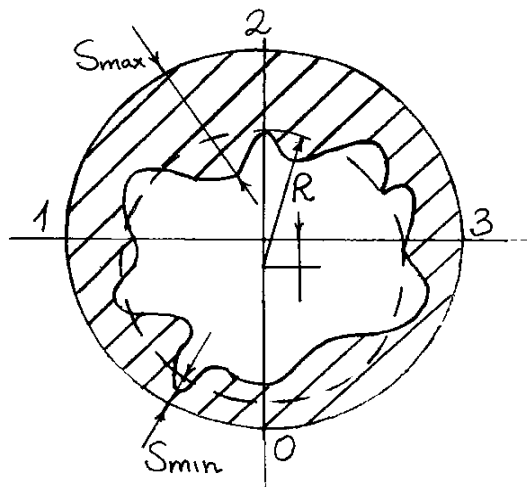


Рисунок 1.11 – Поперечний переріз труби

Характер зміни товщини стінки по периметру труби (рис. 1.13) вказує на те, що можливо виділити дві складові частини ексцентричну різностінність (рис. 1.12, *а*) і симетричну різностінність (рис. 1.12, *б* і рис. 1.13).

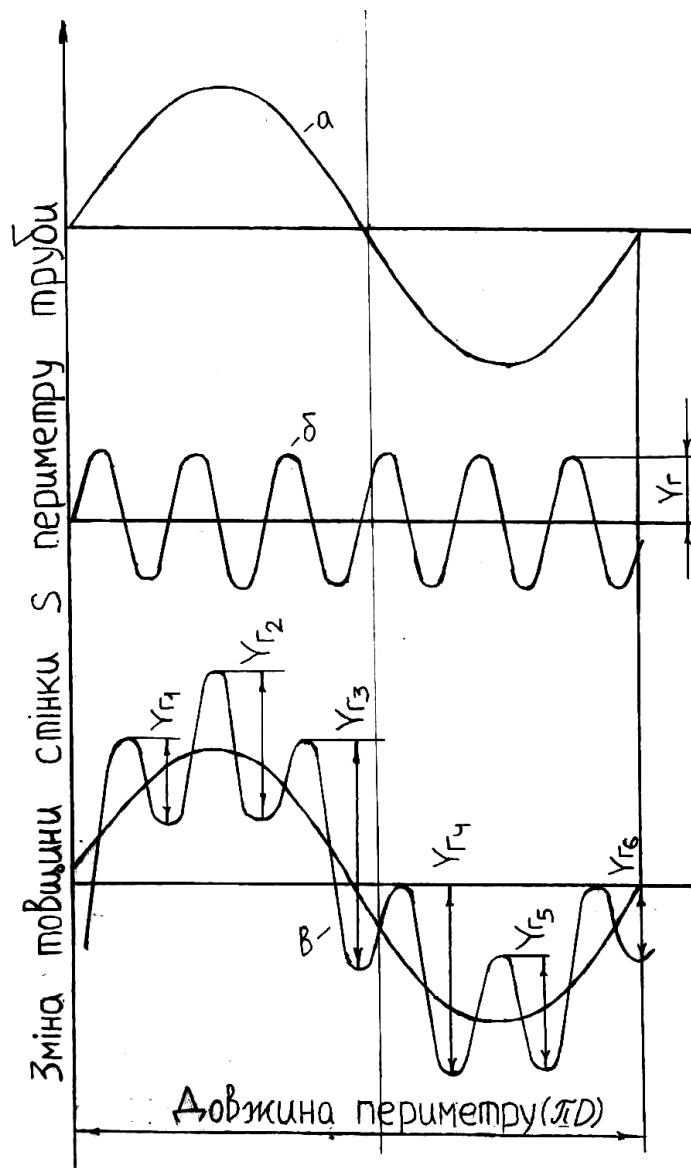


Рисунок 1.12 – Ексцентрична і симетрична складові поперечної різностінності: *а* – ексцентрична; *б* – симетрична; *в* – накладення різностінностей

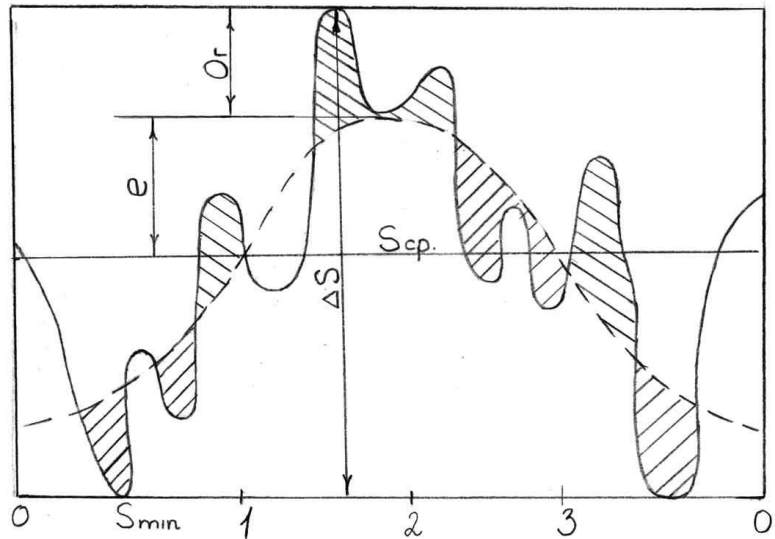


Рисунок 1.13 – Характер зміни товщини стінки по периметру труби

1.4 Особливості формування різностінності труб по довжині робочого конуса при прокатці на стані ХПТР

Процес холодної періодичної роликової прокатки труб (процес ХПТР) широко використовується для отримання особливотонкостінних труб. Величина поперечної різностінності - одна з основних характеристик якості.

У робочому конусі прокатки із поперечної різностінності труби-заготовки формується поперечна різностінність готових труб. Важливо знати закономірності зміни поперечної різностінності от труби-заготовки до готової труби. Це необхідно для проектування процесу.

Є експериментальні дані про зміну поперечної різностінності труб у зоні робочого конуса у випадку початкової різностінності рівною 13%. Показано, що при такій початковій різностінності її зменшення склало 2%. Проте для зони обтиснення стінки немає експериментальних даних про зміну поперечної різностінності труб у випадку середніх і малих значень початкової різностінності.

Поставлено завдання отримання експериментальних даних про характер і величину зміни поперечної різностінності труб у процесі ХПТР у випадку невеликої (6-8%) початкової різностінності труб.

Для експерименту використовували випадок прокатки труб на стані ХПТР 60-120. Тут редукування труб по діаметру невелике і не впливає на процес зміни поперечної різностінності. Вибрали труби з початковим значенням поперечної різностенности $5 \times 11\%$. Труби-заготовки отримані зі стану ХПТ 90. Після чого було проведено розточування труб. Маршрут прокатки $119,1 \times 4,1 \rightarrow 114,3 \times 3,05$. Середня поперечна різностінність п'ятнадцяти труб заготовок (таблиця 1.6) склала $7,35\%$, а готових труб – $9,21\%$ (таблиця 1.8).

Таблиця 1.5 – Значення товщини стінки труб-заготовок $119,0 \times 4,1$ мм

Номер труби	Si															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4.65	4.50	4.43	4.35	4.50	4.25	4.51	4.62	4.60	4.60	4.45	4.50	4.45	4.52	4.61	4.65
2	4.50	4.52	4.40	4.45	4.30	4.65	4.50	4.40	4.60	4.65	4.62	4.54	4.50	4.48	4.43	4.47
3	4.19	4.20	4.25	4.30	4.35	4.24	4.20	4.23	4.26	4.32	4.27	4.23	4.21	4.09	4.18	4.18
4	4.41	4.36	4.30	4.15	4.09	4.05	4.15	4.17	4.21	4.32	4.40	4.45	4.48	4.52	4.50	4.43
5	4.38	4.25	4.22	4.30	4.45	4.48	4.46	4.35	4.27	4.38	4.46	4.36	4.33	4.28	4.33	4.35
6	4.25	4.33	4.28	4.28	4.30	4.35	4.45	4.48	4.42	4.45	4.32	4.20	4.16	4.21	4.19	4.24
7	4.60	4.62	4.65	4.75	4.85	4.68	4.62	4.60	4.55	4.52	4.59	4.54	4.49	4.43	4.46	4.58
8	4.45	4.43	4.32	4.18	4.21	4.27	4.29	4.78	4.49	4.50	4.27	4.40	4.50	4.51	4.48	4.44
9	4.45	4.64	4.51	4.56	4.67	4.60	4.40	4.38	4.25	4.37	4.45	4.52	4.36	4.42	4.44	4.46
10	4.51	4.53	4.48	4.40	4.35	4.47	4.48	4.60	4.59	4.62	4.60	4.59	4.56	4.53	4.54	4.52
11	4.48	4.42	4.39	4.32	4.33	4.37	4.37	4.40	4.43	4.44	4.45	4.49	4.50	4.53	4.54	4.51
12	4.40	4.36	4.41	4.44	4.50	4.49	4.53	4.54	4.55	4.58	4.51	4.48	4.42	4.45	4.41	4.38
13	4.26	4.27	4.33	4.37	4.39	4.44	4.45	4.48	4.42	4.34	4.33	4.30	4.28	4.32	4.27	4.27
14	4.49	4.45	4.41	4.34	4.28	4.21	4.15	4.18	4.23	4.24	4.32	4.37	4.42	4.46	4.47	4.47
15	4.24	4.32	4.33	4.41	4.44	4.48	4.51	4.58	4.61	4.54	4.48	4.43	4.39	4.30	4.26	4.26

Таблиця 1.6 – Значення різностінності труб-заготовок $119,0 \times 4,1$ мм

Номер труби	Scp	Smax	Smin	S = Smax – Smin	R = S/Scp	Rcp
1	4.51	4.65	4.25	0.40	0.089	0.0735
2	4.50	4.65	4.30	0.35	0.078	
3	4.23	4.35	4.09	0.26	0.061	
4	4.31	4.52	4.05	0.47	0.109	
5	4.35	4.48	4.22	0.26	0.060	
6	4.31	4.48	4.16	0.32	0.074	
7	4.60	4.85	4.43	0.42	0.091	
8	4.39	4.51	4.18	0.33	0.075	
9	4.47	4.67	4.25	0.42	0.094	
10	4.52	4.62	4.35	0.27	0.060	
11	4.44	4.54	4.32	0.22	0.050	
12	4.47	4.58	4.36	0.22	0.049	
13	4.35	4.48	4.26	0.22	0.051	
14	4.34	4.49	4.15	0.34	0.078	
15	4.41	4.61	4.24	0.37	0.084	

Таблиця 1.7 – Значення товщини стінки готових труб розміром 114,3×3,05 мм

Номер труби	Si															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3.03	3.02	3.00	2.98	2.96	2.95	2.95	2.92	2.90	2.87	2.85	2.81	2.90	2.97	3.05	3.11
2	3.14	3.08	3.05	3.05	3.07	3.15	3.22	3.19	3.20	3.22	3.18	3.00	2.90	3.11	3.15	3.16
3	2.91	2.90	2.95	5.98	3.01	3.00	3.01	3.08	3.12	3.12	3.10	2.95	2.99	2.97	2.95	2.88
4	3.15	3.20	3.20	3.18	3.15	3.10	3.06	3.01	2.90	2.85	2.93	2.95	2.98	2.99	3.05	3.07
5	2.96	3.08	3.06	3.00	2.98	2.93	3.01	3.05	3.08	3.13	3.14	3.17	3.08	3.05	2.98	2.91
6	2.87	3.00	3.12	3.18	3.10	3.05	3.05	3.02	3.07	3.09	3.12	3.18	3.15	3.13	3.12	3.03
7	3.00	3.03	3.04	3.07	3.09	3.13	3.15	3.14	3.08	3.06	3.10	3.11	3.14	3.17	3.10	2.85
8	2.85	2.85	2.90	2.93	2.95	2.97	3.03	3.06	2.98	2.80	2.95	3.06	3.04	3.01	2.99	2.90
9	3.05	3.11	2.90	2.83	2.85	2.87	2.91	2.92	2.94	2.96	2.99	3.02	3.05	3.05	3.10	3.12
10	2.81	2.85	2.93	2.95	2.98	3.01	3.05	3.06	3.04	3.03	3.00	2.96	2.90	2.86	2.84	2.79
11	3.00	3.03	3.07	3.10	3.10	3.08	3.06	3.05	3.02	3.01	2.97	2.96	2.95	2.92	2.90	2.91
12	3.12	3.14	3.10	3.08	3.11	3.07	3.03	2.98	2.90	2.95	3.01	3.05	3.08	3.07	3.09	3.11
13	2.98	3.01	3.03	3.10	3.06	3.10	3.07	3.07	3.06	3.05	2.89	2.87	2.89	2.93	2.93	2.96
14	3.03	2.98	2.90	2.84	2.80	2.78	2.86	2.89	2.90	2.95	2.99	2.98	3.00	3.02	3.04	3.07
15	3.10	3.09	3.06	3.03	3.02	2.97	2.97	2.95	2.94	2.90	2.88	2.87	2.82	2.87	2.93	2.99

Таблиця 1.8 – Значення різностінності готових труб розміром 114,3×3,05 мм

Номер труби	Scp	Smax	Smin	S = Smax – Smin	R = S/Scp	Rcp
1	2.95	3.11	2.81	0.30	0.102	0.0921
2	3.12	3.22	2.90	0.32	0.103	
3	3.00	3.12	2.88	0.24	0.080	
4	3.05	3.20	2.85	0.35	0.115	
5	3.04	3.17	2.91	0.26	0.086	
6	3.08	3.18	2.87	0.31	0.101	
7	3.08	3.17	2.85	0.32	0.104	
8	2.95	3.06	2.80	0.26	0.088	
9	2.98	3.12	2.83	0.29	0.097	
10	2.94	3.06	2.79	0.27	0.092	
11	3.01	3.10	2.90	0.20	0.066	
12	3.06	3.14	2.90	0.24	0.079	
13	3.00	3.10	2.87	0.23	0.077	
14	2.94	3.07	2.78	0.29	0.099	
15	2.96	3.10	2.82	0.28	0.095	

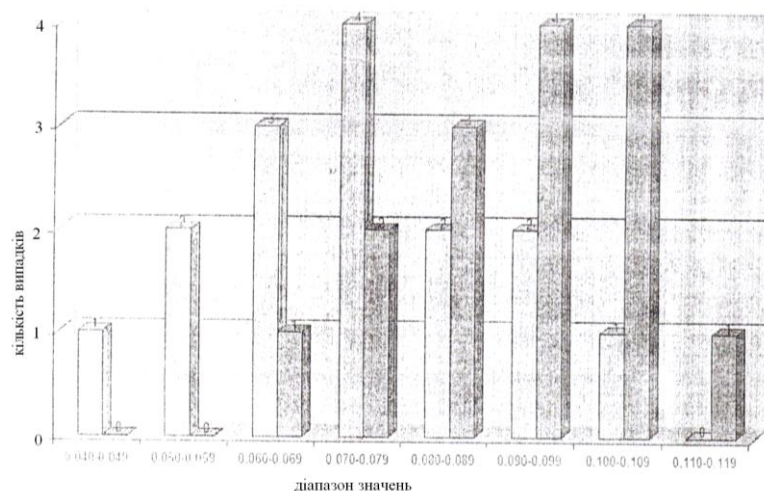


Рисунок 1.14 – Зміна поперечної різностінності у процесі ХПТР, маршрут 119,1×4,1→114,3×3,05

З діаграми видно, що діапазон різностінності готових труб змістився у більшу сторону по відношенню до заготовки. Для дослідження цієї зміни розрізали робочий конус на чотирнадцять частин і заміряли стінку труб в шістнадцяти точках поперечного перетину (таблиця 1.9).

Таблиця 1.9 – Зміна товщини стінки по довжині робочого конуса

Номер перетину	S _i															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4.16	4.14	4.17	4.19	4.14	4.20	4.12	4.04	4.14	4.28	4.26	4.25	4.21	4.14	4.17	4.26
2	4.36	4.31	4.42	4.35	4.30	4.35	4.36	4.22	4.31	4.35	4.30	4.34	4.34	4.33	4.37	4.46
3	4.44	4.49	4.45	4.37	4.32	4.36	4.33	4.31	4.33	4.34	4.23	4.28	4.32	4.37	4.42	4.43
4	4.32	4.38	4.29	4.38	4.32	4.28	4.25	4.23	4.18	4.15	4.14	4.21	4.26	4.30	4.29	4.32
5	4.12	4.09	4.06	4.15	4.17	4.18	4.23	4.29	4.30	4.23	4.29	4.30	4.24	4.16	4.14	4.15
6	4.09	4.03	3.97	3.99	4.03	4.09	4.15	4.16	4.21	4.15	4.11	4.09	4.05	4.03	3.99	4.06
7	3.97	3.91	3.88	3.88	3.83	3.75	3.71	3.74	3.76	3.81	3.88	3.94	3.91	3.94	3.96	3.97
8	3.63	3.06	3.56	3.50	3.54	3.63	3.70	3.75	3.76	3.74	3.71	3.70	3.67	3.64	3.65	3.63
9	3.05	3.51	3.56	3.54	3.56	3.53	3.50	3.45	3.38	3.33	3.30	3.31	3.33	3.36	3.42	3.45
10	3.27	3.26	3.26	3.18	3.21	3.26	3.33	3.35	3.38	3.43	3.38	3.38	3.36	3.29	3.28	3.27
11	3.20	3.22	3.23	3.28	3.31	3.34	3.36	3.36	3.34	3.33	3.27	3.30	3.21	3.15	3.10	3.13
12	3.21	3.27	3.30	3.33	3.27	3.21	3.15	3.09	3.07	3.11	3.17	3.19	3.20	3.21	3.20	3.21
13	3.24	3.24	3.16	3.15	3.15	3.13	3.09	3.11	3.13	3.19	3.29	3.23	3.30	3.33	3.29	3.27
14	3.15	3.21	3.23	3.21	3.22	3.24	3.20	3.17	3.15	3.08	3.05	3.09	3.11	3.17	3.15	3.21
Номер перетину	Scp		Smax		Smin		S = Smax – Smin		R = S/Scp							
1	4.18		4.28		4.04		0.24		0.057							
2	4.34		4.46		4.22		0.24		0.055							
3	4.36		4.49		4.23		0.26		0.060							
4	4.27		4.38		4.14		0.24		0.056							
5	4.19		4.30		4.06		0.24		0.057							
6	4.08		4.21		3.97		0.24		0.059							
7	3.87		3.97		3.71		0.26		0.067							
8	3.65		3.76		3.50		0.26		0.071							
9	3.44		3.56		3.30		0.26		0.076							
10	3.31		3.43		3.18		0.25		0.076							
11	3.26		3.36		3.10		0.26		0.080							
12	3.20		3.33		3.07		0.26		0.081							
13	3.21		3.33		3.09		0.24		0.075							
14	3.17		3.24		3.05		0.19		0.060							

Абсолютна різностінність при прокатці труби-заготовки з початковою малою різностінністю 6% на фоні обтиснення робочого конуса практично не

змінилася (рис. 1.15). Зменшення абсолютної різностінності на 0,05 мм в кінці робочого конуса мабуть пов'язано з калібруванням у зоні калібрування, але основним показником якості є відносна різностінність. По мірі прокатки відносна різностінність трохи збільшилася, оскільки товщина стінки зменшується (рис. 1.16).

