

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної магістерської роботи

зі спеціальності 136 – Металургія
за освітньо-професійною програмою – Металургія чорних металів

Тема роботи: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З
ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛЕГШЕНОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ №4 ЗА
РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ»

Виконав:
магістрант групи ЗМЧМ-24-1м _____ Назар КОНДРАТЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Нормоконтролер _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Завідувач кафедри _____ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг
2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую

Зав. кафедрою _____

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню магістерську роботу здобувача

Кондратенко Назар Валерійович

1. Тема роботи: Удосконалення технологічних рішень з виготовлення полегшеного кутового профілю №4 за рахунок використання раціональних режимів обробки _____

керівник роботи: к.т.н., доцент Чубенко Вікторія Анатоліївна

затверджено наказом по КНУ від « 08 » _____ 07 _____ 2025 р. № 503с _____

2. Строк подання роботи студентом « 01 » _____ 12 _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: безперервний дрібносортний прокатний стан ДС-250-2; заготовка з розмірами поперечного перерізу 80×80 мм: довжина 11 м, маса 553,6 кг; чотирирівчакова радіальна машина безперервної розливки сталі; початкова заготовка 60×60, довжиною 6 м.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз будови та способів виготовлення кутового профілю. 2. Пропозиції з удосконалення технологічних рішень. 3. Техніко-економічна оцінка результатів досліджень. 4. Еколого-санітарна оцінка результатів науково-дослідної роботи.

5. Перелік графічного матеріалу

Кутовий профіль. Схеми прокатування кутових профілів. Схема розташування устаткування безперервного дрібносортного прокатного стану ДС-250-2; технологічний процес виготовлення кутового профілю; отримання безперервно-ливої заготовки; схема калібрування на чорнових проходах; калібрування чистових калібрів; режими прокатування; зміна площі поперечного перерізу розкату та лінійної швидкості прокатування; силові параметри прокатування; техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1	доц. Чубенко В.А.		
Розділ 2	доц. Чубенко В.А.		
Розділ 3	доц. Бондарчук О.М.		
Розділ 4	доц. Шаповалов В.А.		

7. Календарний план

№ з/п	Етапи роботи	Термін виконання
1	Збір матеріалу для написання випускової роботи	04.08-30.08.2025
1	Аналіз будови та способів виготовлення кутового профілю	01.09-20.09.2025
2	Пропозиції з удосконалення технологічних рішень	21.09-15.10.2025
4	Техніко-економічна оцінка результатів досліджень	16.10-31.10.2025
6	Санітарно-екологічна оцінка результатів науково-дослідної роботи	01.11-15.11.2025
7	Виконання графічної частини	16.11-30.11.2025
8	Перевірка випускової роботи на плагіат	01.12-15.12.2025
9	Захист магістерської роботи	16.12.25

Дата видачі завдання: «__ 08 __» _____ 07 _____ 2025 р.

Здобувач _____ Назар КОНДРАТЕНКО

Керівник випускної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи на тему:

Удосконалення технологічних рішень з виготовлення полегшеного кутового профілю №4 за рахунок використання раціональних режимів обробки

Обсяг роботи: пояснювальна записка 87 стор., 10 табл., 11 рис, 25 використаних джерел.

Мета роботи: визначити раціональні режими обробки, які дозволять удосконалити технологічні рішення з виготовлення полегшеного кутового профілю №4.

Об'єкт дослідження: прокатування кутового профілю.

Предмет дослідження: дослідження режимів обтиснення при виготовленні полегшеного кутового профілю №4.

Методи дослідження: теоретичний аналіз процесів гарячого прокатування кутового профілю, розрахунковий метод режимів обтиснення та калібрування прокатних валків.

Результати роботи: досліджено будову та призначення кутового профілю, його властивості, визначено обладнання та оновлено технологію виготовлення кутового профілю за рахунок використання безперервно-ливої заготовки меншого розміру, визначено режими обтиснення та калібрування, досліджено зміни швидкісних та температурних режимів при прокатуванні кутника, визначено техніко-економічну ефективність прийнятих рішень

КУТОВИЙ ПРОФІЛЬ, ГАРЯЧЕ ПРОКАТУВАННЯ, КАЛІБРУВАННЯ
ПРОКАТНИХ ВЛКІВ, ПРОКАТНИЙ СТАН, ШВИДКІСНІ УМОВИ

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.Р			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Кондратенко				РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чубенко						1	1
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м		
Н. контр.	Чубенко							
Затвердив	Савельєв							

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

Перв. примен.	№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание	
Справ. №	1							
	2	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01ПЗ	Пояснювальна записка	87			
	3							
	4			Графічна частина				
	5			(Презентація)				
	6	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.01	Кутовий профіль	1			
	7	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.02	Схеми прокатування				
	8			кутови профвлів	1			
	9	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.03	Схема розташування устаткування				
	10			прокатного стану ДС-250-2	1			
	11	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.04	Технологічний процес				
	12			виробництва кутового профлю	1			
	13	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.05	Отримання безпепервно-				
	14			литої заготовки	1			
Подп. и дата	15	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.06	Схема калібрування на				
	16			чорнових проходах	1			
	17	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.07	Калібрування чистових калібрів	1			
	18	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.08	Режими прокатування кутового профілю	1			
Инв. № дубл.	19	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.09	Зміна площі поперечного перерізу				
	20			розкату та лінійної швидкості прокатування	1			
	21	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.10	Силкові параметри прокатування	1			
Взам. инв. №	22	A4	КНУ.РМ.136.25.503с-01.11	Техніко-економічні показники	1			
	23							
	24							
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.РМ.136.25.503с-01.В0		
	Разраб.	Кондратенко						
	Проб.	Чуденко						
	Н.контр.	Чуденко						
	Утв.	Савельєв						
Відомість об'єму матеріалів						Лит.	Лист	Листов
кваліфікаційної роботи						р	м	1
Чертеж общего вида						кафедра МЧМ/В		
						група ЗМЧМ-24-1м		
Копировал						Формат А4		

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ.....	5
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КУТОВОГО ПРОФІЛЮ.....	9
1.1 Призначення кутового профілю.....	9
1.2 Класифікація кутників.....	11
1.3 Способи прокатування кутового профілю.....	14
1.4 Обладнання для виготовлення кутового профілю №4.....	18
1.5 Висновки до розділу.....	25
2 ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ.....	27
2.1 Технологічний процес виготовлення кутового профілю на безперервному дрібносортному стані ДС-250-2.....	27
2.2 Вихідний матеріал для прокатування.....	28
2.3 Визначення режимів обтиснення.....	30
2.4 Калібрування кутової сталі 40×40×4 мм при прокатці на безперервному стані 250.....	31
2.5 Температурний режим прокатування.....	47
2.6 Силкові параметри процесу прокатування.....	49
2.7 Висновки до розділу.....	56
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	58
3.1 Заходи з удосконалення технології виготовлення швелеру.....	58
3.2 Виробнича програма.....	58
3.3 Амортизаційні витрати основних засобів.....	61
3.4 Вартість матеріальних ресурсів, що витрачається на виготовлення кутового профілю.....	63
3.5 Фонд заробітної плати.....	64
3.6 Визначення собівартості кутового профілю.....	68
3.7 Висновки до розділу.....	73
4 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ.....	74
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.3			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Кондратенко							
Перевірив	Чубенко						1	1
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м		
Н. контр.	Чубенко							
Затвердив	Савельєв							

ВСТУП

Металургійне виробництво займається виробництвом чорних та кольорових металів, отримується чавун, сталь, феросплави тощо. З цих металів виготовляють металовироби, що задовольняють потреби народного господарства. Продукція металургійного виробництва є основним конструкційним матеріалом для будівництва, машинобудування, транспорту тощо.

Широке розповсюдження в народному господарстві отримали сталеві металовироби, що отримують завдяки процесам прокатування. До таких металовиробів відноситься кутовий профіль.

Металевий кутник – це універсальний металовиріб, що відноситься до профільного металопрокату, який має Г-подібну форму з двома полицями, які перехрещуються під визначеним кутом, частіше за усього 90° .

Такий металовиріб широко використовується в різних сферах діяльності: в будівництві, в меблевій промисловості, в сільському господарстві. З нього створюють жорсткі конструкції, використовують для армування каркасів та як сполучний елемент, надаючи конструкціям визначеної міцності та надійності.