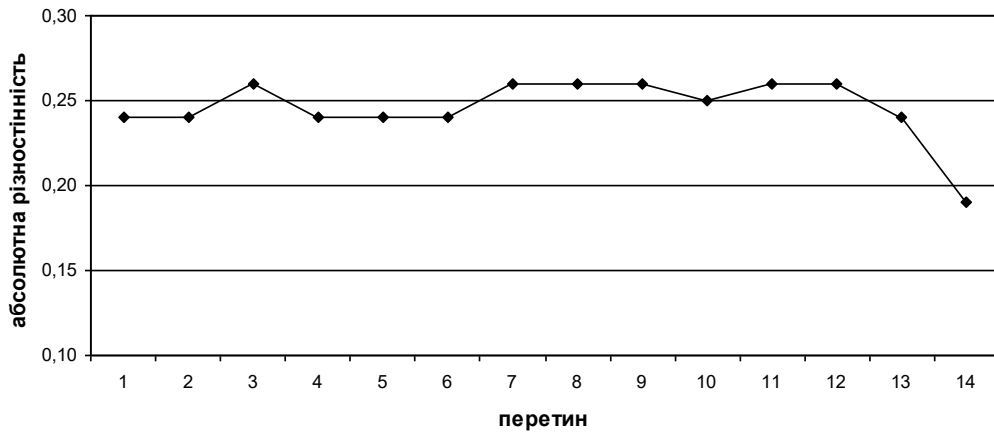


Рис. 1.15. Зміна абсолютної різностінності по довжині робочого конуса

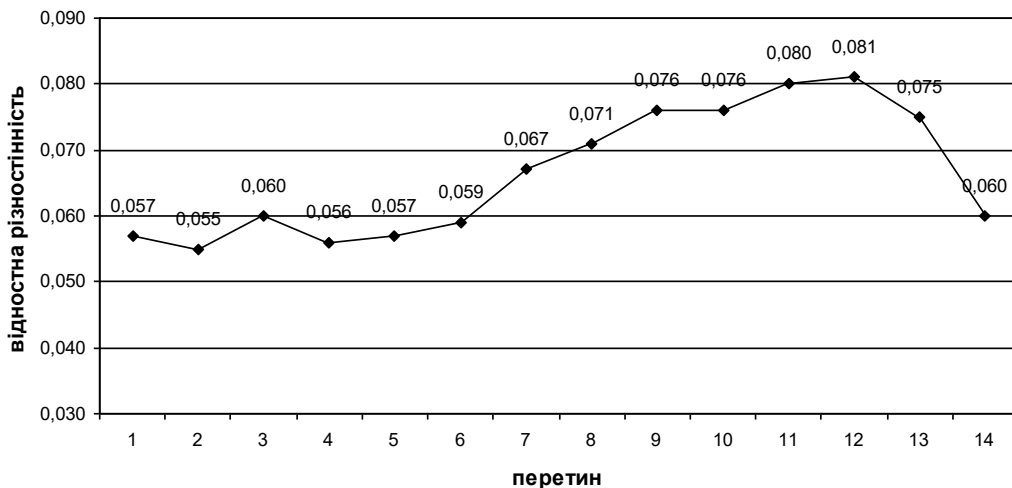


Рис. 1.16. Зміна відносної різностінності по довжині робочого конуса

Отримані вперше експериментальні дані по зміні поперечної різностінності труб у процесі ХПТР для випадку прокатки труби-заготовки з малою поперечною різностінністю показали, що в цьому випадку в зоні обтиснення стінки абсолютна різностінність не змінюється і відбувається незначне зростання відносної різностінності. Отримані дані можуть бути використані при проектуванні процесу холодної періодичної роликової прокатки з необхідним рівнем якості по поперечній різностінності труб.

1.5 Технологічний процес виробництва труб.

Холодною прокаткою виготовляють готові труби за один чи декілька проходів, а також труби-заготовки для наступної прокатки на станах ХПТР чи для наступного волочіння.

Для труб з нержавіючих марок сталей виробництво труб складається зі значного більшої кількості процесів (рис. 1.17). Виробництво холоднодеформованих особливотонкостінних труб з застосуванням роликівих станів здійснюється за близькою по суті технологічною схемою, що й холодна прокатка труб на валкових станах. До заготовки ставлять підвищені вимоги. Гарячекатана заготовка проходить обточування як внутрішньої, так і зовнішньої поверхні. Кількість циклів деформування висока.

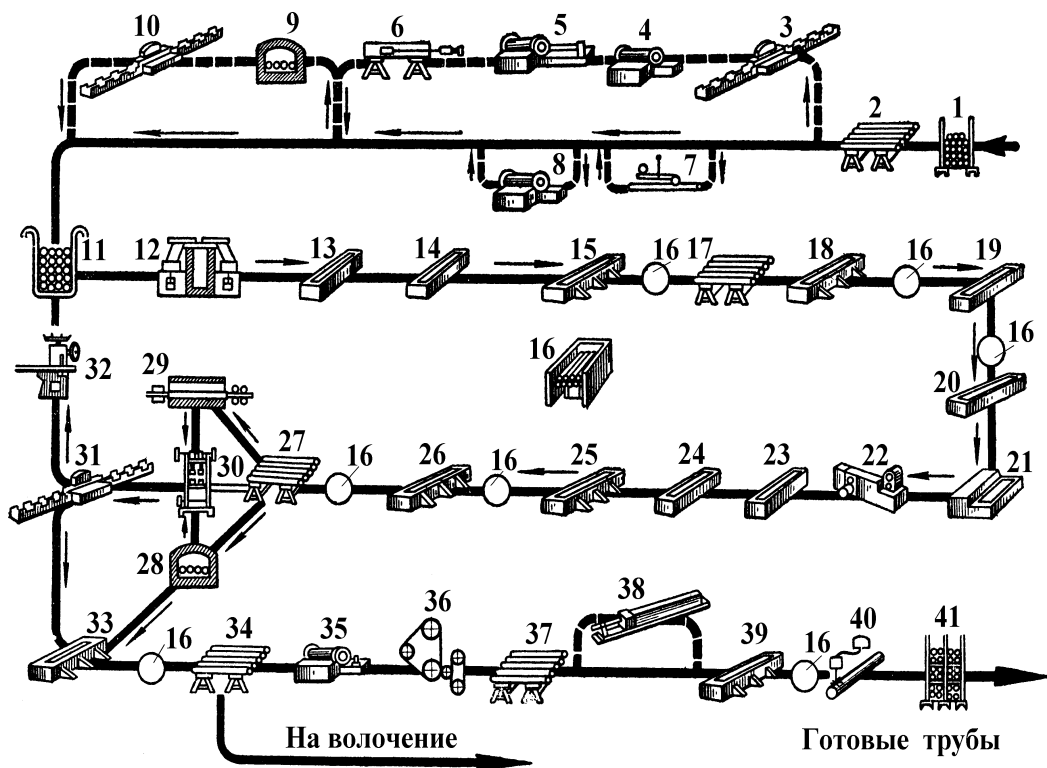


Рис. 1.17. Виробничий процес виготовлення труб із нержавіючих марок сталей.

1. Надходження заготовки на склад
2. Інспекція труб
3. виправлення труб
4. Обточування труб зовні
5. Розточення труб зсередини
6. Огляд труби зсередини перископом
7. Ремонт труб
8. Суцільне шліфування труб
9. Термічна обробка
10. виправлення труб
11. Наборка труб у скоби
12. Травлення в лужному розплаві
13. Промивання в проточній холодній воді
14. Промивання в гарячій воді
15. Травлення в сірчаній кислоті
16. Промивання із брандспойта
17. Інспекція ВТК
18. Активування поверхні труб у розчині сірчаної кислоти з NaCl, промивання із брандспойта
19. Оміднення труб, промивання із брандспойта
20. Промивання в гарячій воді
21. Змащення труб
22. Прокатка на ХПТР (перший стан)
23. Знежирення у ванні із содою, тринатрійфосфатом та рідким склом
24. Промивання в гарячій воді
25. Травлення в сірчаній кислоті з повареною сіллю (труби діаметром менш 20 мм - у плавиковій кислоті), промивання із брандспойта
26. Освітлення в азотній кислоті, промивання із брандспойта
27. Інспекція
28. Стабілізуючий відпал
29. Нагрів та гартування труби
30. Попереднє виправлення на кулачковому пресі
31. виправлення на валковому стані
32. Підрізка кінчиків труби та подача до наборки пакетів
33. Травлення в плавиковій кислоті, промивання із брандспойта
34. Інспекція ВТК та подача на волочіння
35. Обрізка кінців труб
36. Ремонт - шліфування на стрічкових зовнішньо- та внутрішньошліфувальних верстатах
37. Інспекція ВТК
38. Гідравлічне випробування
39. Пасивація у 20% -вій азотній кислоті, промивання із брандспойту
40. Стілоскопування
41. Подача на склад готових труб

При надходженні труби-заготовки в цех, ВТК перевіряє якість заготовки, що поступає й відповідність її вимогам; у випадку невідповідності абияких параметрів, труби оформляються як брак і відправляються назад до заводу, який виготовив трубу.

Після огляду ВТК трубу-заготовку задають у виробництво за завданням ПРБ. Перед тим як труби потраплять на прокатний стан, вони повинні пройти ряд підготовчих операцій:

- обточування й розточення;
- нарізка труб-заготовок у випадку якщо довжина перевищує 5 метрів, що обумовлено стелажем завантаження;
- набирання труб у пакети не більше 5 тонн, що обумовлено вантажопідйомністю електромостових кранів;
- візуальний огляд поверхні труб ВТК і оснащення технологічним ярликом;
- хімічна обробка труб перед прокатом для зняття з поверхні металу окалини й окислів, до неї входить: обробка труб у лужному розплаві, травлення труб у сірчано-соляному або сірчаноокислому розчинах, повітління в азотнокислому або азотно-плавиковому розчинах, при необхідності пасивіровка, нейтралізація або знежирення труб; при хімічній обробці після кожної операції з розчинами труби обов'язково повинні промиватися в проточній воді;
- мастильне покриття труб перед прокатом виробляються для зниження коефіцієнта тертя металу, що деформується, об робочий інструмент, змащення виробляється шляхом міднення труб, а потім купання пакета труб у ванні з сольовим розчином.

Пройшовши всі перераховані операції, заготовка попадає на прокатний стан, де відбувається деформація заготовки робочим інструментом і одержання труби необхідного розміру. Технічні характеристики станів наведені в таблиці 1.10.

Після прокатки труби повинні пройти термічну обробку для зняття наклепу й одержання необхідних властивостей металу, але попередньо їх необхідно знежирити, щоб уникнути науглецювання поверхневого шару металу при згорянні залишків змащення на поверхні труб і утворення окалини. Термічна обробка проводиться в газових печах з роликівим подом у захисній атмосфері.

Таблиця 1.10 – Технічні характеристики станів.

Найменування показників	ХПТ-90	ХПТ-55	ХПТР-15-30
Діаметр початкової окружності ведених шестірень, мм	434	364	-
Діаметр початкової окружності провідних шестірень	406	336	-
Довжина ходу кліті, мм	705	625	455
Кут повороту валків, град	214	214	-
Максимальний діаметр, мм	102	76	33
Максимальна товщина стінки заготовки, мм	20	12	2,5
Максимальна довжина заготовки, м	5	5	5
Діаметр труби - максимальний, мм	90	55	30
- мінімальний, мм	40	25	15
Мінімальна товщина стінки труби, мм	0,75	0,75	0,15
Кут повороту заготовки, град	30	30	27
Число подвійних ходів кліті, подв.х/хв.	60	90	120
Подача - максимальна, мм	30	30	10
- мінімальна, мм	2	2	2
Діаметр стрижня - максимальний, мм	78	68	26
- мінімальний, мм	25	15	10
Маса робочої кліті стана, т	7,2	5,6	0,50
Потужність двигуна головного приводу, кВт	150	120	30
Найбільше зменшення товщини стінки, %	70	70	70
Діаметр робочих роликів, мм	-	-	62
Число робочих роликів, шт.	-	-	3
Довжина ходу сепаратора з роликами, мм	-	-	275

В обробці труби правлять на косовалковому семивалковому правильному стані 25-76, обрізають кінці й піддають труби 100 % клеймінню на обрізному верстаті, провадять візуальний огляд і перевіряють якість труб приладами ультразвукового контролю для запобігання влучення бракованих труб замовникові, упаковують і оформляють документацію відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ. Готові пакети труб відправляють на склад готової продукції для відвантаження замовникові.

2 Дослідницько-розрахункова частина

2.1 Аналіз методів та способів регулювання різностінності труб по довжині робочого конусу при прокатці на стані ХПТР

При виробництві холоднодеформованих особливотонкостінних труб необхідно часто змінювати інструмент на стані ХПТР, так як об'єми замовлень як правило невеликі.

Для процесу ХПТР вже створені комп'ютерні реалізації визначення параметрів процесу й відповідних калібровок на базі відомих математичних залежностей опису процесу. Систем САПР для проектування параметрів планок, роликів і оправок станів ХПТР до даних розробок по літературним матеріалам не існує. Необхідно створити САПР проектування планок, роликів і оправок станів ХПТР, для кожного конкретного маршруту прокатки (САПР ХПТР).

САПР працює так, що після розрахункового визначення розмірів планок ролика і оправки, автоматично змінюється у масштабі їх розміри на машинобудівному кресленні.

Це дозволяє миттєво виконувати розрахунки і креслення інструменту для кожного конкретного маршруту прокатки.

Використання САПР ХПТР для станів холодної прокатки труб значно прискорює проектування інструменту стану ХПТР для відповідних маршрутів та марок сталі. Також розроблена система дозволяє використовуючи програми «ХПТР - параметри», «ХПТР - куліса» проводити аналіз процесу прокатки та вибір раціональних.

Подібні розробки відкривають можливість широкого використання ЕОМ для розрахунку, проектування, аналізу і підбора раціональних параметрів процесу ХПТР для реальних маршрутів прокатки труб з конкретних марок сталей.

Стан поверхні труб і точність їх розмірів роблять істотний вплив на експлуатаційні властивості при підвищених навантаженнях, тисках і температурах, властивих оболонкам тепловиділяючих елементів атомних реакторів, теплообмінників і іншим установкам відповідального призначення. Зокрема, низька якість поверхні може стати причиною утворення осередкової корозії, яка надалі трансформується в локальні тріщини і приведе до передчасного руйнування труб.

У зв'язку з цим особливого значення набуває проблема достовірної оцінки стану труб. У Державному трубному інституті (ДТІ, Україна) розроблений алгоритм обробки вимірювальної інформації (рис. 2.1), заснований на обробці вимірювальної інформації, отримуваної при використанні приладів розмірного неруйнівного контролю, вимірювальних мікроскопів, кругломірів, забезпечених датчиком підвищеної роздільної здатності.

Використована методика дозволяє збирати і обробляти великі об'єми вимірювальної інформації, у тому числі сканувати поверхню зразків в сукупності поперечних перетинів з дискретністю вимірів до 3500 значень за зворот (рис. 2.2, 2.3) і обробляти до 500000 даних.

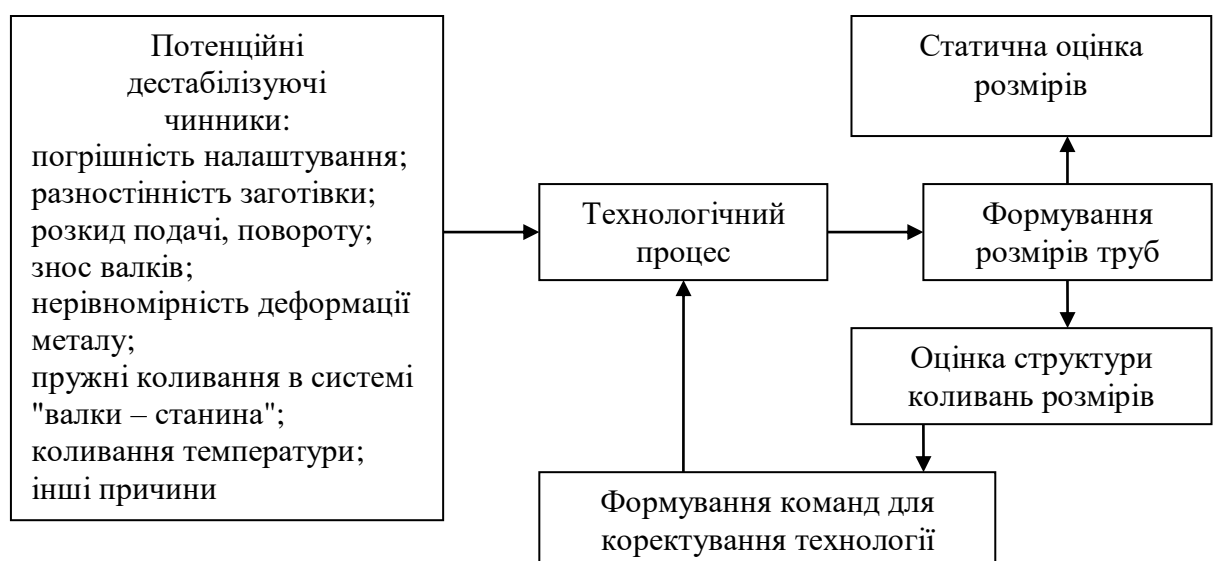


Рис. 2.1. Алгоритм вирішення завдань, що забезпечують підвищення точності розмірів труб.

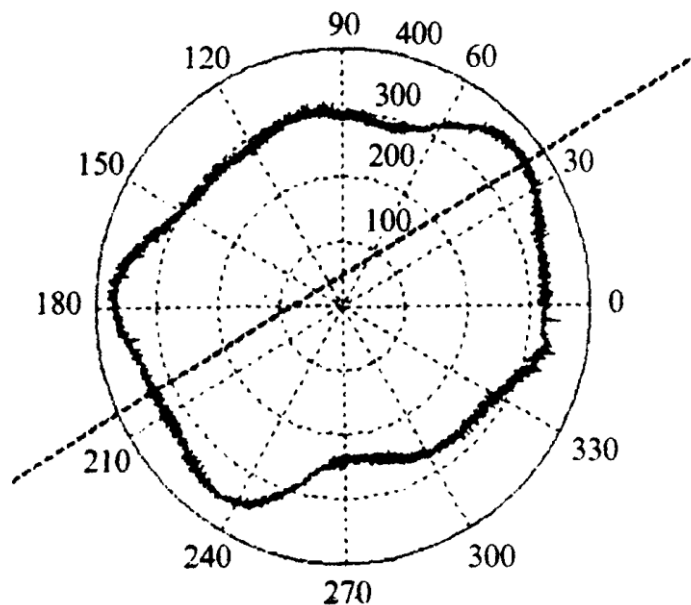


Рис. 2.2. Профіль поперечного перетину зовнішньої поверхні холоднокатаної труби розміром 42×5,0 мм із сталі ШХ15

У основу алгоритму покладено представлення технологічного процесу виготовлення труб у вигляді системи, на яку впливає комплекс обурюючих чинників, викликаних відхиленням технологічних режимів в часі. Результати вимірів служать в першу чергу для оцінки відповідності розмірів прокатаних труб заданим граничним відхиленням. Для цього проводять елементарну статистичну обробку, що передбачає виключення аномальних відхилень, знаходження оцінок зсуву середніх значень відносно номінальних, екстремумів і різниць, дисперсій, побудова гістограм та ін. На їх основі приймають рішення про відповідність відхилень заданим допускам і визначають коефіцієнт використання поля допуску.

Подальший етап служить для діагностики стану технологічного процесу. На цьому етапі встановлюють причини утворення розмірних погрешностей в часі, у тому числі визначають наявність лінійних,

криволінійних і циклічних трендів, амплітудні і частотні характеристики періодичних складових, а також знаходять оцінки випадкових компонентів.

На підставі отриманих результатів можна ранжувати вплив потенційних джерел розмірних погрішностей. Наприклад, оцінювати вплив зносу інструменту, температурній нестабільності в осередку деформації, погрішностей виготовлення валків, погрішностей налаштування станів на задані розміри та інших технологічних причин. Використання цифрових фільтрів і подальша оцінка амплітудно-частотних характеристик дозволяють визначити вплив конструкційних характеристик станів і використовуємих деформаційних режимів.