Для створення надійних конструкцій до металевого кутника пред'являють певні вимоги з міцності матеріалу та точності розмірів. Це потребує особливої уваги до розробки технології прокатування кутника з метою отримання потрібної якості виробу при максимальній продуктивності процесу.

Тому приділити увагу до удосконалення технології виробництва – є задача досить актуальна.

Мета роботи: визначити раціональні режими обробки, які дозволять удосконалити технологічні рішення з виготовлення полегшеного кутового профілю №4.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.ВС				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Кондратенко			ВСТУП	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко					1	2	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м			
Н. контр.		Чубенко							
Затвердив		Савельєв							

Задачі дослідження:

- дослідити будову і призначення кутового профілю;
- визначити матеріал для виготовлення кутника №4;
- визначити обладнання для прокатування кутового профілю, дослідити його будову;
- запропонувати удосконалену технологію з виготовлення кутового профілю з безперервно-ливої заготовки;
- визначити режими обтиснення та калібрування прокатних валків, що забезпечать виготовлення кутника точних розмірів з безперервно-ливої заготовки;
- дослідити зміни швидкісних та температурних режимів при прокатуванні кутника №4;
- виконати техніко-економічну оцінку пропонуємих заходів;
- виконати санітарно-економічну оцінку пропонуємих заходів.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.ВС	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КУТОВОГО ПРОФІЛЮ

1.1 Призначення кутового профілю

Кутник – це промисловий металовиріб, який складається з двох пластин однакової, або різної ширини, що з'єднані між собою та утворюють кут 90° (рис. 1.1). Товщина такого виробу може досягати 16 мм. Довжина профілю може складати від 4 до 12 м.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд кутового профілю

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КУТОВОГО ПРОФІЛЮ		
Розробив	Кондратенко						
Перевірив	Чубенко						
Рецензент							
Н. контр.	Чубенко						
Затвердив	Савельєв				Літ. Аркуш Аркушів 1.2 18 Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м		



Рисунок 1.2 – Кутовий профіль на складі прокатного цеху

Металеві кутники – це універсальний матеріал, який використовується в багатьох галузях народного господарства: в будівництві, машинобудуванні, на транспорті, в оздоблювальних роботах тощо.

В будівництві кутовий профіль використовують для створення монолітних конструкцій високих каркасних будівель та споруд в якості арматури з метою посилення бетонних плит; в одноповерхових спорудах для створення металевого каркасу; для створення перекриття великої площі, що витримують великі навантаження; для вирівнювання та захисту зовнішніх кутів стін від механічних пошкоджень, для вирівнювання стін, дверних отворів, віконних відкосів; металеві кутники використовують для жорсткого з'єднання деталей під прямим кутом при виробництві меблів, при створення різних конструкції та стелажів.

В вагонобудівництві кутовий профілю використовується для виробництва залізничних вагонів та передавальних механізмів.

Кутник широко використовується в сільському господарстві для зведення теплиць, ангарів, зерносховищ. З кутника виготовляють стійла, кормушки та огороження. Кутовий профіль використовують для спорудження стовпів та ліній електропередачі, при прокладка трубопроводів;

Кутовий профіль широко використовують в побуті: спорудження огорож та парканів, загонів для тварин тощо для створення сходин.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткове цинкове покриття дозволяє ефективно використовувати кутові профілі під час роботи у несприятливих кліматичних умовах: дозволяє витримувати підвищену вологість, температурні коливання $-40^{\circ}\text{C} + 50^{\circ}\text{C}$.

У позначенні розмірів кутників перші дві пари цифр вказують на ширину полиць, а третя – на їх товщину.

1.2 Класифікація кутників

Класифікація кутників відбувається за декількома ознаками: за матеріалом, з якого його виготовляють, за способом виготовлення, за характером виготовлення, за довжиною і типом профілю.

1. За способом виробництва:

Кутники бувають гарячекатані і гнуті.

Гарячекатані кутові профілі отримують прокатуванням в гарячому стані на прокатному обладнанні. Таких профіль отримує чітко окреслений профіль, у нього присутні чітко окреслені межі полиць, що схрещуються під кутом 90° .

Гнуті профілі отримують за допомогою вигину металевих початкового матеріалу на профілезгинаючих агрегатах та на листозгинаючих машинах, в результаті чого вони мають округлений зовнішній кут. Такі профілі мають меншу поздовжню жорсткість в порівнянні з попередніми. Виготовлений методом вигину прокат краще використовувати в роботах без строгих вимог до точності розмірів й без впливу граничних несучих навантажень.

2. За характером виготовлення:

Поділяють на стандартні та високоточні кутові профілі. Високоточні кутники використовуються там, де потрібні максимальна точність і якість, де потрібно витримати жорсткі допуски, наприклад, в приладобудуванні. Стандартні (або звичайної точності) підходять для менш вимогливих завдань у будівництві, металообробці та кресленні, широко використовують в столярних, монтажних, будівельних роботах.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.3

3. За довжиною:

Кутовий профіль за довжиною класифікують на кутник мірної, не мірної та кратної мірної довжини, а також обмеженої довжини в границях мірної.

Металеві кутники мірної довжини можуть мати довжину, яка дорівнює 6, 7, 9, 10, 11, 12 м. Сталеві кутові профілі можуть мати будь-яку довжину в границях від 4 до 12 м. Довжина мірного та кратного мірному кутника може відхилятися від фіксованих значень на величину похибки, встановлену нормативами.

4. За типом профілю:

За типом кутові профілі класифікують на рівнополичні та нерівнополичні (рис. 1.4).

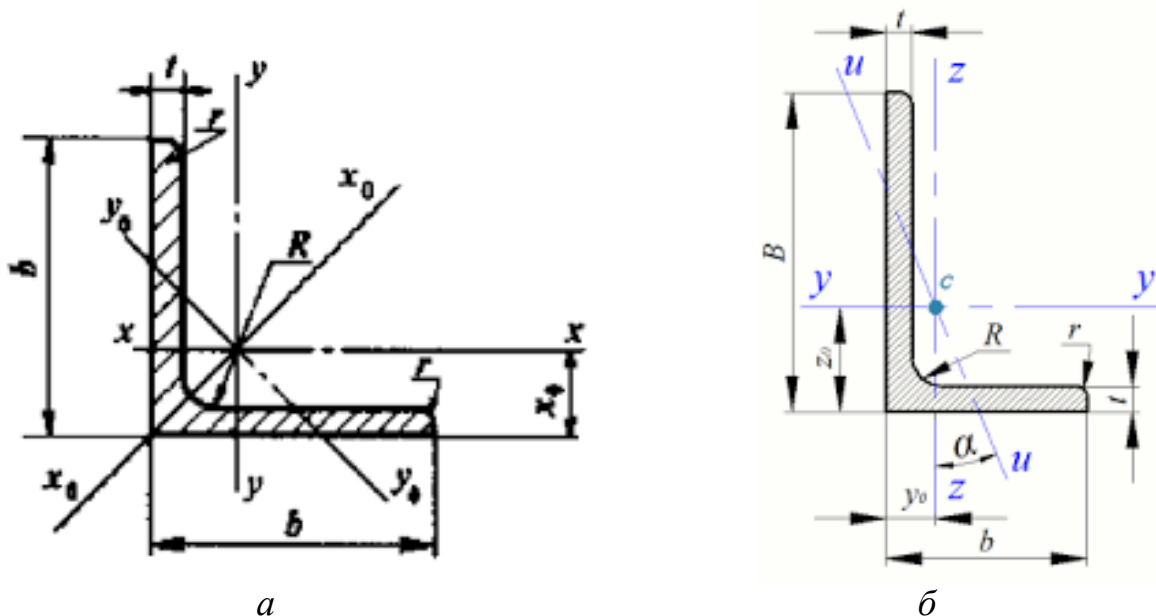


Рисунок 1.3 – Кутовий профіль: *a* – рівнополичний; *б* – нерівнополичний

У рівнополичного кутового профілю обидві полиці за шириною дорівнюють між собою. Такий профіль є універсальний, широко використовується в будівельній та машинобудівній галузі. Має підвищену міцність у поздовжньому перерізі, має порівняно не велику вагу. Розмір полиці може змінюватися в межах від 20 до 250 мм. Довжина його не перевищує 35 мм. Такі кутові профілі повинні відповідати національним та міжнародним

стандартам: ДСТУ EN 10056, EN 10056, ДСТУ 2251, ГОСТ 8509. Такий кутовий профіль добре піддається механічній обробці, легко зварюється, згинається, випрямляється, кріпиться болтовими з'єднаннями.