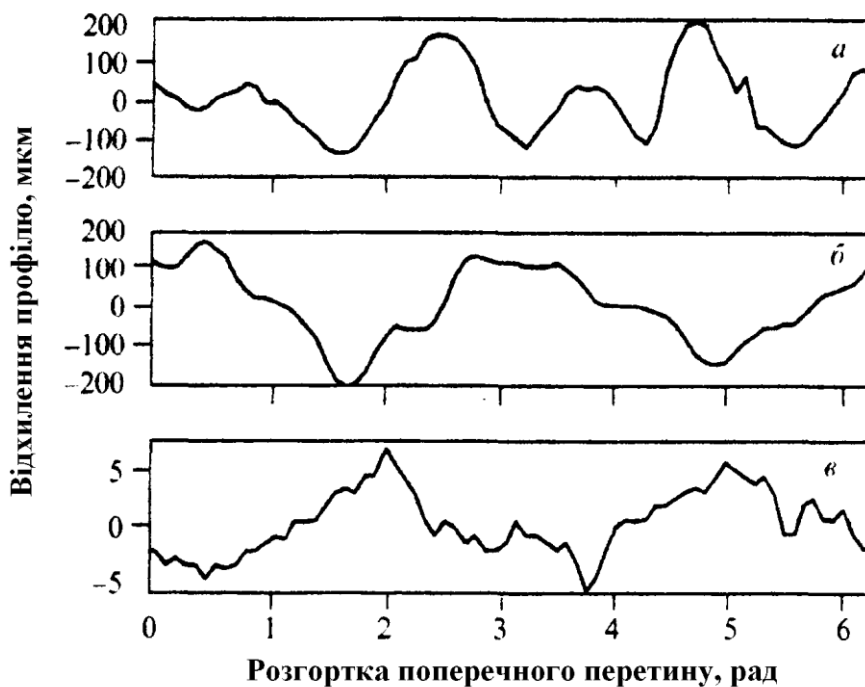


Рис. 2.3. Відхилення профілю поперечного перетину холоднокатаних підшипникових труб розмірами 48×6,0 мм (а): 42×4,8 мм (б) та 90×8,0 мм (в)

Проведений в промислових умовах статистичний аналіз розмірної точності холоднодеформованих труб широкого сортаменту з використанням розробленого алгоритму дозволив запропонувати ряд рішень поставленої

задачі. На підставі отриманих результатів (табл. 2.1 та 2.2) зроблені наступні висновки:

- при виготовленні труб за діючою технологією поле допуску використовується лише на 40 - 60 %;
- значна складова розмірної погрішності пов'язана із зсувом середніх значень відносно номінальних;
- початкове налаштування станів стаціонарне в досить тривалому для технології виготовлення холоднодеформованих труб інтервалі часу;
- підвищення вимог до точності заготовки не дає відчутного позитивного ефекту, стосовно вживаних технологій вони представляються надмірно завищеними;
- поставлене завдання поліпшення якості може бути вирішене на існуючому устаткуванні за умови підвищення точності вихідного налаштування станів і проведення своєчасної діагностики стану точності технологічного процесу.

Таблиця 2.1 – Результати статистичних досліджень точності особливо-тонкостінних труб.

Розмір труб, мм	Сталь	Зсув середнього значення, мм	Коефіцієнт поля допуску, %
12×0.6	ЭИ847	0,014	55
15×0,4	ЭИ847	-0,19	50
17×0,3	0X18H10T	0,021	40
19,4×0.4	ЭИ844	0,003	61
20,5×0.2	0X18H10T	-0,035	60
20,5×0.4	0X18H10T	-0,012	39
20×0.3	ЭИ844	-0,014	56
21,5×0,2	0X18H10T	0,006	59
22.2×0.3	ЭИ844	-0,020	25
24×0.2	ЭИ844	0,007	60
31.6×0.3	ЭИ844	0,003	34
36.4×0,3	ЭИ844	0,03	33
36.6×0,3	ЭИ844	0,024	58
42.5×0,3	0X18H10T	0,005	31
45×0,4	ЭП167	-0,065	60

46×0.4	ЭП166	-0,014	48
46×0.4	ЭП167	0,023	50
46×0.4	ЭП168	0,030	51
46×0.3	ЭИ844	0,036	44
54.5×0,4	0X18H10T	-0,005	39

Таблиця 2.2 – Статистичні характеристики відхилень товщини стінки безшовних труб.

Розмір труб, мм	Спосіб виготовлення	Товщина стінки			Дисперсія сумарна	Коефіцієнт варіації, %	
		мінімальна	максимальна	середня		сумарний	ексцентриситету
90×8	Пресування	5,8	8,4	7,0	0,74	12,3	11,9
68×11	Двохвалковий редуційний	9,7	10,7	10,1	0,06	2,5	1,3
76×4	ХПТ75	3,4	4,2	3,7	0,038	5,3	4,2
45×4,5	Тривалковий редуційний	3,8	3,9	3,8	0,0048	0,57	0,14
57×4,0	ХПТ55	3,6	4,6	4,1	0,1	8,1	8,0
32×1,0	ХПТ 32	0,98	1,05	1,01	0,00042	2,0	1,8
23×1,5	ХПТ32	1,43	1,47	1,45	0,00016	0,87	0,37
7×0,3	ХПТП4-15	0,3	0,312	0,306	0,001	0,9	0,4
17×1,7	ХПТР 15-30	1,66	1,74	1,7	0,00057	1,4	1,32
25×1,2	ХПТР 15-30	1,13	1,45	1,31	0,01007	7,6	6,5
7×0,3	ХПТР 15-30	0,32	0,36	0,34	0,00017	3,9	3,7

Таблиця 2.3 – Розмірні характеристики шарико-підшипникових труб розміром 22,8×2,8 мм

Допускаємі відхилення	Стандарти		Досягнуті показники
	ГОСТ 800-78	PL 1.001	
По діаметру зовнішньому/внутрішньому, мм	+0,4/Н.н.*	+0,3/Н.н.	+0,03/+0,07
По товщині стінки, %	+12	±5	±1,5
Овалізація поверхні зовнішньої/внутрішньої, мм	<0,5/Н.н.	<0,24/Н.н.	<0,017/<0,008
Висота/довжина хвилі, мм	<0,3/>300	<0,1/>100	<0,05/>50
Відхилення від циліндричності на довжині 100 мм, мм	Н.н.	Н.н.	<0,02
Овалізація обточеного кільця (оцінка залишкової напруги), мм	Н.н.	<0,08	<0,02

* Н.н. – Не нормується

В рамках проведених досліджень отримані результати, що мають практичне значення для організації виробництва труб, що задовольняють сучасним вимогам. Зокрема встановлено, що погрішності поперечних перетинів профілів містять ряд складових, які з врахуванням довжини

періоду запропоновано розглядати як макро- і мікровідхилення. Так, на профілі поперечного перетину зовнішньої поверхні холоднокатаної труби розміром 42×5 мм (рис. 2.2) можна виділити складову, пов'язану з утворенням овалу, відхилення, викликані впливом розвалки, а також з мікрорельєфом поверхні. Для зручності подальшого аналізу перші два види відхилень віднесено до макровідхилень. Сукупність приведених профілів дає підставу зробити вивід, що макровідхилення мають чітко виражену періодичність і в загальному випадку можуть бути апроксимовані кінцевим рядом Фур'є на основі наступної залежності:

$$y = A_0 + \sum_{m=1}^{n-1} (A_m \cos(2\pi m f_1 t) + B_m \sin(2\pi m f_1 t)) + A_0 \cos(2\pi m f_1 t),$$

де $y(t)$ – поточне значення відхилень, мкм; $f = 1/\Delta t$ – частота коливань.

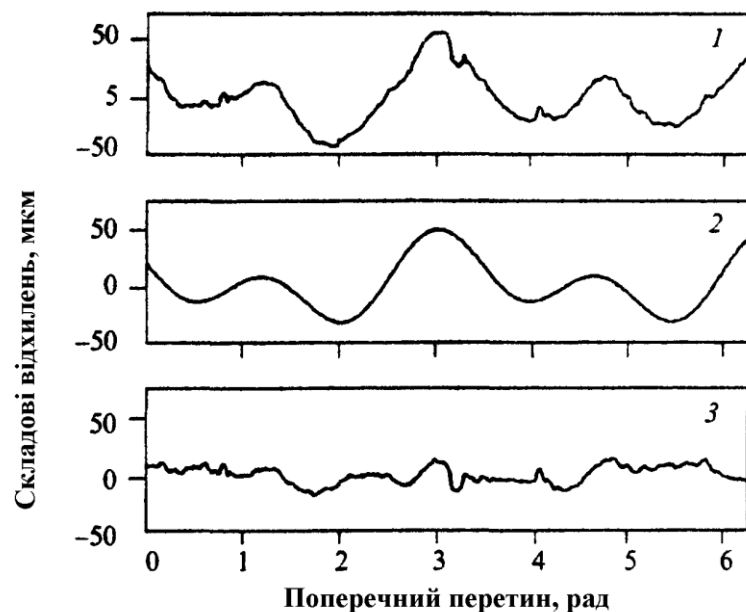


Рис. 2.4. Складові відхилення поперечного профілю зовнішньої поверхні труби 48×6 мм: 1 – відхилення профілю; 2 – апроксимація профілю рядом Фур'є; 3 – залишковий ряд.

Приклад такої апроксимації за допомогою ряду $y(t) = 4,105 + 21,65\cos(1,822t) - 9,171\sin(1,822t) - 2,045\cos(3,644t) - 25,44\sin(3,644t)$

показаний на рис. 2.4. При довірчій вірогідності 85 % знайдені значення коефіцієнтів ряду Фур'є: $a_0 = 4,105$ (3.383; 4,826); $a_1 = 21,65$ (20,65; 22,66); $b_1 = -9,171$ (-10,5; -7,844); $a_2 = -2,045$ (-3,913; -0,1771); $b_2 = -25,44$ (-26,45; -24,43).

Результати досліджень показали, що для труб, прокатаних на різних типах станів, у тому числі безперервних, пілігримових, гарячої і холодної прокатки, період p макровідхилень профілів перетинів зовнішньої і внутрішньої поверхонь в загальному випадку знаходиться в інтервалі $0,5 \leq p \leq 0,1$ довжини периметра труби. Це співвідношення може використовуватися при аналізі структури складових відхилень, в першу чергу при проектуванні цифрових фільтрів.

Встановлено, що макровідхилення профілів поверхні роблять істотний вплив на точність товщини стінки (рис. 2.5).

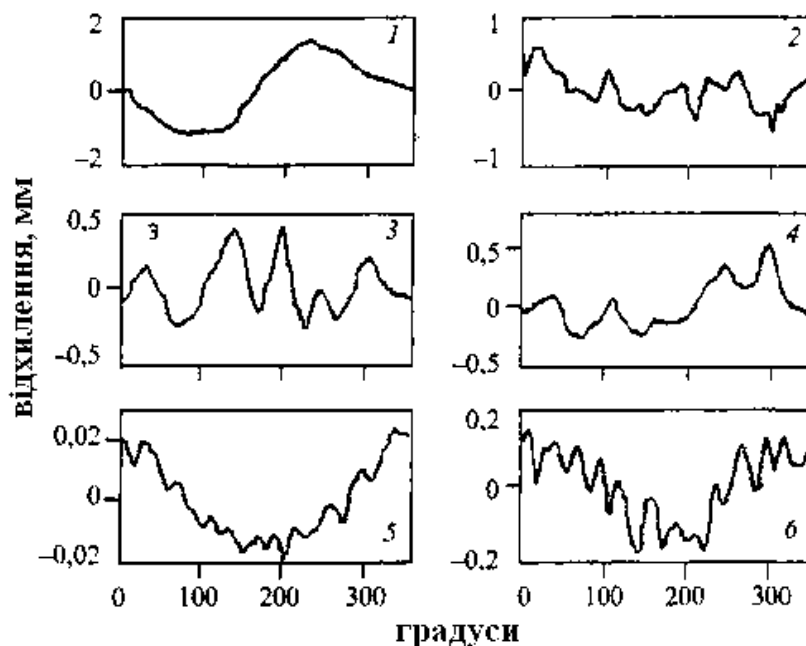


Рис. 2.5. Відхилення товщини стінки в поперечних перетинах безшовних сталевих труб: 1 – 90×8,0 мм, пресування; 2 – 68×11 мм, двохвалковий редуційний стан; 3 – 45×4,5 мм, тривалковий редуційний стан; 4 – 76×4,0 мм, стан ХПТ-75; 5 та 6 – 7,0×0,3 мм і 25×1,2 мм, стан ХПТР 15-30 (відповідно середній і зменшений розвал роликів).

Розроблений алгоритм використовували для аналізу можливостей підвищення точності підшипникових труб. Відзначимо найбільш важливі для виробника труб результати:

- розмірні відхилення холоднокатаних труб частенько перевищують відхилення гарячекатаної заготовки;

- має місце значний зсув середніх значень товщини стінки і діаметрів труб відносно номінальних значень, що наводить до істотних втрат металу і при виготовленні труб, і при подальшому виробництві колії шарикопідшипників;

- холоднокатані труби характеризуються підвищеними відхиленнями профілів поперечних перетинів (рис. 2.1, б);

- відхилення профілю поперечного перетину внутрішньої поверхні по амплітуді перевищують аналогічну характеристику зовнішньої поверхні і вносять істотну погрішність до точності товщини стінки.

Проведені дослідження дозволили встановити основні джерела розмірних погрішностей підшипникових труб і внести відповідні корективи до технології їх виготовлення. Оцінка якості дослідних партій, виготовлених за вдосконаленою технологією, показала істотне підвищення точності розмірів і можливість організації виробництва прецизійних підшипникових труб, що повністю задовольняють сучасним вимогам. Такий вивід підтверджується даними, приведеними на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Відхилення профілю поперечного перетину поверхні підшипникової труби розміром 81×8,1 мм

Отримані результати дозволяють розглядати технологічну схему, засновану на вживанні волочіння на короткому облямовуванні, як систему, що генерує в поперечному перетині труб мінімальний рівень власних коливань. Перспективність такої технології підтверджується даними, приведеними в табл. 2.3.

Про ефективність розмірної діагностики свідчить підвищення точності більш ніж в двадцять разів.

Результати проведених досліджень дають підставу зробити вивід, що аналіз розмірної структури профілів поперечних перетинів труб можна розглядати як ефективний діагностичний засіб технологічного процесу. З його допомогою можливе виготовлення труб з показниками точності, близькими до нормативів прецизійного машинобудування.

2.2 Обґрунтування пропонованих технічних рішень

Для вдосконалення процесу періодичної роликової холодної прокатки для отримання більш якісних особливотонкостінних труб, зокрема для зниження поперечної різностінності труб, я пропоную спосіб, який містить у собі додання

додаткового попереднього калібрування між зоною редукування та зоною обтиснення стінки труби. Саме це і підвищить якість труб, виготовлених холодною прокаткою, у тому числі і на станах ХПТР.

У даному способі холодної пільгерної прокатки труб, що містить послідовне редукування діаметру, попереднє калібрування внутрішнього діаметру і стінки, обтиснення і потім остаточне калібрування, відрізняється тим, що попереднє калібрування і обтиснення здійснюють при співвідношенні довжин ділянок попереднього калібрування $L_{нк}$ і обтиснення L_o визначається за формулою:

$$L_{нк} / (L_{нк} + L_o) = \sqrt{2t_3 / D_3 (1 - d_T / d_3)}$$

де t_3 і D_3 - товщина стінки і зовнішній діаметр трубної заготовки відповідно, мм; d_T і d_3 - внутрішній діаметр прокатаної труби і трубної заготовки, відповідно, мм.

Винахід відноситься до області обробки металів тиском і може бути використаний при холодній прокатці труб.

Технічним завданням способу, що заявляється, є поліпшення процесу прокатки труб, в якому із застосуванням пропонованого способу забезпечується підвищення точності, приблизно на 10%, і поліпшення внутрішньої поверхні труб.

Поставлене технічне завдання вирішується тим, що у відомому способі холодної пільгерної прокатки труб, що містить послідовне редукування, попереднє калібрування внутрішнього діаметру і стінки, обтиснення і потім остаточне калібрування, згідно винаходу попереднє калібрування і обтискання здійснюють при співвідношенні довжин ділянок попереднього калібрування і обтискання за формулою.

Сутність запропонованого способу полягає у визначенні оптимального, з точки зору досягнення необхідного технічного результату, співвідношення між довжинами ділянок попереднього калібрування і обтискання залежно від міри товстостінності трубної заготовки і міри деформації труби по внутрішньому діаметру, як найбільш істотних чинників, що впливають на технічний результат.

Проведені авторами експерименти показали, що при співвідношенні довжин ділянок, розрахованих по наведеній вище формулі, фактичний розподіл деформацій діаметру і стінки на ділянці практично збігається з розрахунковим, чим забезпечується висока точність труб. В той же час, калібрування труби на довжині ділянки, відповідній розрахунковій, забезпечує найкращу якість внутрішньої поверхні труби завдяки виправленню брака внутрішнього поперечного профілю, який мав місце на заготовці, та які утворилися в процесі редукування унаслідок овалізації труби у випусках струмка і унаслідок неконтрольованої зміни стінки по периметру внутрішнього поперечного профілю.

Граничні прийнятні відхилення від розрахункового співвідношення мають бути в межах $\pm 10\%$, що обумовлене наступними чинниками. Значне збільшення довжини ділянки $L_{\text{тк}}$ понад розрахункового означає пропорційне зменшення довжини ділянки (оскільки сумарна довжина залишається незмінною), що обумовлює зростання приватних обтиснень на ділянці, понад розрахункових, необхідність збільшення на обтисковій ділянці розвалу струмка і, кінець кінцем, веде до зниження точності труб. При значному скороченні довжини ділянки в порівнянні з розрахунковим знижується коефіцієнт поліровки, унаслідок чого у меншій мірі виправляються згадані вище браки внутрішнього профілю і, відповідно, погіршується внутрішня поверхня і точність труб.

Запропонований спосіб не передбачає зміни довжин ділянок редукування і остаточного калібрування, а також ділянки зеву подачі і повороту залежно від величини заявленого співвідношення. Довжини L_p , L_k і L_z визначають згідно загальноприйнятим вимогам. Тому сумарна довжина ділянок відома заздалегідь.

Запропонований спосіб може бути здійснений, наприклад, на відомому стані холодного прокатування труб роликками, тобто на стані ХПТР.

На рис. 2.7 представлена схема прокатки, що ілюструє спосіб.

Заготовку 1 задають порційно з величиною подачі та з поворотом у осередок деформації, що утворюється роликками 2, цапфи яких переміщуються по опорних планках 3, подовжній профіль робочих поверхонь, які містять розташовані у

напрямі прокатної ділянки зеву подачі і повороту (L_3), редукування (L_p), попереднього калібрування ($L_{пк}$), обтискання (L_o) і остаточного калібрування (L_k), і оправкою 4, що має (с станах холодної прокатки труб роликками) циліндричну форму подовжнього профілю.

Запропонований спосіб може бути здійснений, також, із застосуванням відмінних від приведених на рисунку профілів деформуючого інструменту (наприклад, із застосуванням оправки з прямим і зворотним конусом, ступінчастих, з криволінійною подовжньою створюючою і відповідних до них профілів опорних планок), а також на існуючих станах холодної прокатки валкового типу, тобто на станах ХПТ. При цьому істотні ознаки способу (а саме, наявність ділянки $L_{пк}$, його місце розташування між ділянками L_p і L_o , співвідношенням ділянок $L_{пк}$ і L_o визначається по приведеній вище формулі), є необхідними для його здійснення з вищезгаданим технічним результатом.

Спосіб, що заявляється, випробуваний при плющенні труб, зокрема, із сталі ЕП836 по маршруту 27,5'92® 25,5'8,95мм на стані ХПТР 15-30 з величиною подачі $m = 2,5$ мм і числом подвійних ходів кліті в хвилину 60. Загальна довжина опорної планки складала 210 мм, довжини ділянок L_k і L_{p-3} 60 і 30мм відповідно.

Довжину ділянки $L_{пк}$ приймали рівною 120 мм. При цьому за розрахунком:

$$L_{пк} = 0,332 (L_o + L_{пк}) = 39,84 \text{ мм.}$$

Фактично приймали $L_{пк}$ рівним 40 мм, а також 35 і 45 мм при L_o рівному 80, 85 і 75 мм відповідно. У трубах прокатаних при співвідношенні рівному 40/80, (тобто відповідно до розрахунку по запропонованій формулі) поле відхилень внутрішнього діаметру знаходилося в межах 35 мкм, а шорсткість внутрішньої поверхні – в межах $R_a = 0,85$ мкм. При співвідношенні $L_{пк}/L_o$, рівному 35/85 і 45/75 поле відхилень складало від 50 до 65 мкм, шорсткість R_a від 1,2 до 1,6 мкм.