Нерівнополичний кутовий профіль має полиці різної ширини і залежить від їх товщини. У кутника, що має товщину від 2 до 15 мм ширина більшої полиці може дорівнювати від 25 до 200 мм, ширина меншої полиці – від 16 до 150 мм. Такий кутовий профіль використовується при виконанні специфічних робіт, де використовується асиметрія. Впливовим являється параметром – товщина стінки полиці. При її збільшенні зростає витрата металу на профіль та його вага. В той же час при збільшенні товщини стінки кутника, збільшується і ширина полиці, тим самим пропорційно збільшується і гранично допустиме навантаження на кутовий виріб.

Основний врахований в процесі виготовлення параметр - товщина стінок. Із його збільшенням зростає витрата металу на прокат і вага виробу. У свою чергу, чим більшою стає товщина та ширина полиць, тим пропорційно зростає і граничне допустиме навантаження на сталевий кутник.

5. За матеріалом:

Основний матеріал для кутника будівельного та машинобудівного призначення – сталь (вуглецева, легована, нержавіюча та оцинкована) нормальної, підвищеної та високої міцності. Але для окремих застосувань (наприклад, в авіації, автомобілебудуванні, хімічній галузі) можуть бути затребувані вироби з алюмінію, міді та інших кольорових металів та їх сплавів.

Для виготовлення кутового профілю №4 будемо використовувати леговану сталь 18ХГТ, яка має добрі властивості.

Проаналізувавши усі способи виготовлення кутового профілю, зупиняємося на прокатному виробництві.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Способи прокатування кутового профілю

Прокатування – це процес обробки металів тиском, при якому матеріал отримує потрібні форму та розміри та властивості при обтисненні металу між прокатними валками. При обробці матеріал завдяки силам тертя втягується в зазор між прокатними валками, які обертаються, після чого отримує обтиснення та розширення.

В результаті прокату можна отримати сортову сталь, листову, трубні та спеціальні профілі.

Під час прокатування початковий напівфабрикат піддається різним видам деформуванню. Проходячи між валками під тиском, він набуває визначеної форми, що відповідає вимогам нормативної документації на кутник металевий (ГОСТ, ДСТУ, EN та ін.).

В роботі потрібно запропонувати оновлену технологію виготовлення кутового профілю № 4, який відноситься до сортової сталі.

Увесь сортовий прокат поділяється на крупносортову продукцію, середнє сортову та дрібносортову продукцію. Кутовий профіль №4 через свої не значні розміри відноситься до дрібносортового матеріалу.

Процеси прокатування класифікуються за декількома ознаками:

- за взаємним розташуванням осей матеріалу, що обробляється та прокатними валками;
- за температурою, за зміною зазору між прокатними валками;
- за взаємодією оброблюваного матеріалу з прокатними валками;
- за наявністю зовнішніх сил, що прикладено до кінців оброблюваного матеріалу.

За взаємним розташуванням осей оброблюваного матеріалу та інструменту процеси прокатування поділяють на поздовжнє прокатування, поперечне і поперечно-гвинтове або косе прокатування.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поздовжнє прокатування – це той вид прокатування, де осі оброблюваного матеріалу під час обробки розташовано перпендикулярно до осі інструменту, при цьому оброблювана смуга рухається поступово, прокатні валки обертаються в протилежні сторони. Використовується переважно для отримання сортових профілів, листової продукції, в деяких трубопрокатних агрегатах.

Поперечне прокатування характеризується тим, що осі оброблюваного матеріалу та прокатних валків розташовано паралельно, прокатні валки обертаються в один і той же бік, оброблюваний матеріал в протилежний. Використовується для отримання виробів – тіл обертання: валів, осей, втулок, зубчастих коліс, залізничних коліс.

При поперечно-гвинтовому прокатуванні осі оброблюваного матеріалу та інструменту розташовані під деяким кутом, який може дорівнювати від 7° до 12° . Таке розташування дозволяє створити одночасно поступальний та обертальний рух оброблюваного матеріалу. Інструмент здійснює обертальний рух. Використовується для прошивання отвору в суцільному матеріалі при виготовленні труб, для створення гвинтової поверхні, для отримання куль, при виготовленні спеціальних профілів.

Кутовий профіль відноситься до сортового прокату і отримати його можна поздовжнім прокатуванням.

За температурою прокатування – обробка буває гарячою та холодною. Холодне прокатування використовується для обробки пластичних матеріалів, що мають низький опір деформації, наприклад, алюміній, бронза. Також можна використовувати такий вид обробки для тонких та дрібних матеріалів, наприклад, холодне прокатування тонких листів.

В інших випадках, коли використовується важкодеформуємий матеріал, який має великий опір пластичній деформації та великі розміри, використовується гаряче прокатування, де матеріал перед обробкою нагрівається. Температура нагрівання залежить від хімічного складу матеріалу і дорівнює $T_n = 0,8 \cdot T_{пл}$, де T_n – температура нагрівання; $T_{пл}$ – температура плавлення.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кутовий профіль виготовляється зі сталевих матеріалів, які мають достатньо високий опір пластичної деформації з початкового матеріалу, що має достатні розміри, тому, його будемо виготовляти гарячим прокатуванням.

За взаємодією оброблюваного матеріалу з прокатними валками процеси прокатування поділяють на симетричні та не симетричні. У тому випадку, коли діаметри прокатних валків однакові, теплова і силова взаємодія дорівнюють між собою – процеси прокатування є симетричними.

У тому випадку, коли діаметри прокатних валків різні, теплова та силова взаємодія різні – процеси обробки вважаються не симетричними.

У випадку прокатування кутового профілю номінальні діаметри прокатних валків мають однакові значення, теплова і силова взаємодія дорівнюють між собою, то процес обробки будемо вважати симетричним.

Зовнішніми силами в процесі прокатування кутового профілю №4 будемо зневажати і не враховувати їх в розрахунках.

Прокатування кутового профілю може здійснюватися за трьома схемами:

- схема прокатування з прямими полицями у закритих калібрах, де центральний кут поступово зменшується від 180 до 90° (рис. 1.4. I). За рахунок використання закритих калібрів та чергування роз'ємів у них забезпечується висока точність профілю, добре виконання кута та радіусу закруглень на кінцях профілю. Але такий спосіб має і недоліки, до яких відносять те, що відбувається порівняно не велике обтиснення полиці за товщиною через те, що присутнє бічне обтиснення. Крім цього присутнє досить глибоке врізання у прокатні валки, що збільшує їх зношення і спостерігається велика різниця у швидкостях прокатних валків та оброблюваної смуги. Це свідчить про те, що ця схема малопридатна для отримання кутового профілю середній та великих розмірів;

- схема прокатування з розгорнутими полицями в закритих калібрах (рис. 1.4. II), де центральний кут у першому калібрі приймають рівним від 130 до 145°, у наступних калібрах цей кут поступово зменшується до 90°. За цією схемою полиці отримують, переважно, пряме вертикальне обтиснення, що дозволяє покращити умови прокатування через інтенсифікацію їх потоншення.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За такою схемою, в порівнянні з попередньої, кількість проходів зменшується, в порівнянні з попередньою схемою, прокатування здійснюється при більш високих температурах, існує можливість обтиснення більш тонких виробів. Використання закритих калібрів дозволяє контролювати ширину полиці. До недоліків цієї схеми можна віднести те, що при переході від розгорнутих калібрів до чистових відбувається велика робота формозмінення, що може призвести до втрати стійкості процесу прокатування, зменшення захоплюючої здатності прокатних валків, з'явленню розтягуючих напружень на зовнішніх гранях полиць, що може викликати утворення мікротріщин. З метою поступового розгинання полиць доводиться використовувати декілька калібрів. Це викликає ускладнення при обробці крупних кутових профілів. Щоб цього уникнути використовують поступове згинання полиць;

- схема прокатування з відкритими чорновими калібрами дозволяє виконувати прокатування з вільним розширенням на чорнових проходах (рис. 1.4, III). Ця схема є універсальною через те, що прокатування кутових профілів різних розмірів може відбуватися в одних і тих же чорнових калібрах. При використанні такої схеми скорочується парк прокатних валків та спрощується їх переточування. Можна допустити меншу кількість проходів за рахунок інтенсифікації величини обтиснення.