Приведені дані вказують на оптимальність розрахункового співвідношення $L_{пк}/L_o$ і на доцільність істотних відхилень від нього.

Наведений вище спосіб дає можливість отримання більш точних труб холодною прокаткою, у тому числі й на станах періодичної роликової холодної прокатки.

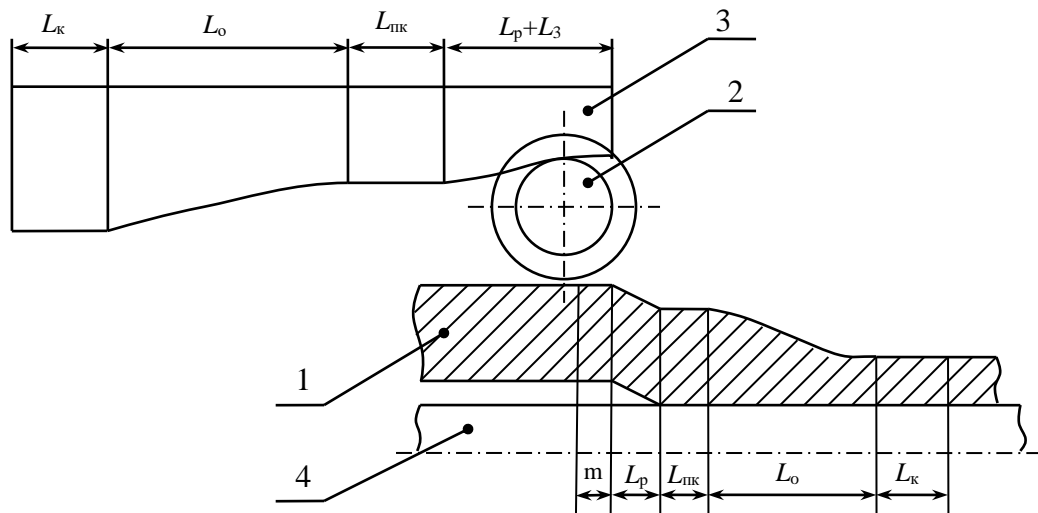


Рис. 2.7. Схема прокатки труби по новій технології.

2.3 Розрахунок маршруту виробництва труб

Заготовка для труб зі сталі 12Х18Н10Т за ДЕСТ 14162-79, готовий розмір 28×0,7 мм, надходить у цех на розмірі 89×9,0 мм. Після обточування й розточення розмір заготовки дорівнює 87×7,5 мм. Готова труба повинна бути на станах ХПТ на розмірі 32×2,1 мм.

Визначаємо число проходів на станах ХПТ:

$$n = \frac{\lg F_3 - \lg F_T}{\lg \mu_{\text{ср}}}$$

де $\mu_{\text{ср}}$ – середній коефіцієнт витяжки, приймаємо $\mu_{\text{ср}} = 2,4$

F_3 – площа поперечного переріза заготовки, мм²

F_T – площа поперечного переріза труби, мм²

$$F_3 = 3,14 \cdot S_3 \cdot (D_3 - S_3) = 3,14 \cdot 7,5 \cdot (87 - 7,5) = 1873,175 \text{ мм}^2$$

$$F_T = 3,14 \cdot S_T \cdot (D_T - S_T) = 3,14 \cdot 2,1 \cdot (32 - 2,1) = 1873,175 \text{ мм}^2$$

$$n = \frac{\lg 1873,175 - \lg 197,26}{\lg 2,4} = 2,57$$

Приймаємо число проходів $n = 3$.

Визначаємо загальну витяжку за 3 проходи:

$$\mu_{\text{обш}} = \frac{F_3}{F_T} = \frac{1873,175}{197,26} = 9,5$$

Уточнюємо середній коефіцієнт витяжки

$$\mu_{\text{ср}} = \sqrt[3]{\frac{F_3}{F_T}} = \sqrt[3]{\frac{1873,175}{197,26}} = 2,12$$

Підраховуємо площі поперечного перетину труби після кожного стану:

$$F_1 = \frac{F_3}{\mu_{\text{ср}}} = \frac{1873,175}{2,12} = 883,57 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{F_1}{\mu_{\text{ср}}} = \frac{883,57}{2,12} = 416,78 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 197,26 \text{ мм}^2$$

Вибираємо зовнішні діаметри труб, на які будуть прокатані заготовки:

Стан ХПТ-90 87 – 70

Стан ХПТ-55 70 – 48

Стан ХПТ-32 48 – 32

Перевіряємо, чи припустиме прийняте зменшення діаметра заготовки (у мм) по технічній характеристиці станів.

Стан ХПТ-90 $\epsilon = 87 - 70 = 17 \text{ мм}$

Стан ХПТ-55 $\epsilon = 70 - 48 = 22 \text{ мм}$

Стан ХПТ-32 $\epsilon = 48 - 32 = 16 \text{ мм}$

Прийняті величини ϵ показують, що отримане зменшення відповідає технічній характеристиці станів.

Розраховуємо отриману товщину стінки труби після прокатки. Для цього визначаємо внутрішній діаметр труби d_T і потім товщину стінки S_T .

$$d_{\partial} = \sqrt{D_{\partial}^2 - 1,274 \cdot F} ; S_T = \frac{D_T - d_T}{2} .$$

Після прокатки на стані ХПТ-90:

$$d_{\partial} = \sqrt{70^2 - 1,274 \cdot 883,57} = 61,4 \text{ мм}$$

$$S_T = \frac{70 - 61,4}{2} = 4,3 \text{ мм}$$

Після прокатки на стані ХПТ-55:

$$d_{\partial} = \sqrt{48^2 - 1,274 \cdot 416,78} = 42,1 \text{ мм}$$

$$S_T = \frac{48 - 42,1}{2} = 2,95 \text{ мм}$$

Остаточно уточнюємо площі поперечного перетину труби і коефіцієнт витяжки після кожної прокатки:

$$F = \pi \cdot S_T \cdot (D_T - S_T) ; \mu = \frac{F_3}{F_T} .$$

$$F_1 = 3,14 \cdot 4,3 \cdot (70 - 4,3) = 887,53 \text{ мм}^2$$

$$\mu_1 = \frac{1873,175}{887,53} = 2,11$$

$$F_2 = 3,14 \cdot 2,95 \cdot (48 - 2,95) = 417,51 \text{ мм}^2$$

$$\mu_2 = \frac{887,53}{417,51} = 2,126$$

$$\mu_3 = \frac{417,51}{197,26} = 2,116$$

На станах ХПТ при прокатці труб з нержавіючих марок сталі, приймається витяжка 2...4. Із цього видно, що величина витяжки, одержувана при розбивці маршруту прокатки відповідає вимогам.

(а) Визначаємо довжину труби.

Приймаємо довжину заготовки:

$$L = 5 \text{ м.}$$

Задаємося втратами після першого проходу:

Травлення труб – 1,5%

Брак при прокатці – 1%

Обрізання кінців труб – 1%

$$\Delta_1 = 3,5\%$$

Визначаємо масу заготовки:

$$P_3 = 0,0246 \cdot S_3 (D_3 - S_3) \cdot L = 0,0246 \cdot 7,5(87 - 7,5) \cdot 5 = 73,34 \text{ кг}$$

Визначаємо масу втрат:

$$P_{\text{П1}} = P_3 \cdot \Delta_1 / 100 = 73,34 \cdot 3,5 / 100 = 2,57 \text{ кг}$$

Маса труби з відрахуванням втрат:

$$P_1 = P_3 - P_{\text{П1}} = 73,34 - 2,57 = 70,77 \text{ кг}$$

Визначаємо щільність труби після прокату:

$$g_1 = 0,0246 \cdot S_1 (D_1 - S_1) = 0,0246 \cdot 4,3(70 - 4,3) = 6,95 \text{ кг/м}$$

Довжина труби після першого проходу:

$$L_1 = P_1 / g_1 = 70,77 / 6,95 = 10,18 \text{ м}$$

Ріжемо трубу на три частини:

$$L_1 = L_{1/3} = 10,18 / 3 = 3,39 \text{ м}$$

Задаємося втратами після другого проходу.

Термообробка – 0,75%

Травлення труб – 1,5%

Брак при прокатці – 1%

Обрізання кінців труб – 1%

$$\Delta_2 = 4,25\%$$

Визначаємо масу заготовки:

$$P_1 = g_1 \cdot L_1 = 6,95 \cdot 3,39 = 23,56 \text{ кг}$$

Визначаємо масу втрат:

$$P_{\text{П2}} = P_1 \cdot \Delta_2 / 100 = 23,56 \cdot 4,25 / 100 = 1 \text{ кг}$$

Маса труби з відрахуванням втрат:

$$P_2 = P_1 - P_{\text{П2}} = 23,56 - 1 = 22,56 \text{ кг}$$

Визначаємо щільність труби після прокату:

$$g_1 = 0,0246 \cdot S_2 (D_2 - S_2) = 0,0246 \cdot 2,95 (48 - 2,95) = 3,27 \text{ кг/м}$$

Довжина труби після другого проходу:

$$L_2 = P_2 / g_2 = 22,56 / 3,27 = 6,9 \text{ м}$$

Ріжемо трубу на дві частини:

$$L_2 = L_2 / 2 = 6,9 / 2 = 3,45 \text{ м}$$

Задаємося втратами після третього проходу.

Термообробка – 0,75%

Травлення труб – 1,5%

Брак при прокатці – 1%

Обрізання кінців труб – 1%

$$\Delta_3 = 4,25\%$$

Визначаємо масу заготовки:

$$P_2 = g_2 \cdot L_2 = 3,45 \cdot 3,27 = 11,28 \text{ кг}$$

Визначаємо масу втрат:

$$P_{\text{ПЗ}} = P_2 \cdot \Delta_3 / 100 = 11,28 \cdot 4,25 / 100 = 0,479 \text{ кг}$$

Маса труби з відрахуванням втрат:

$$P_3 = P_2 - P_{\text{ПЗ}} = 11,28 - 0,479 = 10,8 \text{ кг}$$

Визначаємо щільність труби після прокату:

$$g_3 = 0,0246 \cdot S_3 (D_3 - S_3) = 0,0246 \cdot 2,1 (32 - 2,1) = 1,54 \text{ кг/м}$$

Довжина труби після третього проходу:

$$L_3 = P_3 / g_3 = 10,8 / 1,54 = 7 \text{ м}$$

Ріжемо трубу на дві частини:

$$L_3 = L_3 / 2 = 7 / 2 = 3,5 \text{ м}$$

Отримана на станах ХПТ готова труба на розмірі 32×2,1 мм є заготовкою для подальшої обробки на станах ХПТР.

Подальше виготовлення труб буде вироблятися в наступному порядку:

Прокатка на станах:

ХПТР 15...30...30 32×2,1 – 30×1,4

ХПТР 15...30...30 30×1,4 – 28×0,7

$$F = \pi \cdot S_T \cdot (D_T - S_T)$$

$$F_3 = 3,14 \cdot 2,1 \cdot (32 - 2,1) = 197,26 \text{ ù}^2$$

$$F_1 = 3,14 \cdot 1,4 \cdot (30 - 1,4) = 125,79 \text{ ù}^2$$

$$F_2 = 3,14 \cdot 0,7 \cdot (28 - 0,7) = 30 \text{ ù}^2$$

Відносне обтиснення відповідає нормі. Коефіцієнт витяжки за один прохід на станах ХПТР 15-30 дорівнює 1,7...3. Визначаємо коефіцієнт витяжки за один прохід:

$$\mu = \frac{F_3}{F_T};$$

$$\mu_1 = \frac{197,26}{125,79} = 1,57;$$

$$\mu_2 = \frac{125,79}{60} = 2,1.$$

Значення відповідають припустимим даним.

Потім труби надходять на обробку.

2.4 Розрахунок калібрування технологічного інструменту стану ХПТР

Вихідні дані:

1. Розмір заготовки $D_3 \times S_3 = 30 \times 1,4$ мм
2. Розмір готової труби $D_T \times S_T = 28 \times 0,7$ мм
3. Типорозмір стану ХПТР 15-30
4. Хід кліті $L_{кл} = 450$ мм
5. Хід кліті за час подачі й повороту, $L_{кл.п.п.} = 45$ мм
6. Відношення діаметру, що катає, до діаметра цапф ($D_K/D_{Ц}$) $\max = 1,75$ мм
7. Лінійний зсув $\mu_m = 8,4$ мм
8. Кількість роликів $N = 3$ шт.
9. Ідеальний діаметр ролика $D_0 = 82$ мм
10. Кут повороту труби $\beta = 27^\circ$

2.4.1 Розрахунок калібрування оправки

Оправка стану ХПТР представлена на рис. 1.2.

Визначаємо діаметр оправки:

$$D_{\text{опр}} = D_T - 2 \cdot S_T = 28 - 2 \cdot 0,7 = 26,6 \text{ мм}$$

де D_T і S_T – зовнішній діаметр і товщина стінки готової труби, мм
Інші розміри оправки беруться із цехової нормалі.

2.4.2 Розрахунок калібрування ролика

Ролик стану ХПТР представлений на рис. 1.1.

Визначаємо діаметр ролика по дну струмка:

$$D_d = D_0 - D_T = 82 - 28 = 54 \text{ мм}$$

де D_0 – ідеальний діаметр ролика, мм;

D_T – зовнішній діаметр готової труби, мм

Визначаємо діаметр реборд:

$$D_p = (D_0 - \delta) \cdot \sin \alpha - \delta = (82 - 0,6) \cdot 0,866 - 0,6 = 69,89 \text{ мм}$$

де δ – зазор між ребордами роликів, $\delta=0,4 \dots 1,0$ мм;

$$\alpha = 360^\circ / 2 \cdot N = 360^\circ / 2 \cdot 3 = 60^\circ$$

де N – кількість роликів утворюючих калібр.

Визначаємо діаметр ролика по бочці:

$$D_b = D_0 - D_T \cos \alpha = 82 - 28 \cdot 0,5 = 68 \text{ мм}$$

Визначаємо кут випуску.

При прокатці матеріалу із задовільною пластичністю:

$$\varphi = (180^\circ / N) - \theta = (180^\circ / 3) - 30^\circ = 30^\circ$$

при $N = 3$ шт. $\theta = 30^\circ$;

при $N = 4$ шт. $\theta = 20^\circ$.

Визначаємо овальність струмка:

$$K = 1 + \frac{D_3 + D_T}{D_T} \left(1 - \cos \frac{180^\circ}{N} \right) = 1 + \frac{30 + 28}{28} (1 - 0,5) = 2,036$$

Визначаємо радіус випусків:

$$\rho = \frac{D_T}{4} \left(1 + \frac{K - \cos \varphi}{-\cos \varphi + \frac{1}{K}} \right) = \frac{28}{4} \left(1 + \frac{2,036 - 0,866}{-0,866 + \frac{1}{2,036}} \right) = 14,85 \text{ мм}$$

2.4.3 Розрахунок калібрування опорних планок

Визначаємо довжину робочої частини опорної планки:

$$l_{\text{раб}} = \frac{L_{\text{кл}}}{1 + \left(\frac{D_K}{D_{\text{Ц}}} \right)_{\text{max}}} = \frac{450}{1 + 1,75} = 163,63 \text{ мм}$$

де $L_{\text{кл}}$ – хід кліті, мм;

$(D_K / D_{\text{Ц}})_{\text{max}}$ – відношення діаметру, що катає, до діаметра цапф, мм

Визначаємо довжину частини повороту й подачі опорної планки:

$$l_{\text{ПП}} = \frac{L_{\text{кл.п.п.}}}{1 + \left(\frac{D_K}{D_{\text{Ц}}} \right)_{\text{max}}} = \frac{45}{1 + 1,75} = 16,36 \text{ мм}$$

де $L_{\text{кл.п.п.}}$ – хід кліті за час подачі й повороту, мм

Зниження профілю планки на межі між ділянками подачі й редукування:

$$Y_{\text{П}} = 0,65 \cdot (D_3 - D_T) = 0,65 \cdot (30 - 28) = 3,08 \text{ мм}$$

Зниження профілю планки на межі редукування й обтиснення стінки:

$$Y_{\text{Р}} = 1,2 \cdot (S_3 - S_T) = 1,2 \cdot (1,4 - 0,7) = 0,84 \text{ мм}$$

Визначаємо довжину зони редукування:

$$l_{\text{РЕД}} = \frac{Y_{\text{П}} - Y_{\text{Р}}}{\eta} = \frac{3,08 - 0,84}{0,05} = 44,8 \text{ мм}$$

де η - коефіцієнт зсуву зони редукування, $\eta < 0,05$

Визначаємо довжину передопоряджувальної ділянки опорної планки:

$$l_{\text{вд}} = \frac{(1...2) \cdot m \cdot \mu}{\left(\frac{\ddot{A}_{\dot{E}}}{\ddot{A}_{\dot{O}}} \right)_{\text{max}}} = \frac{1,5 \cdot 8,4}{45} = 0,28 \text{ м}$$

Визначаємо величину калібруючої ділянки:

$$l_{\text{кал}} = \gamma \cdot l_{\text{пр}} = 5,56 \cdot 0,28 = 1,56 \text{ мм}$$

де γ - коефіцієнт полірування, $\gamma = (2...3) \cdot 2\varphi/\beta$;

тут φ - кут випуску, $\varphi = 30^\circ$; β – кут повороту труби.

Зниження профілю планки наприкінці калібруючої ділянки:

$$\text{КК} = 0,005...0,008$$

Визначаємо довжину ділянки обтиснення стінки:

$$l_{\text{обж}} = l_{\text{раб}} - (l_{\text{ПП}} + l_{\text{ред}} + l_{\text{пр}} + l_{\text{кал}})$$

$$l_{\text{обж}} = 163,63 - (16,36 + 44,8 + 0,28 + 1,56) = 100,63 \text{ мм}$$

Довжину обтискної ділянки розбиваємо на сім однакових частин:

$$a = l_{\text{обж}} / 7 = 100,63 / 7 = 14,37 \text{ мм}$$

Визначаємо сумарну витяжку по стінці:

$$\mu_{\Sigma} = \frac{S_3}{S_T} = \frac{1,4}{0,7} = 2$$

Визначаємо коефіцієнти витяжки в контрольних перетинах:

$\mu_{\Sigma} = 1,05; 1,09; 1,11; 1,12; 1,13; 1,14; 1,14$.

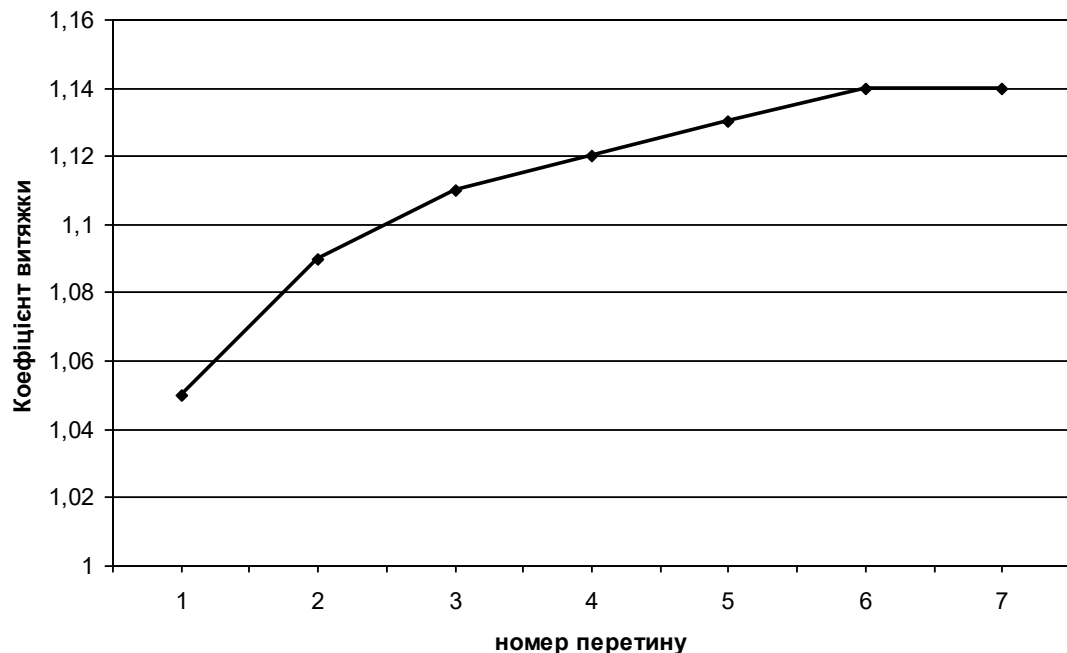


Рис. 2.8. Коефіцієнти витяжки в контрольних перетинах.