Через те, що в сортамент прокатного стану ДС-250-2 входить декілька розмірів кутових профілів, для виготовлення кутового профілю зупиняємося на останньому.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

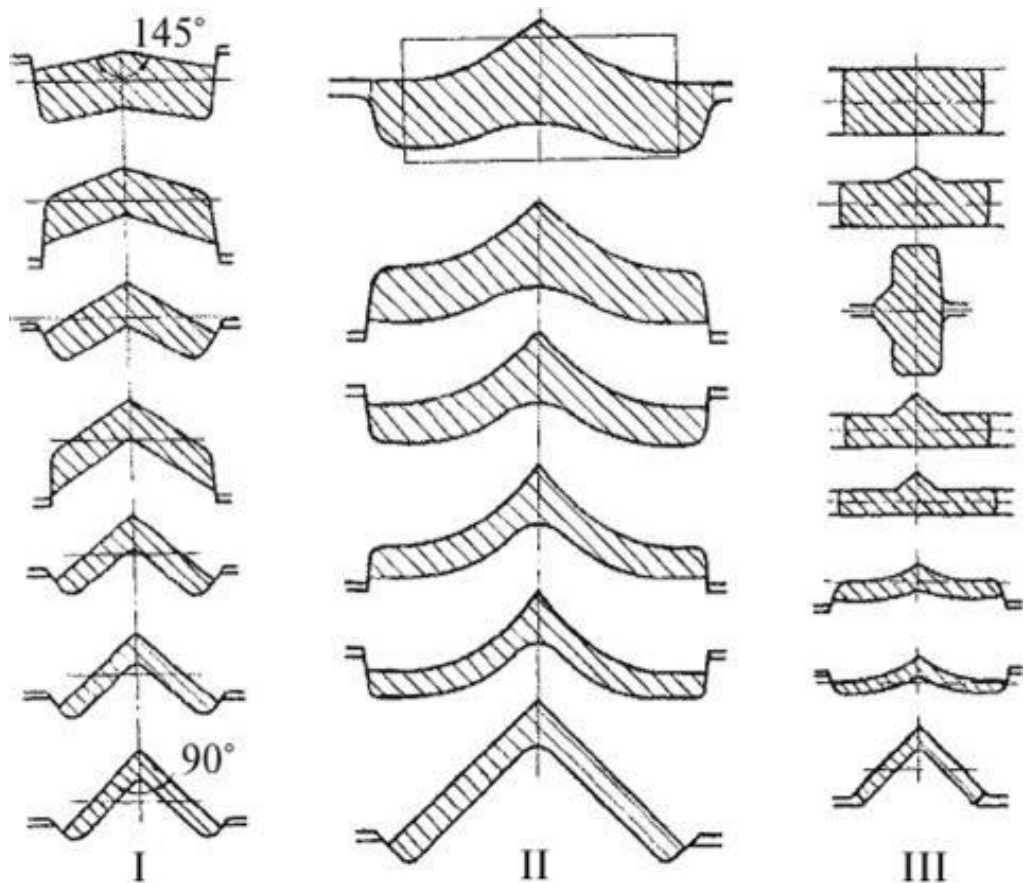


Рисунок 1.4 – Схеми прокатування кутових профілів

1.4 Обладнання для виготовлення кутового профілю №4

Для виготовлення високоякісного прокату використовують потужні, сучасні автоматизовані стани, спеціальні агрегати і обладнання для термічної обробки та проведення інших окремих операцій.

Прокатний стан – це комплекс машин та механізмів, що забезпечує виготовлення виробів заданої форми, розмірів, якості і структури завдяки здатності матеріалу до пластичної деформації.

До складу прокатного стану входить безліч машин та механізмів, які усі можна поділити на основне та допоміжне обладнання.

Прокатні стани класифікують за декількома ознаками: за призначенням, за принципом дії, за кількістю робочих клітей, за кількістю прокатних валків у робочій кліті.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За призначенням прокатні стани класифікують в залежності від виду продукції, що вони виготовляють: сортові, листові, трубопрокатні, спеціальні.

Кутовий профіль відноситься до сортового прокату, тому його потрібно виготовляти на сортових прокатних станах.

В той же час сортові прокатні стани поділяють на: крупносортові, середнє сортові, дрібно сортові. Кутовий профіль №4 відноситься до дрібносортового прокату, тому, його доречно виготовляти на дрібносортовому прокатному стані.

За принципом дії прокатні стани класифікують на реверсивні, напівбезперервні та безперервні прокатні стани.

Реверсивні прокатні стани здійснюють рух в прямому та зворотному напрямку. Вони дозволяють здійснити великі обтиснення, тому їх використовують, переважно, для обробки крупногабаритних профілів. Такі прокатні стани мають не велику швидкість обробки та малу продуктивність.

Напівбезперервні прокатні стани у своєму складі мають як реверсивну, так і безперервну групу клітей, де на реверсивній виконують великі обтиснення, безперервна група клітей дозволяє підвищити точність обробки.

Безперервні прокатні стани працюють з дотриманням принципу постійності секундних об'ємів. При обробці на такому прокатному стані одна смуга може знаходитися в декількох клітях одночасно. Безперервний прокатний стан потребує чергування вертикального та горизонтального розташування прокатних клітей, що забезпечує процес прокатування без кантування з метою всебічного обтиснення. Такі прокатні стани є найсучаснішими, дозволяють виконувати обробку на великих швидкостях, забезпечуючи високу продуктивність процесу.

Для отримання кутового профілю №4 обираємо безперервних прокатний стан ДС-250. Такий дрібно сортний прокатний стан призначений для виробництва катанки та сортового прокату, до якого відноситься кутовий профіль №4, шляхом нагрівання та прокатування початкових матеріалів, що мають поперечний переріз 80×80 мм із відповідних марок сталі.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.11

Матеріал для виготовлення сортового прокату – це вуглецеві сталі, що мають звичайну якість або якісні конструкційні матеріали. Також для прокатування на цих станах використовують низьколеговані сталі усіх ступенів розкислення.

Безперервний дрібносортовий прокатний стан ДС-250 призначено для отримання сортових профілів, що мають не великі розміри поперечного перерізу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Спеціалізація дрібносортового стану ДС-250

№ з/п	Вид прокату	Розміри профілів, мм		
		Дрібносортовий стан		
		250-1	250-2	250-3
1.	Сталь круглого поперечного перерізу	Ø10,12,14	-	-
2.	Сталь для армування залізобетонних конструкцій	№№ 8,10,12,14	№№ 12,14	№№ 10,12
3.	Сталь стрижнева арматурна періодичного профілю, термічно зміцнена	№№ 10,12,14	-	№№ 10,12
4.	Сталь кутова рівно полична	-	№№ 2,0-4,0	-
5.	Сталь кутова нерівно полична	-	50×32×4 45×28×4	-
6.	Сталь смугова	-	20-75×4-10	-
7.	Сталь квадратного поперечного перерізу	12,14	-	-

Примітка:

1. На дрібно сортовому стані 250-2 також допускається прокатуються фасонних профілів спеціального призначення.

2. В залежності від виробничої ситуації допускається зміна спеціалізації дрібно сортових прокатних станів для отримання нових профілів та видів продукції.

3. Прокатні профілі виготовляються у відповідності до вимог національних стандартів України та замовника, що обумовлені у контрактах.

Така сукупність профілів та їх розмірів забезпечує максимальну продуктивність обробки та скорочення парку прокатних валків при переході з одного виду на інший.

З метою розробки технологічного процесу виготовлення кутника №4 для подальших розрахунків режимів обтиснення, калібрування прокатних валків та енергосилових параметрів прокатування із ціллю забезпечення продуктивності та скорочення парку валків в подальшому будемо використовувати дрібносортний стан умовно позначений 250-2. Цей прокатний стан є безперервної дії, забезпечує симетричний процес прокатування, призначений для обробки вихідних матеріалів в гарячому стані.

Схема розташування обладнання, що входить до складу безперервного дрібносортного прокатного стану ДС-250-2 показана на рисунку 1.5.