Визначаємо зниження профілю в контрольних перетинах ділянки обтиснення стінки і будуємо графік.

$$\dot{O}_{\bar{o}} = \frac{1,3 \cdot S_3}{\mu_{\bar{o}}} - S_{\bar{o}, \bar{i}}$$

$$Y_x = 1,03; 0,97; 0,93; 0,91; 0,89; 0,88; 0,88.$$

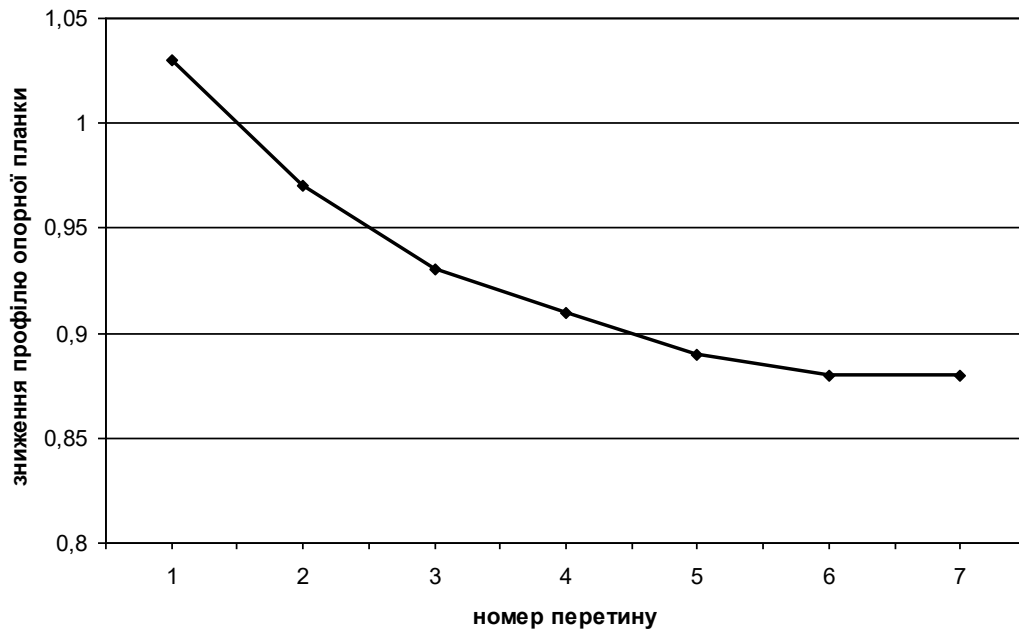


Рис. 2.9. Зниження профілю опорної планки в контрольних перетинах.

2.5 Розрахунок зусилля і моменту прокатки

Силіві зусилля процесу холодної прокатки труб є одним з найважливіших факторів, що визначають продуктивність станів, витрата дорогого інструменту і міцність основних вузлів стану.

Повне зусилля при роликовій прокатці:

$$P = k \cdot \sigma_B \cdot (D_3 + D_T) \cdot \sqrt{\mu_{\Sigma} \cdot m \cdot (S_3 - S_T) \cdot \frac{R_K}{l_{обж}}},$$

де k – коефіцієнт, що враховує особливості пластичної деформації металу при роликовій прокатці труб (вплив поза контактних зон нерівномірності деформації, умов зовнішнього тертя та ін.), $k = 1,6 \dots 2,2$; σ_B – тимчасовий опір

металу труб, для сталі даного прокату $\sigma_B = 950$ МПа; D_3 – діаметр заготовки, $D_3 = 30$ мм; D_T – діаметр труби, $D_T = 28$ мм,

$$\mu_\Sigma - \text{сумарний коефіцієнт витяжки, } \mu_\Sigma = \frac{F_3}{F_0} = \frac{125,79}{60} = 2,1$$

де m – подача, $m = 4$ мм;

S_3 – стінка заготовки, $S_3 = 1,4$ мм;

S_T – стінка труби, $S_T = 0,7$ мм;

R_K – радіус ролика, $R_K = 22,32$ мм,

$L_{\text{обж}}$ – довжина обтискної ділянки, $L_{\text{обж}} = 105$ мм

$$P = 2 \cdot 950 \cdot 10^6 \cdot (0,03 + 0,028) \cdot \sqrt{2,1 \cdot 0,004 \cdot (0,0014 - 0,0007)} \cdot \frac{0,02232}{0,105} = 123200 \text{ Н}$$

Осьове зусилля:

$$Q = n \cdot P,$$

де n – коефіцієнт, що залежить від швидкісних умов процесу й дорівнює 0,08...0,1

$$Q = 0,09 \cdot 123200 = 11088 \text{ Н,}$$

Момент прокатки:

$$M_{np} = 2,32 \cdot \sqrt{R_K \cdot (S_3 - S_T)} \cdot P,$$

$$M_{np} = 2,32 \cdot \sqrt{0,022 \cdot (0,0014 - 0,0007)} \cdot 123200 = 1122 \text{ Н/м}$$

2.6 Розрахунок продуктивності стану

Продуктивність станів ХПТР визначається метрами труб, що прокатуються в одиницю часу. Тому, що спосіб прокатки полягає в прокатці окремих ділянок заготовки за один подвійний хід кліті, то природно, що продуктивність стана залежить від подачі й числа подвійних ходів кліті в одиницю часу. Крім цього, на продуктивність стану впливає коефіцієнт

витяжки, відрізок заготовки при подачі подовжується відповідно до коефіцієнта витяжки.

Годинна продуктивність стану в метрах визначається по формулі:

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \cdot m \cdot \mu \cdot n \cdot \eta}{1000}, \text{ м/год}$$

де m – подача заготовки за один хід, мм. Приймаємо $m = 4$ мм.

n – число подвійних ходів кліті у хвилину. Приймаємо $n = 80$ подв.х./хв.

$$\mu - \text{коефіцієнт витяжки, } \mu_{\text{обц}} = \frac{F_3}{F_T} = \frac{125,79}{60} = 2,1$$

η - коефіцієнт, що враховує час на перезарядження стану й інші втрати часу, становить 0,8...0,9.

Приймаємо $\eta = 0,85$.

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \cdot 4 \cdot 2,1 \cdot 80 \cdot 0,85}{1000} = 34,3 \text{ м/год}$$

Визначаємо річний фонд робочого часу.

$$\Phi = (365 - Z_1 - Z_2 - Z_3) \cdot E \cdot (1 - 1/\psi),$$

де Z_1 – кількість святкових днів, $Z_1 = 11$ днів,

Z_2 – кількість ППР, $Z_2 = 8$ днів.

Z_3 – кількість кап. ремонтів, $Z_3 = 5$ днів,

E - кількість годин роботи стану в добу, $E = 24$ години,

ψ - поточні простої, $\psi = 12,2\%$.

$$\Phi = (365 - 11 - 8 - 5) \cdot 24 \cdot (1 - 1/12,2) = 7513,18 \text{ годин,}$$

$$P_{\text{год}} = P_{\text{час}} \cdot \Phi = 34,3 \cdot 7513,18 = 257 \text{ тис. м / рік.}$$

3 Механічна частина

3.1 Інструмент стану ХПТР

Деформація труби-заготовки в роликовому стані здійснюється за допомогою роликів, що розкочують трубу на оправці. Ролики мають постійний профіль струмка. Зміна обтискання труби в процесі прокатки відбувається в результаті зменшення калібру за рахунок зближення роликів.

У безпосередній контакт з прокатуваним металом входять ролики і оправка. Проте всі зусилля прокатки передаються і на опорні планки через цапфи роликів. Тому і ролики, і оправки, і опорні планки повинні витримувати зусилля прокатки, мати відповідну твердість і високу міру точності розмірів.

Інструментом стану холодної прокатки труб роликами є ролик, оправка й калібрована планка. Вони виготовляються зі сталі 60С2ХФА або інших подібних сталей. Твердість поверхні після термічної обробки повинна бути в межах 50-56 НВ. У станах ХПТР застосовується циліндрична оправка (рис. 3.2), але іноді її роблять із малою конусністю. Діаметр оправки беруть рівним внутрішньому діаметру готової труби (або дещо меншим за нього). Параметри оправки стану ХПТР 15-30 зазначено в таблиці 3.1.

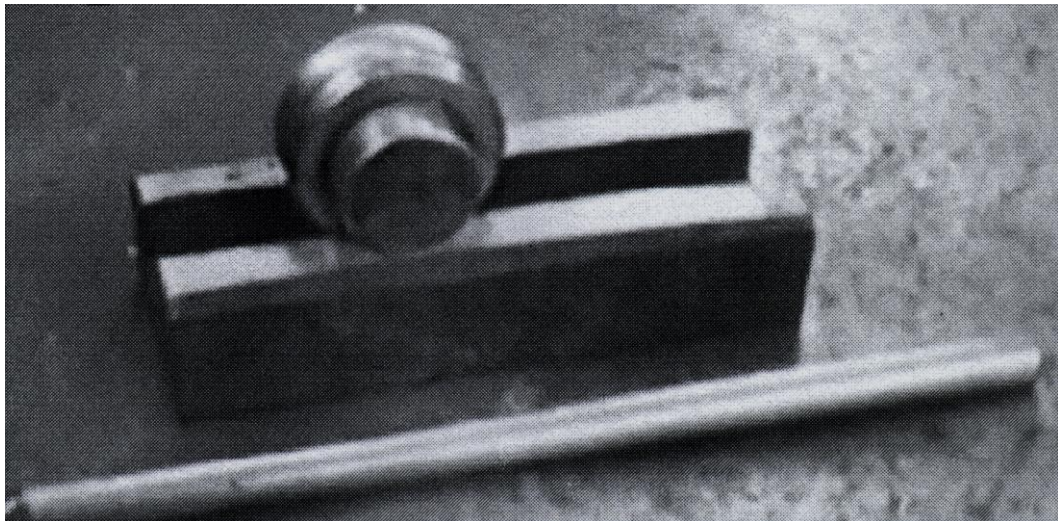


Рис. 3.1. Зовнішній вигляд інструмента стану ХПТР

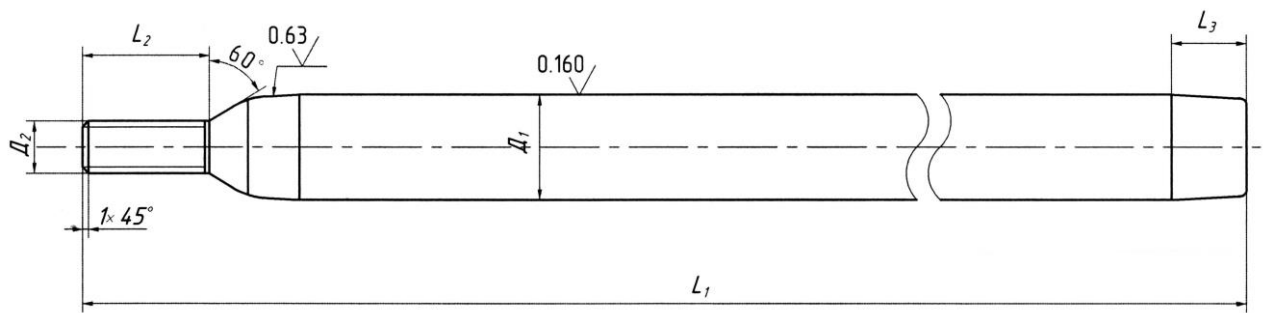


Рис. 3.2. Оправка стану ХПТР

Таблиця 3.1 – Параметри оправки стану ХПТР 15-30, мм

D_1	L_1	L_2	L_3	D_2
13-15	350	30	20	M8×1,25
15-21				M10×1,5
21-26				M12×2,0
26-30				M16×2,0

Ролик стану ХПТР (рис. 3.3) має рівчак діаметром, рівним зовнішньому діаметру готової труби. Параметри роликів стану ХПТР 15-30 зазначено в таблиці 3.2.

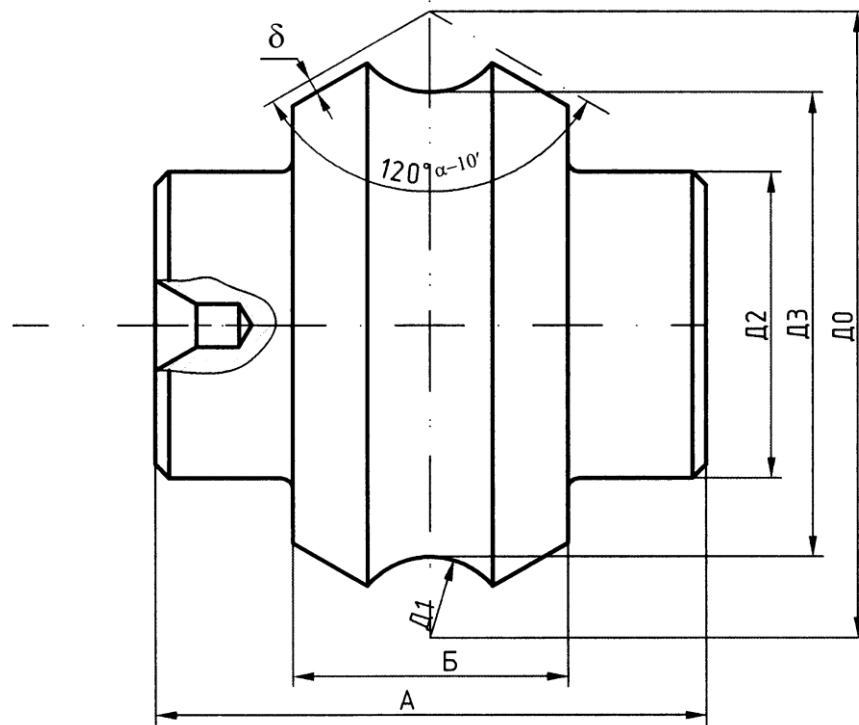


Рис. 3.3. Ролик стану ХПТР

Таблиця 3.2 – Параметри ролику стану ХПТР 15-30, мм

Ролик	D_1	Б	А	D_2	D_3	D_0	δ
Малий	15-21	30	65	45	67-61	82	0,5
Великий	22-30	40	90	45	70-62	92	0,75

Обтиснення заготовки в станах ХПТР здійснюються завдяки тому, що ролик своїми цапфами катається по поверхні опорної планки (див. рис. 3.5), висота якої змінюється по довжині (див. рис. 3.4).

На планці можна розрізнити (рис. 3.4): ділянка зеву подачі-повороту (L_3); ділянка редукування ($L_{ред}$); ділянка обтиснення ($L_{об}$); ділянка калібрування ($L_к$).

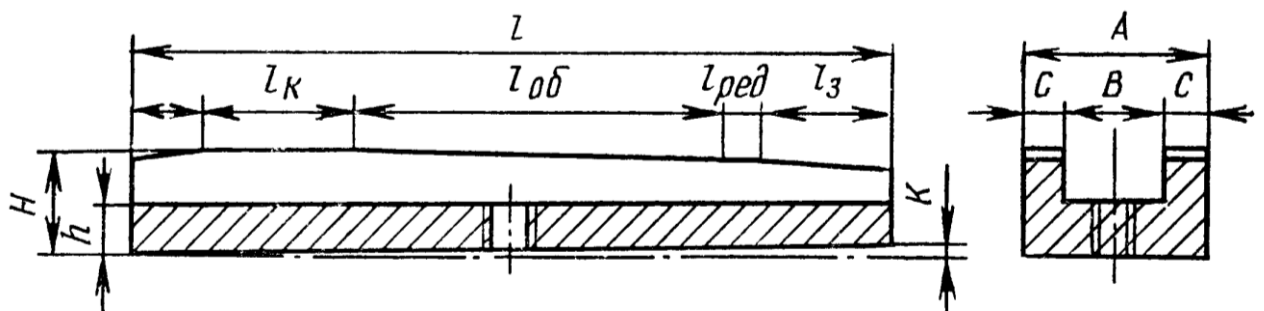


Рис. 3.4. Опорна планка

Калібрування опорної планки побудована таким чином, що при перекочуванні по ній ролика відбувається поступове обтискання товщини стінки. В кінці опорної планки є калібрувальна горизонтальна ділянка. Параметри опорної планки стану ХПТР 15-30 зазначено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри опорної планки стану ХПТР 15-30, мм

Для ролику	A	B	C	l	l_0	H	h	k
Більшого	80	40	20	210	80	42,15	20	3
Меншого	80	30	25	210	80	47,15	25	3

3.2 Розрахунок на контактну міцність ролика і опорної планки

Ролики і опорні планки виготовляються зі сталі 60С2ХФА. З метою підвищення їх міцності і стійкості вони піддаються спеціальній термообробці – гартуванню з подальшим відпуском. Після чого вони мають поверхневу твердість 56-68 HRC.

Контакт ролика з опорною планкою відбувається по лінії l , рівній довжині цапфи. Це ширина щічки опорної планки без фаски, яка зазвичай робиться з обох сторін щічок опорної планки.

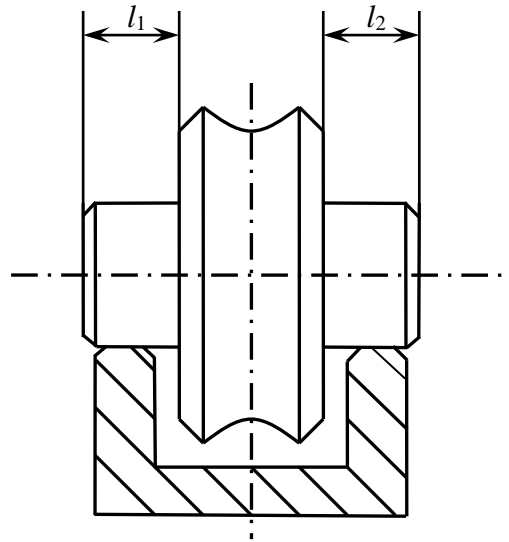


Рис. 3.5. Контакт ролика з опорною планкою

$$l_1 = l_2 = 25 - 2 = 23 \text{ мм.}$$

$$l = l_1 + l_2 = 23 + 23 = 46 \text{ мм.}$$

У зв'язку з тим, що твердість ролика і планки однакова, вимірювана лінія контакту і контактного напруження, викликаного тиском металу на інструмент, буде на роликах і опорних планках теж однаковим і визначатися по формулі:

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{\frac{P \cdot E}{l \cdot R}},$$

де P – зусилля металу на інструмент, $P = 0,1232 \text{ МН}$;

E – модуль пружності, для 60С2ХФА $E = 2,59 \cdot 10^4 \text{ кг/мм}^2$;

l – лінія контакту цапф ролика з опорною планкою, $l = 46 \text{ мм}$;

R – радіус цапфи ролика з опорною планкою, $R = 45 \text{ мм}$;

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{\frac{0,1232 \cdot 10^6 \cdot 2,59 \cdot 10^4}{0,046 \cdot 0,045}} = 518,974 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_k] = 3922,28 \text{ МПа}$$

$$\sigma_k < [\sigma_k]$$

Міцність в небезпечному перетині достатня, діючі у небезпечному перетині напруження не перевищують допустимих.