Дрібносортовий прокатний стан ДС-250 має у своєму складі має нагрівну піч, де відбувається нагрівання початкових матеріалів до потрібної температури прокатування, 23 робочі кліті дуо, з яких 15 горизонтальних та вісім – вертикальних робочих клітей, холодильник для охолодження готового покату, пакувальних пристроїв.

Кліті прокатного стану класифікують на чорнові та чистові групи.

Чорнова група складається з 7 горизонтальних клітей

Чистова складається з двох груп по 8 клітей у кожній, з яких 4 горизонтальні та 4 вертикальні що розташовуються по чергово.

На прокатному стані прокатування здійснюється у дві нитки на чорновій групі клітей та у одну в чистовій.

Підготовлені для прокатування на стані заготовки, перелік яких залежить від замовлення, завантажують працен-кранами на завантажувальні решітки. З цих решіток, за допомогою пристрою для перекладання заготовок по одній передають на підвідний рольганг [4]. Заготовки, які виявилися придатними, транспортують до нагрівальної печі і задають в неї з допомогою пристрою для устаткування заготовок. Браковані заготовки спрямовують до відвідного

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.13

рольгангу, з якого за допомогою спеціального підштовхувача, видаляють до карманів.

Придатні заготовки нагрівають у методичній печі до температури нагрівання перед прокатуванням, яка залежить від хімічного складу оброблюваного матеріалу. Заготовки в нагрівній печі переміщуються за допомогою штовхача. Після нагрівання ці заготовки виштовхують з печі за допомогою виштовхувача.

Перед чорною кліттю прокатного стану придатні заготовки розподіляють на дві нитки за допомогою розподільчого столу. Далі відбувається прокатування матеріалу у чорній прокатній кліті у дві нитки. Заготовка обтискується у чорнових клітках і надходить до чистових.

Між чорною і чистою групою прокатних клітей передбачено обрізання переднього кінця отриманого розкату, що має довжину від 50 до 150 мм. Для обрізання використовують летючі ножиці, які здатні розрізати оброблюваний матеріал під час руху на великих швидкостях. Вони здійснюють розрізання розкату на габаритні довжини, або використовуються в аварійних ситуаціях.

На прокатному стані перед правою чистою групою клітей встановлюються обривні ножиці для автоматичного обрізання заднього кінця, який може застрягнути в чистових прокатних клітках. Такі ножиці дозволяють зменшити кількість плутанки між клітками.

Після прокатування у чистових клітках отримують кінцевий профіль, який розрізають на двобарабанних летючих ножицях на довжини, які відповідають подачі отриманих виробів на холодильник, де вони переміщуються та охолоджуються. Після повного охолодження вироби збирають у пакети і подають до ножиць холодного різання, де їх розрізають на мірні та не мірні довжини. Після цього отримується готовий прокат транспортують за допомогою рольгангів до приймальних карман-вагів. Отримані пачки прокату зав'язують ручним, але частіше механізованим способом, зважують та транспортують мостовими крюковими кранами до складів готової продукції, або безпосередньо завантажують замовникам.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На складах готової, у разі необхідності, здійснюється холодна правка прокату, розрізання його, сортування та ремонт. Отримані пачки готового прокату прибирають та укладають в штабелі або відвантажують в залізничні вагони електричними мостовими кранами.

Обрізь, що утворилася від аварійних ножиці та ножиць холодного розрізання прокату збирають в короби, що встановлено в ямах. Після того, як короб наповнено, його виймають з ями за допомогою електричного мостового крану і відвантажують у залізничні вагони. Окалину, яка утворилася під робочими клітями під час прокатування змивають холодною водою у відстійник окалини, який розташовується у скрапному прольоті. По мірі наповнення відстійника, окалину вилучають електричними мостовими кранами та завантажують у залізничні вагони. Періодичність відвантаження окалини з відстійника повинна бути не менше, як один вагон на два дні.

Валки дробносортових прокатних станів періодично розточують та ремонтують у вальцетокарному цеху. Для зберігання прокатних валків у цьому цеху є спеціальні стенди.

Усі частини прокатного стану зв'язані в єдиний безперервних технологічний комплекс.

До складу устаткування дрібносортового прокатного стану ДС-250-2 також водять і наступні елементи:

Завантажувальні грати

Призначені для приймання початкового матеріалу для отримання готового виробу з ад'юстажа і поштучної подачі їх в певному ритмі на підвідний рольганг нагрівальній печі.

Кількість грат по 2 на піч. Тип – рейковий.

Грати складаються з рухомої і нерухомої систем гребінчастих рейок.

Максимальна маса заготовок, що укладаються на грати 30,0 тон .

Навантаження грат – 50 заготівок.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
						1.15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

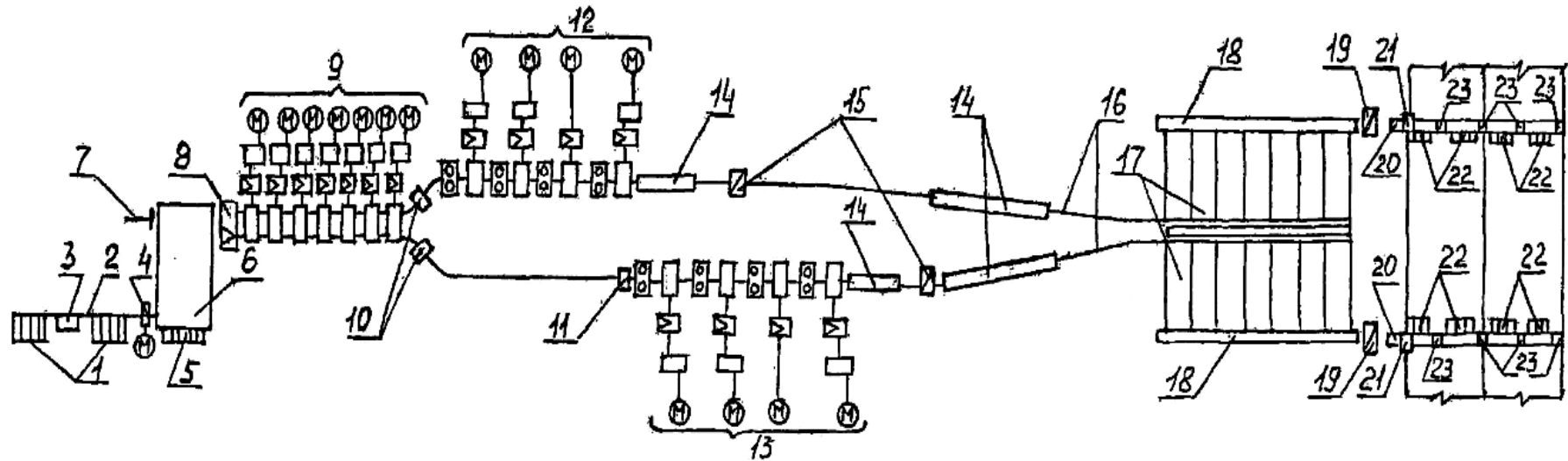


Рисунок 1.5 – Схема розташування устаткування безперервного дрібносортового прокатного стану ДС-250-2:

1 – грати для завантаження початкового матеріалу; 2 – підвідний рольганг; 3 – кишені для збирання забракованих заготовок; 4 – втаскувач заготовок; 5 – штовхач; 6 – нагрівна піч; 7 – виштовхувач з печі; 8 – устаткування для розподілення заготовок; 9 – чорнова група прокатних клітей; 10 – ножиці для аварійного обрізання розкатів; 11 – ніж для обривання; 12 і 13 – ліва та права чистові групи клітей; 14 – лінія прискореного охолодження прокату; 15 – двобарабанні ножиці; 16 – рольганг до холодильника; 17 – холодильник; 18 – рольганг, що відводить; 19 – ножиці; 20 – рольганг для прибирання обрізі; 21 – упор для пересування; 22 – ваги з кишенями; 23 –кінцеві упори [5]

Підвідний рольганг

Призначений для подачі початкового матеріалу від приймальних грат до втаскувачів.

Підвідний рольганг має у своєму складі 3 холостих і 42 приводних роликів діаметром 250 мм і довжиною бочки ролика 400 мм з індивідуальним приводом від електродвигуна змінного струму (2 кВт, 480 об/хв).

Втаскувач

Призначений для подачі заготовок від підводячого рольгангу в нагрівальну піч.

Тип втаскувачу роликовий. Кількість – 1.

Зусилля втаскувача при масі заготовки 600 кг – 620 кг

Швидкість втаскування дорівнює 3,035 м/с.

Прокатні валки дрібносортового прокатного стану ДС-250-2 виготовляють із легованого чавуну з кулястим графітом марки СШХН. Технічну характеристику таких прокатних валків наведено в таблиці 1.2. Кожна група прокатних валків має комплект, що складається з валків однакового діаметру.

Валки дрібносортних станів укомплектовані опорами-підшипниками рідинного тертя. Такі підшипники забезпечують надійну роботу стану за умови їх вірного збирання, зберігання та експлуатації. Також можуть в цих прокатних валках застосовуватися опори з підшипниками кочення.

1.5 Висновки до розділу

В даному розділі проаналізовано призначення та конструктивне виконання кутового профілю №4, матеріал для його виготовлення, способи отримання, обладнання. Надано перевагу процесу гарячого прокатування.

Визначено обладнання для отримання кутового профілю №4, проаналізовано принцип його дії, склад. Надано перевагу безперервному дрібно сортовому прокатному стану ДС-250-2. Визначено інструмент для прокатування, його технічну характеристику, матеріал для виготовлення.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.01.АБСВКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.17

Проаналізовано схеми прокатування і надано перевагу прокатуванні у відкритих калібрах.

Таблиця 1.2 – Характеристики прокатних валків дрібносортового стану 250-2

Номер кліті	Номінальні розміри прокатних валків, мм		Номінальні діаметри, мм		Положення валка	Кількість переточування, мм		Примітки
	діаметр	довжина бочки	шах	1ШП		валки на ПК	валки на ПЖТ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чорнова група прокатних клітей								
1-7	370	680	400	340	До 5			
Чистові групи прокатних клітей								
8, 10	320	360	370	320			До 4	
12, 14	320	400	340	305		До 6		
Кутові профілі								
9	320	600	340	300	верхнє		До 5	
			336	296	нижнє			
Кутові профілі								
11	320	600	346	306	верхнє		До 5	
			323	283	нижнє			
Смугові профілі								
340				305	До 5			
Рівно поличні кутові профілі								
13, 15	270	490	325	293	верхнє		До 4	
			249	217	нижнє			
Нерівно поличні кутові профілі								
			320	288	верхи.		До 4	
			254	222	низай.			
Смугові профілі								
290				260	До 4			
Арматурні профілі								
9, 11	320	600	340	300			До 4	
13, 15	290	490	290	260			До 4	

2 ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Технологічний процес виробництва кутового профілю на безперервному дрібносортному стані ДС-250-2

Технологія прокатування кутового профілю складається з наступних операцій:

1. Підготування вихідного матеріалу. В якості вихідного матеріалу перевага надається безперервно-литій заготовці, що отримано в машині безперервної розливки. Огляд заготовок, відбракування.
2. Транспортування по рольгангу придатних заготовок до нагрівної печі. Браковані заготовки зіштовхувачем видаляють в карман.
3. Нагрівання заготовок в методичній печі. Для низьковуглецевої сталі температура нагрівання дорівнює 1250°C.
4. Транспортування нагрітих заготовок до дрібносортового прокатного стану.
5. Розподілення нагрітих заготовок перед чорною кліттю прокатного стану на дві нитки за допомогою розподільного столу.
6. Прокатування безперервно-ливої заготовки в чорновій прокатній кліті.
7. Розрізання розкатів на летючих ножицях, підрізання заднього кінця.
8. Прокатування розкатів в чистовій кліті.
9. Розрізання розкатів за допомогою летючих двобарабанных ножиць на довжини, що відповідають розмірам холодильнику.
10. Охолодження матеріалу на холодильнику.
11. Обрізання прокату на мірні довжини.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кондратенко			ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ	Літ.	Аркуш
Перевірив		Чубенко					2.1
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м	
Н. контр.		Чубенко					
Затвердив		Савельєв					

12. Транспортування готового прокату до карман-вагів.
13. Ув'язка прокату.
14. Транспортування крюковим краном готового на склад готової продукції.
15. Правка прокату та його сортування.
16. Відвантаження готового профілю.

2.2 Вихідний матеріал для прокатування

В якості вихідного матеріалу ля прокатування пропонується використовувати безперервно-литу заготовку замість дискретної заготовки, що отримано на безперервно заготівельному стані.

До заміни використовувалася заготовка, що має розміри поперечного перерізу 80×80 мм і довжину 11 м та має масу 553,6 кг.

Безперервно-лита заготовка – це виріб, що має певну форму, який отримують шляхом безперервної розливки сталі. Такий процес забезпечує формування заготовки безперервно, як тільки метал в рідкому стані поступає до кристалізатора машини безперервної розливки. Такий процес має свої переваги у тому, що є можливість виготовляти достатню кількість заготовок з мінімальними витратами, в результаті безперервної розливки та кристалізації забезпечується стабільна структура матеріалу, мінімізуються не металеві включення, пори, тріщини та інші дефекти, що дозволяє отримати якісний металовиріб.

Безперервно-лита заготовка для отримання кутового профілю №4 повинна мати квадратну форму поперечного перерізу з розмірами 60×60 мм, що легко отримати застосувавши кристалізатор з відповідним внутрішнім отвором.

Для отримання такої заготовки будемо використовувати машину безперервної розливки радіального типу, що потрібно встановити в конверторному цеху. Для збільшення продуктивності машини безперервної розливки будемо використовувати чотирирівнякове устаткування (рис. 2.1).

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.2



Рисунок 2.1 – Чотирирівчакова радіальна машина безперервної розливки сталі

Таким чином для прокатування буде використовуватися заготовка, що має поперечні розміри 60×60, довжину 6 м.

Маса цієї заготовки визначається за формулою:

$$Q_n = b_0 h_0 l_0 \rho, \quad (2.1)$$

де b_0 – ширина заготовки, м;

h_0 – висота заготовки, м;

l_0 – довжина заготовки, м;

ρ – густина матеріалу заготовки, кг/м³, для вуглецевої сталі

$\rho = 7800$ кг/м³.

Після підстановки отримаємо: $Q_n = 60 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 = 311$ кг.

Це свідчить про те, що маса вихідного матеріалу зменшено в 1, 78 разів.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Визначення режимів обтиснення

Проаналізувавши можливі схеми виготовлення кутового профілю зупиняємося на схемі прокатування, за якою можна виготовляти декілька профілів. Високу точність профіля отримаємо у останніх чистових калібрах.

Прокатування кутового профілю буде здійснюватися у відкритих калібрах за схемою, що наведено на рис. 2.2.