3.3 Розрахунок ролика на міцність

Прокатний ролик станів ХПТР працює по симетричному циклу. Небезпечні напруження вигинаючі. Зусилля (P) зосереджено по всьому струмку, виключаючи випуски. Отже, реборди струмка небезпечними не будуть. Вважаємо, що опорні реакції від тиску сили (P) на метал будуть прикладені по середині цапф.

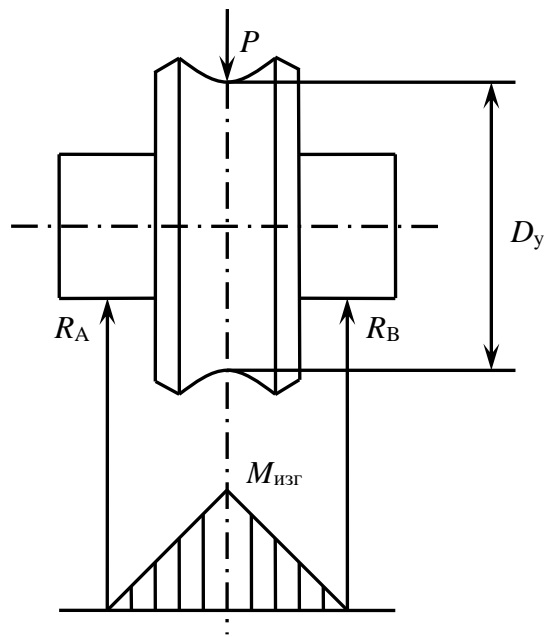


Рис. 3.6. Схема опорних реакцій

Опорні реакції:

$$R_A = R_B = P/2 = 123200/2 = 61600 \text{ Н.}$$

Згинаючий момент в небезпечному перетині:

$$M_{зг} = R_A \cdot x, \text{ где } x = l/2 = 46/2 = 23 \text{ мм} = 0,023 \text{ м};$$

$$M_{зг} = 61600 \cdot 0,023 = 1416,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Згинаючі напруження:

$$\sigma_{\zeta\bar{a}} = \frac{M_{\zeta\bar{a}}}{w},$$

де w – момент опору розрахункового перетину.

$$D_y = 62 \text{ мм}, D_T = 30 \text{ мм}$$

$$w = 0,1 \cdot D_y^3 = 0,1(0,062^3) = 0,0000238 \text{ м}^3 = 23,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\sigma_{\zeta\bar{a}} = \frac{1416,8}{23,8 \cdot 10^{-5}} = 5,953 \text{ МПа}$$

Межа міцності для симетричного циклу:

$$\sigma_{-1}^4 = 0,4\sigma_B$$

де σ_B – межа міцності для сталі 60С2ХФА, $\sigma_B = 1900$ МПа.

$$\sigma_{-1}^{\ddot{}} = 0,4 \cdot 1900 = 760 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{\zeta\bar{a}}] = \frac{\sigma_{-1}^{\ddot{}}}{k_0 \cdot L_{K\bar{A}} \cdot L_{KZ}},$$

де k_0 – коефіцієнт запасу міцності, $k_0 = 1,5$;

$L_{K\bar{A}}$ – коефіцієнт, що враховує дію концентрованих напружень, $L_{K\bar{A}} = 4,1$;

L_{KZ} – коефіцієнт форми, $L_{KZ} = 2,1$.

$$[\sigma_{\zeta\bar{a}}] = \frac{760}{1,5 \cdot 4,1 \cdot 2,1} = 58,84 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{изг}} < [\sigma_{\text{изг}}]$$

Міцність в небезпечному перетині достатня. Діючі у небезпечному перетині напруження не перевищують допустимих.

4 Мікроструктура і фазовий склад досліджуваних матеріалів

Під час прокатки труби на стані холодної прокатки труб роликками ми маємо трубу-конус зі сталі 12Х18Н10Т. Це нержавіюча сталь корозійно-стійка аустенітного класу легована. Використовується при роботі у розбавлених розчинах азотної, оцетової, фосфорної кислот, розчинах лугів і солей та інші деталі, що працюють під тиском при температурі від -196 до +600 °С за наявності агресивних середовищ до +350 °С.

Щільність сталі 7920 кг/м³. Сталь має непогану зварюваність. Твердість за Бринелем: 170-180 НВ.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 12Х18Н10Т зазначені у таблицях 4.1, та 4.2.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т

Хімічний елемент	%
Кремній (Si), не більш	0,8
Марганець (Mn), не більш	2
Мідь (Cu), не більш	0,3
Нікель (Ni)	9-11
Сірка (S), не більш	0,02
Титан (Ti)	0,6-1
Вуглець (C), не більш	0,12
Фосфор (P), не більш	0,035
Хром (Cr)	17-19
Залізо (Fe)	останнє

Таблиця 4.2 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т при різних температурах

Температура випробування, t°С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %
20	230	560	46
650	120	280	27
700	120	270	20

У нашому випадку ми маємо заготовку труби, яка має вид конуса, розрізаного на 15 частин для вивчення залежності структури металу від відносного обтиску по довжині вогнища деформації. Але у зв'язку з тим, що зміна діаметру по довжині конуса невелика, то робимо шліфи на 8 ділянках конуса. Довжина конуса $l = 260$ мм.

Заміривши показники конуса, заносимо їх в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Показники конуса по ділянкам

Ділянка	Номер кільця	$D_{\text{нар}}$, мм	$D_{\text{внутр}}$, мм	$t_{\text{ст}}$, мм	Відстань до наступної ділянки, мм	Площа перетину, мм ²	Відносний обтиск, %
1	15	34,2	29,4	2,4	35	918,18	0
2	13	33,3	28,5	2,4	34	870,48	5,2
3	11	32,8	28,0	2,4	34	844,53	8,02
4	9	32,4	28,0	2,2	34	824,06	10,25
5	7	32,2	28,0	2,1	50	813,92	11,34
6	5	32,0	28,0	2,0	36	803,84	12,45
7	3	31,8	28,0	1,9	37	793,82	13,54
8	1	31,8	28,0	1,9	-	793,82	13,54

Шліфи на перших 5 ділянках робились на кільці зі сторони більшого діаметру конусу (кільця з номерами 7, 9, 11, 13, 15), а на останніх 3 ділянках (кільця № 1, 3, 5) зі сторони меншого діаметру конусу.

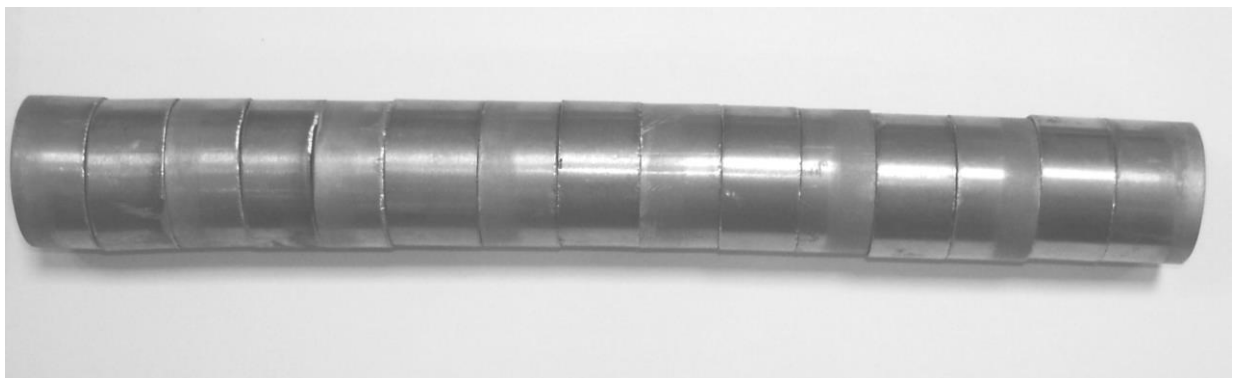


Рис. 4.7. Конус труби прокатуваної на стані ХПТР 30-60 за маршрутом $34,2 \times 2,4 \rightarrow 31,8 \times 1,9$

Робимо шліфи за допомогою наждачного паперу. Почавши з більш крупного розміру абразивного порошку вирівнюємо поверхню перетину кільця, потім поступово переходимо до паперу з більш меншим розміром. Закінчуємо поліровкою гладкої поверхні. Перевіривши поверхню металу на мікроскопі МІМ-8 на наявність сторонніх рисок (вони можуть з'явитися під час шліфування якщо регулярно не чистити поверхню наждачного паперу) ми переходимо безпосередньо до травлення металу у рідині «царська горілка». Вона складається з соляної, та азотної кислоти: 3 об'ємної частки соляної кислоти (HCl) та 1 частка азотної (HNO₃). Травлення проводилось на протязі 3-5 хвилин.



Потім робились фотографії мікроструктур на металографічному мікроскопі Neophot 2 на збільшенні у 1000 разів.

Розглянемо змінення структури металу від відносного обтиску при прокатуванні труби, на різних 8 ділянках.

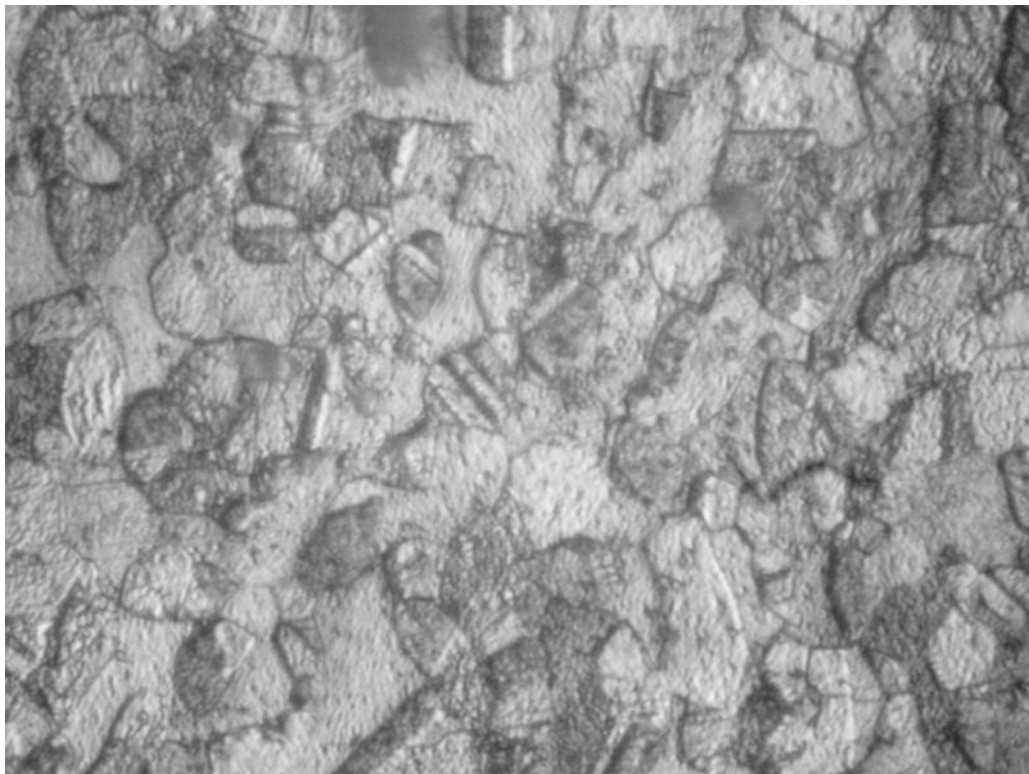


Рис. 8. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\epsilon=0\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура першої частини розрізаного конуса (№15), $\times 1000$

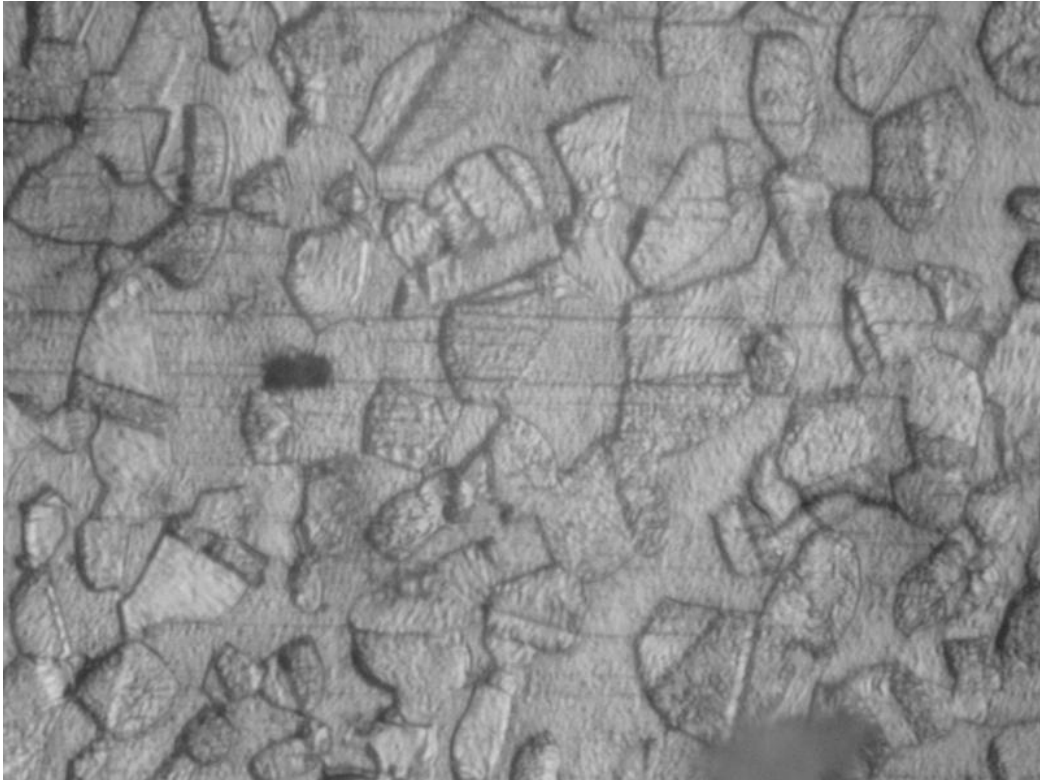


Рис. 9. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\epsilon=5,2\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура другої частини розрізаного конуса (№13), $\times 1000$

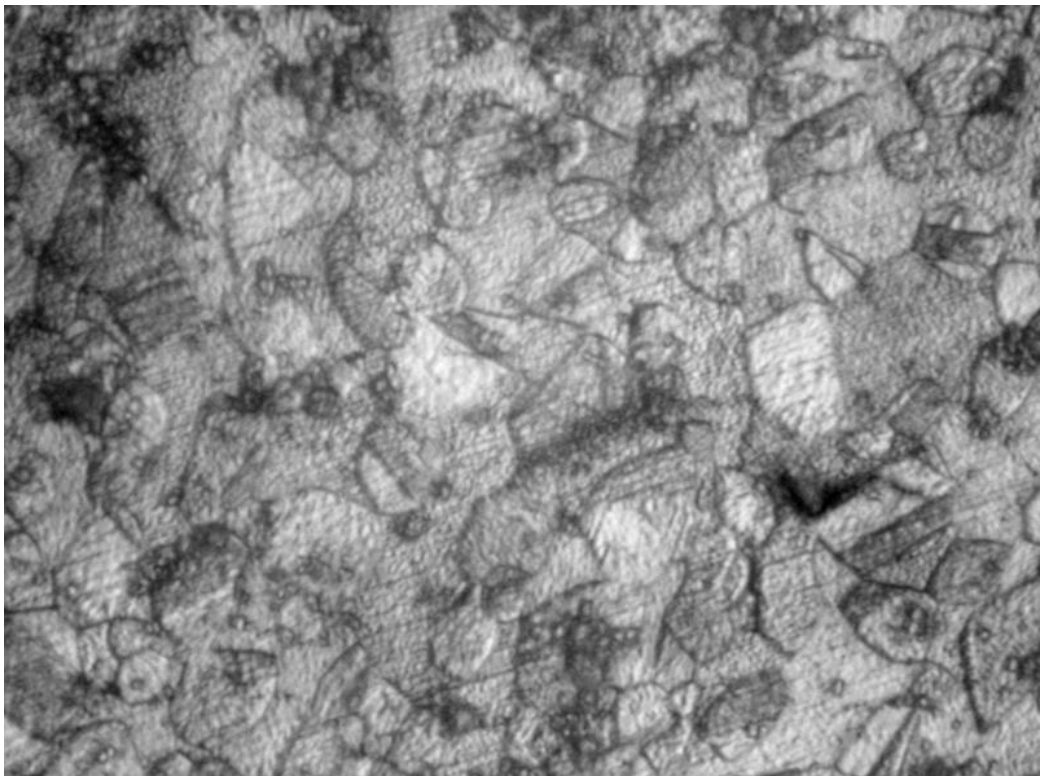


Рис. 10. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\epsilon=8,02\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура третьої частини розрізаного конуса (№11), $\times 1000$

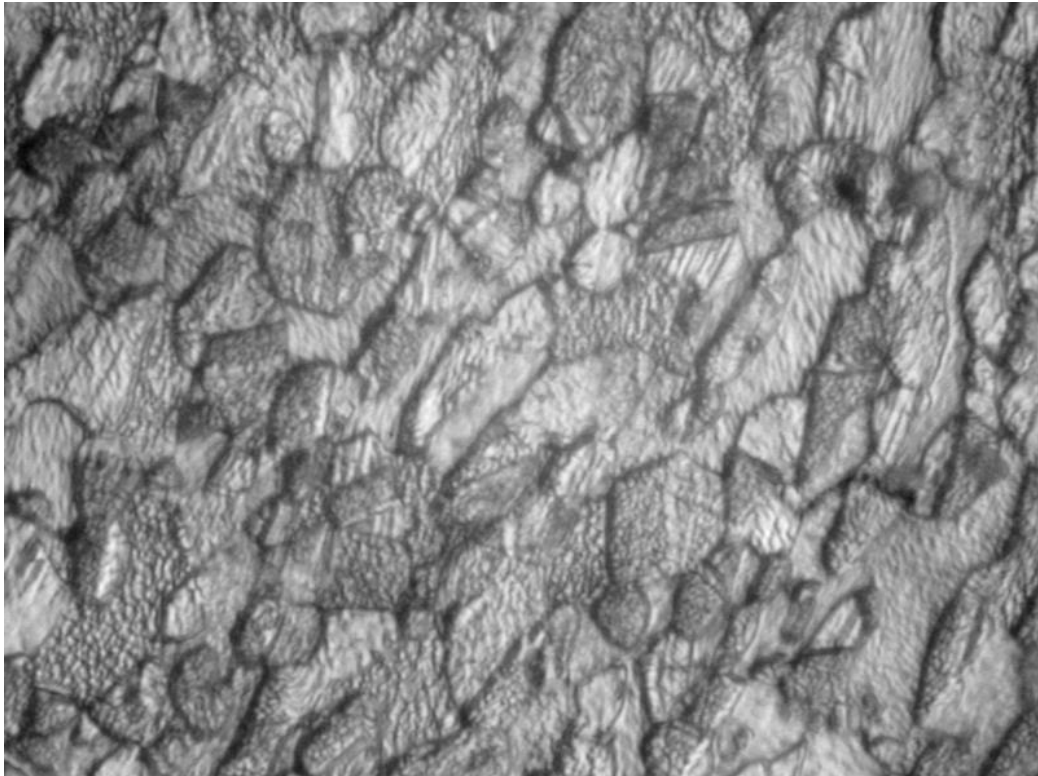


Рис. 11. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\epsilon=10,25\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура четвертої частини розрізаного конуса (№9), $\times 1000$