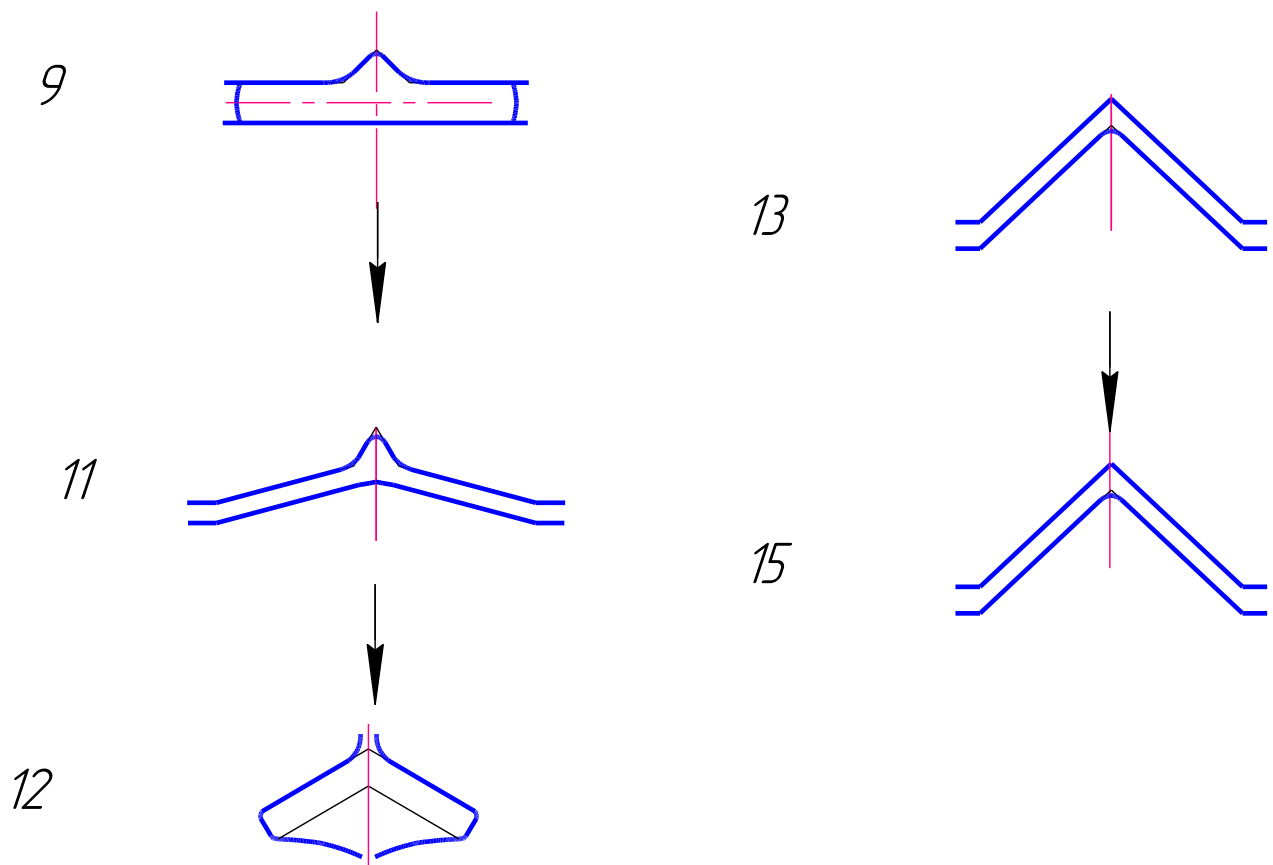


Рисунок 2.2 – Схема калібрування чистових фасонних калібрів

На схемі показано п'ять фасонних калібрів. На рисунку видно, що дев'ята прокатна кліть дрібносортового прокатного стану ДС-250-2 має відкритий пластовий горизонтальний калібр, кліть 11 також горизонтальна, має нахил полиць під невеликим кутом (нахил 15°), кліть 12 розташовано вертикально і має вертикальний калібр, що служить для коригування ширини полок, кут нахилу

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшується в цьому калібрі до 30° , в клітках 13 та 15 кут нахилу дорівнює 45° і розкат отримує форму, яка відповідає формі кутового профілю..

Прокатування у відкритих калібрах має переваги через те, що робить їх універсальними, легко перенастроюємо. Але при прокатуванні за такою схемою потрібно уважно слідкувати за проводковою арматурою з метою забезпечення більш точних розмірів полиці за своєю шириною.

З метою отримання кутового профілю №4 точних розмірів, з дотриманням усіх вимог до якості за мінімальну кількість проходів, потрібно розрахувати калібрування кутової смуги для заданої схеми.

2.4 Калібрування кутової сталі 40×40×4 мм при прокатці на безперервному стані 250

Початкові дані

Ширина полиці в холодному стані кутового профілю №4 дорівнює: $b = 40$ мм. Товщина полиці в холодному стані кутового профілю №4 дорівнює $h = 4,0$ мм. За стандартом допуски на розміри складають $\pm 1,0$ мм по ширині полиці і $\pm 0,4$ мм по товщині полиці. Радіуси закруглення у вершини дорівнює $R = 5,0$ мм і у краю полиці $r = 1,7$ мм.

Кутник №4 має площу поперечного перерізу: $Q = 308$ мм², масу 1 п.м профілю $G = 2,42$ кг/м.

В якості вихідного матеріалу для прокатування кутового профілю буде використовуватися безперервно-лита заготовка 60×60 мм. Використання такої заготовки дозволяє нам прибрати 3 чорнові калібри і скоротити кількість проходів в чорновій групі з 8-ми до 5-ти прибравши саме навантажені громіздкі чорнові кліті: першу, другу і третю.

Безперервно-лита заготовка має мірну довжину $L_0 = 6,0$ м.

Починаємо розрахунок калібрування з чистової групи клітей і ведемо проти руху прокатування. Спочатку розраховуємо останню чистову 15 кліть.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кліть 15 – чистовий калібр

Зовнішня ширина полиці в гарячому стані з урахуванням мінусового допуску складає [8]:

$$b_{г15} = \left(b - \frac{\Delta}{2}\right) \cdot 1,015 = \left(40 - \frac{1,0}{2}\right) \cdot 1,015 = 40,1 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Товщина полиці в гарячому стані:

$$h_{г15} = \left(h - \frac{\Delta}{2}\right) \cdot 1,015 = \left(4,0 - \frac{0,4}{2}\right) \cdot 1,015 = 3,9 \text{ мм.} \quad (2.3)$$

Ширина полиці по середній лінії рівна:

$$b_{15} = b_{г15} - 0,5 \cdot h_{г15} = 40,1 - 0,5 \cdot 3,9 = 38,15 \text{ мм.} \quad (2.4)$$

Приймаємо коефіцієнт зменшення висоти:

$$p_{15} = \frac{h_{13}}{h_{15}} = 1,20, \quad (2.5)$$

тоді товщина полиці, що задається, дорівнює:

$$h_{13} = h_{г15} \cdot p_{15} = 3,9 \cdot 1,20 = 4,68 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

Визначаємо розширення, вважаючи, що кожна полиця розширюється самостійно:

$$\begin{aligned} \Delta b_{15} &= \frac{2b_{ср.15} \cdot \Delta h_{15} \cdot k_1 \cdot k_2}{(h_{13} + h_{15}) \left[1 + (1 + \alpha_{15}) \left(\frac{b_{ср.15}}{R_{ксп.15} \cdot \alpha_{15}} \right)^2 \right]} = \\ &= \frac{2 \cdot 38 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 2}{(4,8 + 4) \left[1 + (1 + 0,07) \left(\frac{38}{162,32 \cdot 0,07} \right)^2 \right]} = 0,49 \text{ мм,} \end{aligned} \quad (2.7)$$

де $k_1 = 1$ - коефіцієнт обмеження розширення

$k_2 = 2$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вигин полиць

Приймаємо, що зазор між прокатними валками в 15 кліті дорівнює 5 мм.

Тоді номінальний діаметр прокатних валків буде дорівнювати:

$$D_0 = D_b + s = 270 + 4,0 = 276,0 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

Катаючий діаметр буде дорівнювати:

$$D_{к.ср} = D_0 - h_{ср} = 275,4 - \frac{Q}{b_k} = 276,0 - \frac{304}{38} = 267 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

Середній радіус прокатних валків:

$$R_{к.ср} = 134,4 \text{ мм.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа кутового профілю з урахуванням мінусового допуску:

$$Q = 2 \cdot b_{\text{ср15}} \cdot h_{\text{г15}} = 2 \cdot 38,0 \cdot 4,0 = 304 \text{ мм}^2; \quad (2.10)$$

Кут захоплення:

$$\alpha_{15} = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{15}}{D_{\text{к.ср}}} \right) = \arccos \left(1 - \frac{0,49}{267} \right) = \arccos 0,9964; \quad (2.11)$$

$$\alpha \approx 5^\circ; \alpha \approx 0,084878 \text{ рад.}$$

Лінійна швидкість прокатування в останній кліті дорівнює:

$$V_{15} = 13,2 \text{ м/с.}$$

Площа поперечного перерізу кутового профілю з врахуванням мінусового допуску дорівнює: $F_{15} = 304 \text{ мм}^2$.