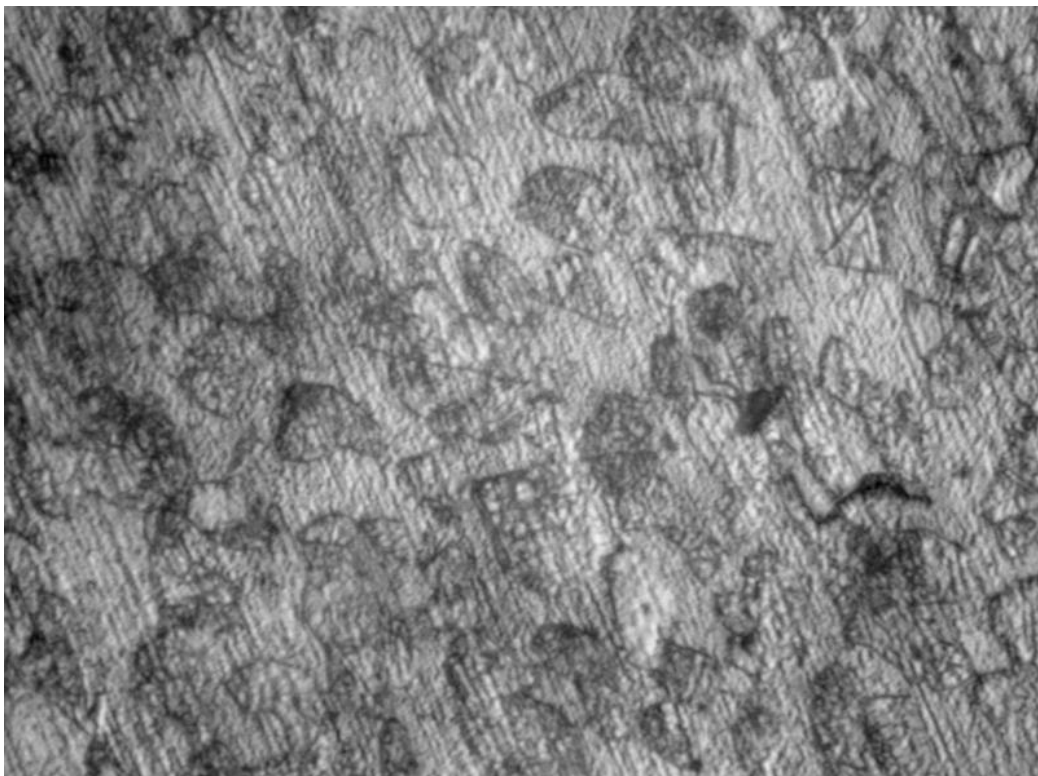


Рис. 12. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\epsilon=11,34\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура п'ятої частини розрізаного конуса (№7), $\times 1000$

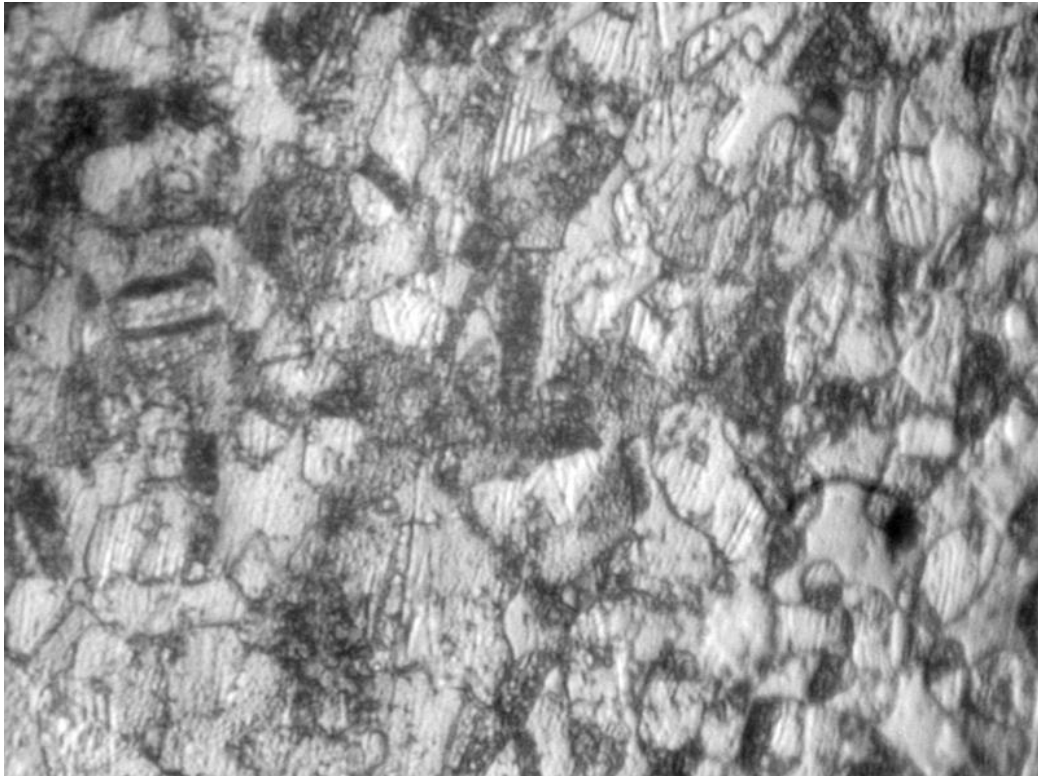


Рис. 13. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\epsilon=12,45\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура шостої частини розрізаного конуса (№5), $\times 1000$

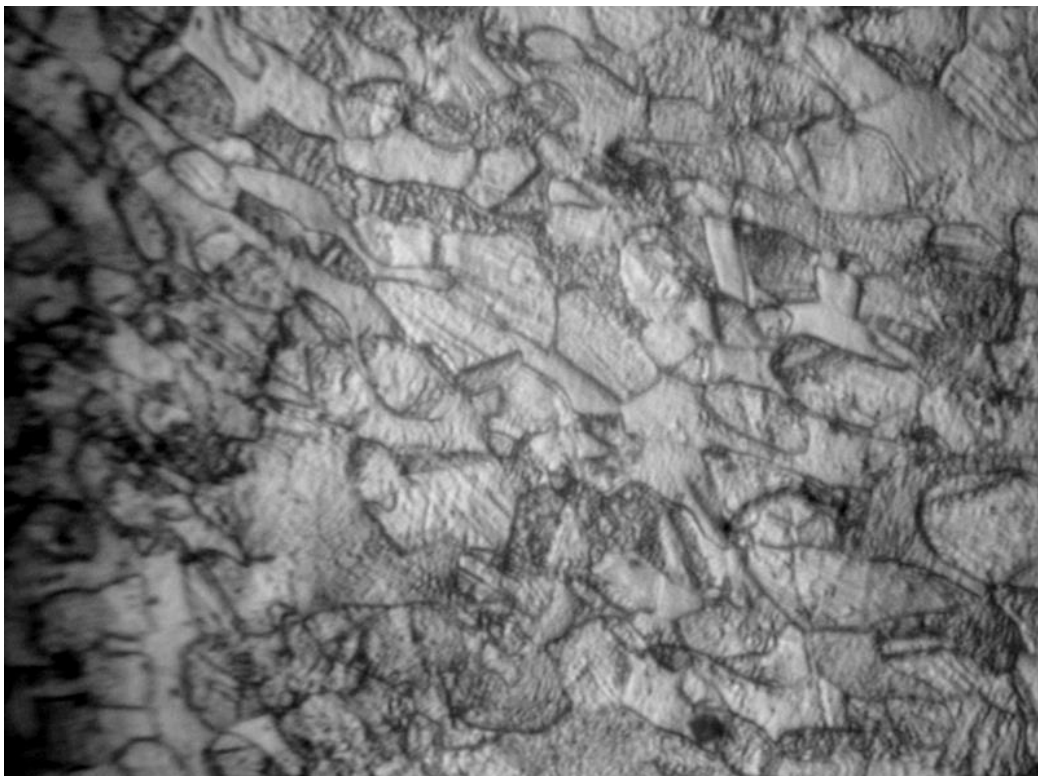


Рис. 14. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\varepsilon=13,54\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура сьомої частини розрізаного конуса (№3), $\times 1000$

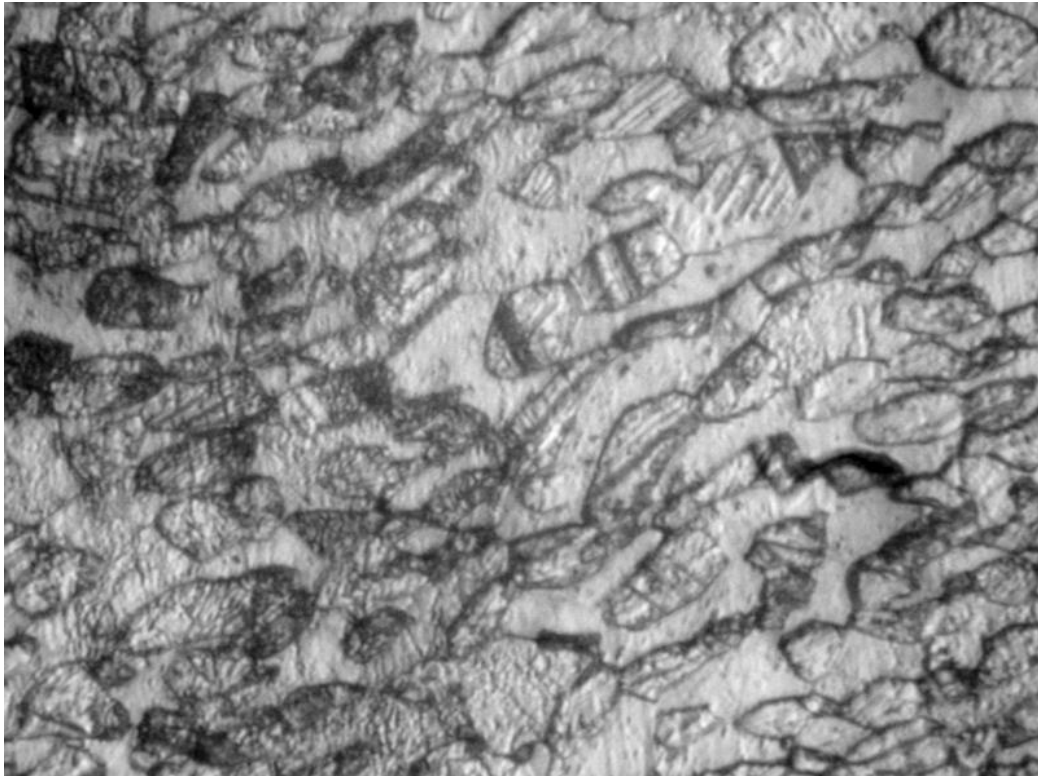


Рис. 15. Структура сталі 12Х18Н10Т при $\varepsilon=13,54\%$. Фазовий склад: аустеніт і карбіди Ті. Структура восьмої частини розрізаного конуса (№1), $\times 1000$

Аналізуючи отримані дані бачимо, що розмір зерна трохи зменшується при збільшенні обтиску труби.

При початку деформування ми бачимо первинні зміни у структурі металу – зерна аустеніту і карбіду титану починають витягуватися у напрямку деформації. Найбільш це помітно якщо порівняти першу, та восьму ділянку конуса. При збільшенні деформації до кінцевої $\varepsilon = 13,54\%$ ми отримуємо дрібнозернисту структуру.

Відносний обтиск труби склав $\varepsilon = 13,54\%$.

5 Охорона праці та техногенна безпека

5.1 Вибір і характеристика будівельного майданчика

Заводи з цехами холодної прокатки труб, по характеристиці відносяться до підприємств другої групи із шириною санітарно-захисної зони 500 м, передбачається комплекс мір, що повинні виключити або знизити імовірність травматизму, забруднення шкідливими виділеннями атмосфери цеху і навколишнього середовища, створення комфортних умов роботи.

Виробничий цех розташовують на території заводу з урахуванням напрямку "троянди вітрів" для того, щоб зменшити забруднення повітряного басейну над містом. Конструкція, компонування і розташування устаткування повинні забезпечувати вільний доступ і зручність обслуговування, можливість швидкої і безпечної заміни робочого інструменту, раціональне розміщення органів керування, безпеки при експлуатації і ремонті.

Дані про природні умови площадки: глибина промерзання ґрунту – 0,75 м, напір вітру: на висоті 10 м - 30кг/м²; на висоті 20 м – 40 кг/м².

Розташування цеху задовольняє санітарним вимогам у відношенні природного провітрювання і сонячного освітлення. У зв'язку з тим, що темою дипломної роботи є дослідження поперечної різностінності труб по довжині конусу розкатки при прокатці на стані ХПТР, що не веде до зміни класу виробництва, ширина санітарно-захисної зони залишається колишньої, тому вибір будівельного майданчика не виробляється.

5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у цеху холодної прокатки труб роликками

Виробниче приміщення цеху холодної прокатки труб, де знаходиться ділянка станів ХПТР, по категорії виконуваної роботи (по енерговитратах організму) відноситься до групи Пб – фізична, середньої ваги.

На станах ХПТР такі шкідливі явища як теплове випромінювання і вібрації відсутні (табл. 5.1).

Слід зазначити, що умови праці вальцювальників стану ХПТР ускладнюються тим, що їхня робоча зона розташована безпосередньо в близькості від стану і незахищена закритою кабіною. Через застосування розширеного асортименту змащень, необхідних для забезпечення високошвидкісного процесу і через підвищення температури в зоні деформації в повітря робочої зони можливе надходження (у залежності від складу технологічного змащення) акролеїну низько- і високомолекулярних жирних кислот: окисли вуглецю, хлору, аерозолу мастил та ін. Це вимагає устаткування станів ХПТР місцевою витяжною вентиляцією.

Таблиця 5.1 – Шкідливі та небезпечні фактори в умовах ділянки станів ХПТР

Значення	Шум, дБ	Запиленість, г/м ³
В умовах ділянки станів ХПТР	98	3,2
ГДК	-	4
ГДР	80	-

Створює травмо-небезпечну ситуацію на стані одночасне потрапляння двох труб у жолоб стану на стороні завантаження.

Травмування на стані можливо, коли працюючий входить в небезпечну зону проти труби, що прокатується, а також робить вимір її стінки на ходу стану.

Спостерігаються випадки травмування осколками, які відлітають при перевалці. Також травмо-небезпечні операції по укладанню і перевезенню калібрів на візку.

Небезпечні роботи з кривим стрижнем, використання кінцевих вимикачів пересування патрону затиску заготовки у якості робочих апаратів, переповнення кишень трубами понад габарити, користування несправним інструментом, скупчування на вихідному стелажі стану більш двох труб.

Одним зі шкідливих факторів, що впливають на стан здоров'я вальцювальників станів ХПТР, є рівень шуму.

Виробничий шум представляє хаотичне сполучення комплексів простих звуків, що викликають неприємне відчуття, особливо при шумі високих тонів. Звук – коливальний рух, що поширюється хвилеподібно у пружному середовищі.

Для оцінки голосності звуків служить міжнародна шкала голосності, градуйована в децибелах дБ(А), у якій за нульову крапку прийнятий поріг чутності, а за вищу - голосність, що викликає в органах слуху почуття болю.

Надмірний шум шкідливо впливає на здоров'я працюючих, сприяє виникненню травматизму і знижує продуктивність праці. Робота в умовах підвищеного шуму протягом усього дня викликає стомлення слухових органів. Тривалий вплив шуму, що перевищує припустимі норми, приводить до втрати слуху. Шум високих тонів також негативно впливає на організм.

Граничні рівні звукового тиску на робочих місцях у промислових приміщеннях і на території підприємств регламентуються ДЕСТ 12.1.003-83.

Для виробничих приміщень норма рівня шуму складає 80 дБ(А).

За даними лабораторії охорони праці фактичні рівні шуму на станах ХПТР складають:

- при прокатці труб 98 дБ(А);
- при розкочуванні і змащенні труб, витягу труби з жолоба рівень шуму складає 98 дБ(А).

Ділянка станів ХПТР відноситься до групи підвищеної небезпеки ураження електричним струмом. Приміщення відноситься до вологого. У таких приміщеннях можливо короткочасне виділення пару і конденсуємої вологи, у невеликих кількостях, що знижує опір ізоляції. Наявність струмопровідних підлог також відноситься до ознак підвищеної небезпечності.

Характерними місцевими електричними травмами є електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження та електроофтальмія.

Нормування природної і штучної освітленості ділянки станів ХПТР приведене в табл. 5.2.

Згідно СНіП II-4-79 робота вальцювальників на станах ХПТР відноситься до IV розряду зорових робіт, що зв'язаний із середньою точністю зорової зони. Напружена зорова робота виконується на протязі усього робочого дня (візуальний контроль виробів, вимір геометричних параметрів труб), що вимагає якісного освітлення ділянки.

Для забезпечення нормальних умов роботи персоналу у цеху створені наступні мікрокліматичні умови (таблиця 5.2):

Таблиця 5.2 – Характеристика мікроклімату у труболовичильному цеху

Значення	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с	Освітленість
В умовах цеху	10-20	56-65	0,8-2	130 - 150
	24-28	58-66	1,15 -3,1	
Нормативні значення мікроклімату по ДЕСТ12.1.005-88 та СН 2527-88	17-19	Не більш 75	Не більш 0,4	400 - 150
	20-22	Не більш 70	0,2 - 0,5	

Мікроклімат цеху різний, з параметрами, які часто змінюються, отже, створюються зони з різною температурою повітря. Різкі коливання температури повітря негативно впливають на теплорегуляцію організму людини. Цех відноситься до 3 категорії безпеки.

5.3 Розрахунки рівня шуму та звукоізоляції від основних джерел шуму

Два прокатних стани створюють визначений сумарний рівень шуму. Рівень шуму першого агрегату дорівнює 98 дБ, рівень шуму другого агрегату - 95дБ. Визначити сумарний рівень шуму.

При спільній дії двох джерел з різними рівнями шуму сумарний рівень шуму знаходимо по формулі:

$$L = L1 + D, \text{ дБ} \quad (5.1)$$

У даному випадку різниця рівнів шуму двох джерел складе:

$$L1 - L2 = 98 - 95 = 3, \text{ дБ} \quad (5.2)$$

По таблиці 5.3 визначаємо добавку D до більшого рівня шуму.

Таблиця 5.3 – Значення добавки D

L1 – L2, дБ (А)	0	1	2	3	4	5	6	8	10
D, дБ (А)	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,6	0,4

Добавка D до більшого рівня шуму:

$$D = 1,8 \text{ дБ (А)}$$

Сумарний рівень шуму двох джерел складає:

$$L = 98 + 1,8 = 99,8 \text{ дБ (А)}$$

Округляємо і остаточно одержуємо значення сумарного рівня шуму:

$$L = 100 \text{ дБ (А)}$$

Відповідно до ДЕСТ 12.1.003-83 припустиме значення рівня шуму на робочому місці ділянки станів холодній прокатці труб – 80 дБ.

Отже, фактичний рівень шуму перевищує нормативний на 20 дБ.

Шкідливий вплив шуму на органи слуху працюючого небезпечно впливають на здоров'я і приводять до професійних захворювань, тому необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: беруші, навушники.

Визначити звукоізоляційну здатність кожуху із сталевого листа ($\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ товщиною 5 мм, покритого з внутрішньої сторони звуковбирним матеріалом (поролон).

Зниження рівнів звукового тиску звукоізоляційного кожуху, покритого шаром звуковбирного матеріалу, може бути визначено по рівнянню (5.3)

$$\Delta L_K = 10 \cdot \lg \cdot [(1 + \alpha) \cdot 100,1 \cdot \Delta L_{из}], \quad (5.3)$$

де: α - коефіцієнт поглинання звуку матеріалом (для поролону $\alpha = 0,7$);

$\Delta L_{из}$ – звукоізоляційна здатність однорідної перегородки, дБ.

$$\Delta L_{из} = 20(\lg \rho \cdot h \cdot f / 1000) \text{ дБ}, \quad (5.4)$$

де: ρ – щільність звукоізоляційного матеріалу, кг/м^3 ;

h – товщина кожуху, м;

f – частота звуку, Гц.

Спочатку визначаємо звукоізоляційну здатність сталевого кожуху при кожному значенні середньої геометричної частоти октавних смуг по рівнянню 5.4, а потім, використовуючи отримані дані, визначаємо по рівнянню 5.3 звукоізоляційну здатність кожуху, покритого звуковбирним матеріалом.

Результати розрахунків записуємо до табл. 5.4.

Наприклад:

при $f = 63 \text{ Гц}$

$$\Delta L_{из} = 20(\lg 7800 \cdot 0,005 \cdot 63 / 1000) = 20 \lg 2,46 = 20 \cdot 0,391 = 7,81 \text{ дБ.}$$

$$\Delta L_K = 10 \lg [(1 + 0,7) \cdot 100,1 \cdot 7,81] = 10 \lg (1,7 \cdot 6,05) = 10,12 \text{ дБ.}$$

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\Delta L_{из}, \text{ дБ}$	7,82	13,76	19,78	25,80	31,82	37,84	43,86	49,88
$\Delta L_K, \text{ дБ}$	10,12	17	23	29	34	40	47	52

Розрахувати звукоізоляційну здатність одношарових огорожень і визначити критичну частоту звуку, нижче котрої застосування огороження неефективно.

Вихідні дані:

Матеріал огороження – залізобетон:

модуль пружності матеріалу $E = 2 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$;

щільність матеріалу огороження $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$;

коефіцієнт втрат енергії звуку $\eta = 0,005$;

товщина огороження $h = 0,1 \text{ м}$.

Рішення:

Звукоізоляційна здатність огороження, дБ, товщиною 10-100 мм визначимо по формулі:

$$R = 30 \lg \gamma - 10 \lg E + 2 \lg \eta - 9,6 \quad (5.5)$$

$$R = 30 \cdot \lg 2500 - 10 \cdot \lg 2 \cdot 10^5 + \lg 0,005 - 9,6 = 36,2 \text{ дБ}$$

Критичну частоту звуку, Гц, нижче якої використання огороження неефективно, визначаємо по формулі:

$$f_{KP} = (c^2 / 1,8h) \sqrt{\nu / E} \quad (5.6)$$

$$f_{KP} = (343^2 / 1,8 \cdot 0,1) \sqrt{2500 / 2 \cdot 10^5 \cdot 10^4} = 653 \text{ Гц,}$$

де $c = 343 \text{ м/с}$ – швидкість звуку в повітрі.

5.4 Розрахунок штучного освітлення прольотів станів ХПТР

Для розрахунку освітлення використовуються наступні дані: довжина прольоту $L = 150 \text{ м}$; ширина прольоту, $B = 54 \text{ м}$; габарити крана по висоті $1,5 \text{ м}$; висота підвісу світильників $h_N = 10 \text{ м}$; висота підкранових балок 8 м ; крок колони в прольоті 6 м .

Світловий потік однієї лампи визначаємо по формулі:

$$F = E \cdot S \cdot K \cdot Z / N \cdot \eta \text{ (лм)}, \quad (5.7)$$

де: E – нормована освітленість, лк;

S – площа освітлюваного приміщення, м^2

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N – кількість світильників в прольоті;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

$$Z = 1,15; K = 1,6; E = 150\text{лк};$$

$$S = L \cdot B \quad (5.8)$$

$$S = 150 \cdot 54 = 8100 \text{ м}^2$$

Передбачаємо розташування світильників з нижньою крайкою кроквяних ферм покрівлі прольоту. Визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників:

$$h = h_n - h_p \quad (5.9)$$

$$h = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ м}$$

Кількість світильників:

а) по довжині прольоту

$$n_1 = L/6 = 150/6 = 25 \text{ шт.} \quad (5.10)$$

б) по ширині прольоту

$$n_2 = B/6 = 54/6 = 9 \text{ шт.} \quad (5.11)$$

Загальна кількість ламп складає:

$$N = n_1 \cdot n_2 = 25 \cdot 9 = 225 \text{ штук} \quad (5.12)$$

Знаходимо індекс приміщення:

$$i = L \cdot B / h_p \cdot (L + B) \quad (5.13)$$

$$i = 150 \cdot 54 / 8,5 \cdot (150 + 54) = 9,9$$

Коефіцієнт відображення потоку $\rho_n = 50\%$ і стін $\rho_c = 30\%$

Для прийнятого типу світильників при розрахунковому значенні індексу приміщення $i = 9,9$ значення коефіцієнту використання світлового потоку:

$$\eta = 67\%$$

Світловий потік однієї лампи дорівнює:

$$F = 8100 \cdot 150 \cdot 1,6 \cdot 1,15 / 225 \cdot 0,67 = 14830 \text{ лм}$$

Даному світловому потоку відповідають 3 стандартні лампи ДРЛ-125 потужністю 125Вт зі світловим потоком 5600 лм.

Відхилення світлового потоку лампи від потрібного складає:

$$[(16800-14830)/16800]100 = 11,73\%,$$

що знаходиться в межах припустимого.

Встановлена потужність освітлювальної установки Р складе:

$$P = 3 \cdot 125 \cdot 225 = 84375 \text{ Вт} \approx 84 \text{ кВт}$$

5.5 Пожежна безпека та профілактика

Виробничий процес у цеху холодної прокатки труб по вибуховій, вибухонебезпечній і пожежній небезпеці згідно СНіП 2.01.09 відноситься до категорії "Д", тому що обробці піддаються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Будинок цеху побудовано з не горючих матеріалів і згідно СНіП 2.01.02-85 має I ступінь вогнестійкості.

Пожежі у цеху холодної прокатки труб можуть виникнути в результаті: займання електро-устаткування при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях; займання паливно-мастильних матеріалів при попаданні в них іскор електричного або механічного походження, впливу тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню; на нагрівальній ділянці можливі займання і вибухи горючих газоповітряних сумішей; самозаймання промасленого дрантя; дії статичного або грозового розряду. Небезпека виникнення пожежі у цеху холодної прокатки труб зменшена в роботі наступними розробленими заходами: оснащення систем керування електроустаткуванням автоматами максимального токового захисту і плавких запобіжників; обмеження кількості паливно-мастильних матеріалів добовою потребою (інші ПММ зберігаються на складі, спеціально обладнаному в протипожежних умовах); головні електродвигуни приводів

оснащені системою замкнутої примусової вентиляції з очищенням повітря від щіткового пилу і його охолодженням; трансформаторні кіоски винесені за межі виробничого приміщення; маслопідвали обладнані системою проточно-втяжної вентиляції, що видаляє пари мастила і зменшує їхню концентрацію в повітрі, електроустаткування і освітлення виконане в іскро-вибухобезпечному виконанні, статичний заряд відводиться в землю по мережі заземлення; імовірність поразок будинків блискавкою зменшена застосуванням захисту від блискавок, виконаним відповідно до СН-205-77. Для гасіння можливих пожеж у цеху передбачені первинні засоби пожежегасіння згідно "Норм первинних засобів пожежегасіння для підприємств і організацій металургії". У таблиці 5.7 наведені дані розрахунку первинних засобів пожежегасіння для виробничих і службово-побутових приміщень.

Таблиця 5.7 – Перелік первинних засобів пожежегасіння для цеху холодної прокатки труб

Найменування приміщень	Одиниці виміру	Порошкові вогнегасники		Вуглецево-кислотні вогнегасники	Шухляди з піском 0,5м ³ з лопатами
		ВП-5	ВП-100	ОУ-5	
Адміністративно-побутовий комплекс	2190 м ²	30	-	-	-
Відділ механіків	61841м ²	15	-	-	2
Відділ енергетиків		-	-	20	-
Відділ ХПТР		20	-	-	1
Травильний відділ		6	-	-	2
Термовідділ та станція захисного газу		15	-	-	6
Котельний відділ		5	-	-	1
Кранове господарство		-	-	21	-
Відділ «фінісаж»		5	-	-	1
Експортний відділ		5	-	-	1
Відділ збиту		5	2	-	1
Прокатна майстерня		3	-	-	1
ВПВ		3	-	-	1
ЦМС		10	-	-	1
Матеріальна комора		2	-	-	-

Для гасіння пожеж водою використовується пожежний водопровід, об'єднаний з виробничим. На його мережі в приміщенні ТВЦ встановлені пожежні крани з брезентовими рукавами та відводами; зовні споруди по її периметру в підземних колодязях розміщені пожежні гідранти. Для доступу на дах споруди використовуються пожежні драбини, закріплені на стінах.

Перелік пожежонебезпечних ділянок:

- промаслення труб,
- мастильні тунелі,
- мастилороздатка,
- маслопідвали,
- центральний матеріальний склад.

5.6 Електробезпека

Широке використання електричного струму для найрізноманітніших цілей надає питанням захисту від його впливу на людський організм важливе значення.

Електробезпека – це комплекс заходів, спрямованих на запобігання поразки людини електричним струмом.

Вплив електричного струму на організм може викликати небезпечні для здоров'я наслідки й навіть привести до смерті. Небезпека збільшується тим, що наявність електричної напруги не може бути безпечно виявлене за допомогою наших органів почуттів. Імовірність смертельного результату при поразках електричним струмом велика.

Небезпека поразки електричним струмом виникає при експлуатації несправних електроустановок, порушенні ізоляції на силових і контрольних кабелях, електродвигунах, командоапаратах, кінцевих вимикачах.

Фактичне значення струму на ділянці $I = 5,9\text{A}$, напруги відповідно $U = 220\text{-}380\text{ В}$.

Однією з основних причин поразки електричним струмом є пробій ізоляції.

При ушкодженні ізоляції електроустаткування напруга може випадково з'явитися на металевих частинах (на корпусі, кожусі, станині: на броні кабелю і т.д.). При сполученні з металевими конструкціями, опинившимися під напругою, виникає небезпека поразки електричним струмом.

Нещасні випадки можливі також при впливі електричного струму через дугу; безпосередньо при контакті з відкритими частинами й проводами під напругою; випадковому, не викликаному виробничою необхідністю, або при помилковій подачі напруги під час ремонтів і оглядів; при дотику до металевих частин устаткування, випадково опинившимися під напругою; при контакті за допомогою предметів з низьким опором ізоляції з частинами стану, які знаходяться під напругою; при контакті з будівельними деталями конструкції, випадково опинившимися під напругою; при впливі крокових напруг та ін.

Небезпека електричних поразок створює різноманітне устаткування: електричний привод (включаючи пускорегулюючу апаратуру), електроустаткування підйомно-транспортних пристроїв, електрифікований внутрішньозаводський транспорт, зварювальні апарати, високочастотні й освітлювальні установки, переносний інструмент і т.д.

Використовують наступні заходи захисту від поразки електричним струмом:

- а) захист від дотику до струмоведучих частин;
- б) захист від дотику до устаткування, випадково опинившимися під напругою;
- в) захист від струмів надмірної сили (короткого замикання).

У першому випадку застосовують огороження й ізоляцію частин устаткування під напругою, розміщення їх на недоступній висоті, використання струму зниженої напруги.

У другому випадку, найпоширенішому, конструктивно простим і дуже ефективним заходом захисту є заземлення. Захисні функції заземлюючого пристрою полягають у зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частинах, опинившимися випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку поразки людини.

Приєднання корпусів і інших конструктивних металевих частин електроустаткування до заземлюючого нульового проведення, називається захисним зануленням. Ціль захисного занулення – перетворити пробій на корпусі у коротке замикання між фазним і нульовим проводами, викликати тим самим протікання великого струму через захист і швидко відключити ушкоджене устаткування від мережі.

Пристрій, що автоматично відключає електроустановку за час не більш 0,2 сек, при виникненні в ній струмів великої сили, у тому числі з появою напруги на корпусі й інших металевих частинах, називається захисним відключенням.

При обслуговуванні електроустановок застосовують основні й додаткові захисні засоби.

До основних відносяться захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки й при користуванні якими допускається безпосередній дотик до деталей, що перебувають під напругою.

До додаткових ставляться засоби захисту, що підсилюють дію основних засобів і які забезпечують безпеку при контакті з деталями, що перебувають під напругою.

До засобів індивідуального захисту відносяться: ізолююча штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, ізолюючі підставки та ін.

5.7 Заходи для усунення небезпек та шкідливостей на об'єкті

Для усунення небезпек та шкідливостей в цеху холодної прокатки труб обов'язково необхідно виконувати такі дії:

- усунути потрапляння хімічних речовин в атмосферу на робочих площадках. Варто переходити від сірчаної кислоти на лужну, що приведе до більш якісної поверхні металу й захистить організм людини від потрапляння отрути;

- для захисту від впливу шуму протягом робочої зміни, робочим видати протишумні навушники, які знижують вплив шуму на організм людини. Цим вони запобігають погіршенню слуху, швидку стомлюваність і роздратування нервової системи;

- щоб запобігти потраплянню пилу, робочому на початку зміни треба видавати респіратор, який захищає бронхолегеневу систему. Також необхідно провести реконструкцію по поліпшенню витяжної системи на стані. Цим досягнемо зниження концентрації пилу переважно фабричної дії, що попадає в організм людини;

- для поліпшення мікроклімату у відділенні обов'язково необхідна санітарно-захисна зона. Зелені насадження служать захисним бар'єром від пилу й диму, газів, шуму, вітрів, вони послабляють вплив негативної температури влітку й освіжають повітря;

- необхідно виключити потрапляння людини в небезпечну зону, установити огороження, кожухи, захисне блокування окремих вузлів устаткування. Для фактору важкої праці необхідно обладнати місце робітника, так щоб знизити й розвантажити змушену робочу позу. Цим досягнемо зниження емоційної напруги;

- необхідно механізувати й захистити робоче місце обслуговуючого персоналу;

- установити додаткові світильники над робочим місцем, та біля стану й проходів;

- перевіряти ізоляцію деталей стану, обережно працювати з деталями, які знаходяться під напругою.

Вивчивши умови праці у цеху холодної прокатки труб також вважаю за необхідне виконання наступних заходів:

- своєчасно виконувати плановий ремонт та капітальні ремонти на обладнанні з заміною зношених деталей;
- робити чищення підлоги;
- обшити гумою приймальні жолоби біля станів ХПТР для зменшення шуму;
- також для зменшення шуму на станах ХПТР зробити реконструктивні зміни деталей стану, механізацію подачі, зменшити число подвійних ходів, що дозволить зменшити динамічні навантаження;
- дотримуватися інструкції й правил безпеки;
- застосовувати засоби індивідуального захисту;
- перебувати тільки в спеціально відведених місцях для роботи.

ВИСНОВКИ

1. В магістерській роботі пропонується використання додаткової зони калібрування між зонами редукування та обтиску стінки на стані холодної прокатки труб роликами. Саме це і підвищить якість труб, виготовлених холодною прокаткою. Сутність запропонованого способу полягає у визначенні оптимального, з точки зору досягнення необхідного технічного результату, співвідношення між довжинами ділянок попереднього калібрування і обтискання залежно від міри товстостінності трубної заготовки і міри деформації труби по внутрішньому діаметру, як найбільш істотних чинників, що впливають на технічний результат. Проведені експерименти показали, що при співвідношенні довжин ділянок, розрахованих по наведеній вище формулі, фактичний розподіл деформацій діаметру і стінки на ділянці практично збігається з розрахунковим, чим забезпечується висока точність труб. В той же час, калібрування труби на довжині ділянки, відповідній розрахунковій, забезпечує найкращу якість внутрішньої поверхні труби завдяки виправленню браку внутрішнього поперечного профілю, який мав місце на заготовці, та які утворилися в процесі редукування унаслідок овалізації труби та унаслідок неконтрольованої зміни стінки по периметру внутрішнього поперечного профілю. Наведений вище спосіб дає можливість отримання більш якісних труб холодною прокаткою, у тому числі й на станах ХПТР.

2. Було розраховано маршрут виробництва труби з початковими розмірами $89 \times 9,0$ мм до готового $28 \times 0,7$ мм. Також виконані розрахунки калібрування технологічного інструменту та продуктивності стану ХПТР, яка склала 257 тисяч метрів труб на рік.

3. Контактна міцність ролика і опорної планки відповідає допустимим значенням, запас міцності складає 7,5 разів. Розрахунок ролика на міцність також показав, що розрахункові значення менші допустимих у 9,88 раз.

4. Металографічні дослідження показали, що при початку деформування відбуваються первинні зміни у структурі металу – зерна аустеніту і карбїду титану починають витягуватися у напрямку деформації. Найбільш це помітно при збільшенні деформації до кінцевої $\varepsilon = 13,54 \%$.

5. На станах холодної прокатки труб роликами використовується двигун змінного струму з двома-трьома швидкостями. Потужність двигуна 24–31,9 кВт.

6. Дане удосконалення технологічного процесу суттєво знижує витратний коефіцієнт металу, що приводить до збільшення виробництва продукції. В свою чергу, збільшення обсягу виробництва призвело до зниження витрат на виробництво продукції. Все це обумовлює доцільність впровадження запропонованих заходів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Розов Н.В., Производство труб. Справ очник для рабочих. – М.: Металлургия, 1974, 600 с.
2. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Металлургия, 1987. 480 с.
3. Машиностроительные стали. Справочник. Изд-е 3-е, перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 391с., ил.
4. Серета Б. П. Металознавство і термічна обробка чорних і кольорових металів. Навч. пос - Запоріжжя; Вид-во ЗДІА, 2002.-264с.
5. Термічна обробка Навчальний посібник для студентів ЗДІА (упор. Серета Б.П. - Запоріжжя; Вид-во ЗДІА, 2003.270с.
6. Нікберг І. М. Пристрій і експлуатація прокатних станів. Металургія, 1961-654с.
7. Корольов О. А. Зарубіжні прокатні стани - М,: Металургіздат, 1958-275с.
8. Победін І. С. Дрозд В.Т. - М.: Металургія, 1962,-213с.
9. Целіков А.І., Смирнов В. В. Прокатні стани - М.: Металургіздат, 1958-329с.
10. Прокатні стани і технологія прокатки під редакцією А. І. Целікова-М: Металурггіздат, 1958-521с.
11. Фастівський Б. Г. Довідник прокатника, - М.: Металургіздат, 1972.-367с.
12. Мітал А. А. Устименко С. В. Контрольована прокатка сортової сталі. - М.: Металургія 1990.314с.
13. Калібрування прокатних валков. Чехмарев А.П. Мутьєв М.С. Вид-во «Металургія», 1971,512 с.
14. Бочков Н. Г. Виробництво якісного металу на сучасних сортових станах, - М. Металургія 1988 - 312с.

15. Прокатне виробництво. Довідник Під редакцією Є.С. -М.: Вид-во Металургія. 1963.т.2.615с.
16. Бахтінов Б. П. Штернів М. М. Калібрування прокатних валков. -М.: Вид-во Металургія, 1953-421с.
17. Корольов О. А. Прокатні стани й устаткування прокатних цехів.-М.: Металургія, 1981.-562с.
18. Корольов О.А. Конструкція і розрахунок машин і механізмів прокатних станів. -М.: Металургія 1985.-593с.
19. Чекмарьов О.П.,Побігайло Г.Г. Точна прокатка сортових профілей.- Металургіздат, 1968, 236 с.
20. Прокатні стани, Довідник в 3-х томах. Т. 2. Сортіві стани Під редакцією В.Г.
21. Смирнов В. К. Шилов В. К. Ігнатович Ю. В. Калібрування прокатних валков. - М.: Металургія, 1987 - 368.
22. Федосов Р. М. Проектування прокатних цехів. - М.: Металургія, 1983-365с.
23. Дукласов В.Г., Агєєв А. М. Стан і розвиток технологій та обладнання у світовій чорній металургії. Довідник. Челябінськ, видавництво ЮУрТУ, 2002-431с.
24. Іващенко Ф.К., Гребнюк В.М., Ширяєв В. Г. Розрахунок машин і механізмів прокатних станів, - К. Вища школа, 1995-271с.
25. Гаврилин Є.В., Шулаєв І.П., Становський Л.Г., Мирський Ю. А. Нагрівальні та термічні печі в металургії, - М.: Металургія, 1971-264с.
26. Краснокутській П.Г., Колесник П. І. Технологічні процеси та конструкції нагрівальних печей, Київ Вища школа, 1995-315с.
27. Афанасьєв В. Д. Автоматизований електропривод в прокатному виробництві, М.: Металургія, 1977-280С.
28. Охорона праці в чорній металургії. Бринза В. М. Зінківський М.М. М.: Металургія, 1982-366с.
29. Дроздов В. Ф. Опалення та вентиляція.