Оберти прокатних валків:

$$n_y = \frac{60 \cdot V_{15} \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = 441 \text{ об/хв.} \quad (2.12)$$

Оберти двигуна:

- передаточне число редуктора дорівнює: $i_{\text{red}} = 0,77$

$$n_{dy} = n_y \cdot i_{\text{red}} = 339 \text{ об/хв.} \quad (2.13)$$

Константа калібрування:

$$K = 2 \cdot F_{15} \cdot D_k \cdot n_y = 88112880. \quad (2.14)$$

Обтиснення:

$$\Delta h = 5,76 - 4,8 = 0,96.$$

Кут захвату:

$$\alpha = \cos \left(1 - \frac{\Delta h}{D_k} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 5,0^\circ. \quad (2.15)$$

Маса заготовки: $G = 550 \text{ кг.}$

Довжина розкату:

$$L_{15} = \frac{G}{F_{15} \cdot 1000 \cdot 7,55 \cdot 10^{-6}} = 152,4 \text{ м.} \quad (2.16)$$

Коефіцієнт витяжки:

$$\mu = \frac{360}{304} = 1,18. \quad (2.17)$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кліть 13 – передчистовий калібр

Ширина полиці по середній лінії буде рівною:

$$b_{13} = b_{15} - \Delta b_{15} = 38,0 - 0,49 = 37,51 \text{ мм.} \quad (2.18)$$

Товщина полиці в передчистовому калібрі: $h_{13} = 4,8 \text{ мм.}$

Коефіцієнт зменшення висоти в приймаємо за практичними даними:

$$p_{13} = \frac{h_{12}}{h_{13}} = 1,1.$$

Тоді товщина полиці, що задається, дорівнює:

$$h_{12} = h_{13} \cdot p_{13} = 4,8 \cdot 1,25 = 5 \text{ мм.}$$

Обтиснення за товщиною полиці складає:

$$\Delta h_{13} = h_{12} - h_{13} = 6,0 - 4,8 = 1,2 \text{ мм.} \quad (2.19)$$

Визначаємо розширення полиці в передчистовому калібрі, враховуючи те, що кожна полиця має вільне розширення

$$\Delta b_{13} = \frac{2 \cdot 37,5 \cdot 1,2}{(6+4,8) \cdot \left[1 + (1+0,096) \cdot \left(\frac{37,5}{133,7 \cdot 0,096} \right)^2 \right]} = 0,7 \text{ мм.}$$

Площа поперечного перерізу розкату в тринадцятому калібрі:

$$Q_{13} = 2 \cdot 37,5 \cdot 4,8 = 360 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Середній катаючий діаметр: } D_{\text{к.ср}} = 275 - \frac{360}{53} = 267,3 \text{ мм.}$$

$$\text{Радіус прокатного валка: } R_{\text{к.ср}} = 133,7 \text{ мм;}$$

$$\text{Кут захоплення: } \alpha_{13} \approx 5,5^\circ \approx 0,096 \text{ рад.}$$

Згідно за стандартом, радіус закруглення у вершини калібру дорівнює:

$R = 5,0 \text{ мм.}$ Товщина смуги у вершини калібру:

$$m_{13} = 1,414 \cdot 4,80 + 0,414 \cdot 5,0 = 8,80 \text{ мм.} \quad (2.20)$$

Швидкість прокатки:

$$V_{13} = \frac{F_{15} \cdot 2 \cdot V_{15}}{2 \cdot F_{13}} = 11,2 \text{ м/с.} \quad (2.21)$$

$$\text{Номінальний діаметр прокатних валків: } D_n = 275 \text{ мм;}$$

$$\text{Зазор між прокатними валками дорівнює: } S_{13} = 6,4 \text{ мм.}$$

$$\text{Оберти прокатних валків дорівнюють: } n_y = \frac{60 \cdot V_{13} \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = 436 \text{ об/хв.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оберти двигуна: $i_{red} = 1$

$$n_{dy} = n_y \cdot i_{red} = 436 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Кут захвату: } \alpha = \cos \left(1 - \frac{\Delta h}{D_k} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 5,5^\circ.$$

Довжина розкату з урахуванням витяжки про прокатуванні дорівнює:

$$L_{13} = \frac{F_{15}}{F_{13}} L_{15} = 129,1 \text{ м.} \quad (2.22)$$

Коефіцієнт витяжки дорівнює: $\mu = 1,04$.

Кліть 12 кутовий вертикальний калібр

З метою коригування розмірів полиць у вертикальних валках застосовують ребровий калібр.

В подальшому, поступово збільшуємо кут нахилу полиць в прокатних клітках 11, 12 і 13 і приймаємо відповідно:

$$\alpha_{11} = 15^\circ, \alpha_{12} = 30^\circ, \alpha_{13} = 45^\circ.$$

Ширина полиці в кліті 12 дорівнює:

$$b_{12} = b_{13} - \Delta b_{13} = 37,5 - 0,7 = 36,8 \text{ мм.}$$

Товщина полиці в ребровому калібрі дорівнює:

$$h_{12} = 5,0 \text{ мм.}$$

Ширина полиці по вертикальному напрямку в 12 калібрі дорівнює:

$$B_{12} = 2 \cdot b_{12} \cdot \cos 30^\circ = 2 \cdot 36,8 \cdot 0,866 = 63,7 \text{ мм.} \quad (2.23)$$

У вертикальних прокатних валках даємо обтиснення за шириною кожної полиці близько 1 мм.

Площа поперечного перерізу розкату дорівнює: $F_{12} = 373 \text{ мм}^2$.

$$\text{Лінійна швидкість прокатування дорівнює: } V_{12} = \frac{F_{13} \cdot 2 \cdot V_{13}}{2 \cdot F_{12}} = 10,75 \text{ м/с.}$$

Номінальний діаметр прокатних валків: $D_n = 340 \text{ мм;}$

зазор між прокатними валками дорівнює: $S_{12} = 3,4 \text{ мм;}$

$$\text{катаючий діаметр: } D_k = \left(D_n - \frac{F_{12}}{b_{12}} \right) + S_{12} = 276 \text{ мм.}$$

$$\text{Частота обертання прокатних валків: } n_y = \frac{60 \cdot V_{12} \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = 367 \text{ об/хв.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оберти двигуна при передаточному числі редуктора: $i_{red} = 2,3$.

$$n_{dy} = n_y \cdot i_{red} = 844 \text{ об/хв.}$$

Обтиснення: $\Delta h = 0,7$.

Кут захоплення в кліті дорівнює: $\alpha = \cos \left(1 - \frac{\Delta h}{D_k} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 1,5^\circ$.

Довжина розкату: $L_{12} = 124,2 \text{ м.}$

Коефіцієнт витяжки: $\mu = 1,17$.

Площа поперечного перерізу розкату:

$$Q_{12} = Q_{13} \cdot \mu = 360 \cdot 1,17 = 421,2 \text{ мм}^2.$$

Кліть 11 кутовий горизонтальний калібр

Кут нахилу полиці складає $\alpha_{11} = 15^\circ$. Ширина полиці з урахуванням обтиснення, що здійснюється у 12-му ребровому калібрі дорівнює:

$$b_{11} = b_{12} + 1 = 36,8 + 1 = 37,8 \text{ мм.}$$

Товщина полиці залишається такою ж як і в ребровому калібрі:

$$h_{11} = h_{12} = 6,0 \text{ мм.}$$

Ширина калібру по горизонталі дорівнює:

$$B_{11} = 2 \cdot b_{11} \cdot \cos 15^\circ = 2 \cdot 37,8 \cdot 0,966 = 73 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт зменшення висоти приймаємо рівним $p_{11} = 1,35$.

Тоді, товщина смуги, що задається з 9-го до 11 калібру буде дорівнювати:

$$h_9 = h_{11} \cdot p_{11} = 6 \cdot 1,35 = 8 \text{ мм.}$$

Обтиснення в одинадцятій кліті буде дорівнювати:

$$\Delta h_{11} = h_9 - h_{11} = 8 - 6 = 2 \text{ мм.}$$

У кліті 11 приймаємо коефіцієнт обмеження величини обтиснення $k' = 0,8$. Коефіцієнт, що враховує нахил полиць, приймаємо рівним $k'' = 1,5$.

З метою підрахунку розширення в 11-й кліті, скористаємося виразом:

$$k' \cdot k'' = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2. \quad (2.24)$$

Сумарне розширення двох полиць в одинадцятій кліті дорівнює:

$$\Delta b_{11} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 2 \cdot 1,2}{(8+6) \cdot \left[1 + (1+0,1258) \cdot \left(\frac{73}{159,3 \cdot 0,1134} \right)^2 \right]} = 1,3 \text{ мм.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.10

Площа поперечного перерізу смуги в одинадцятому калібрі дорівнює:

$$Q_{11} = 73 \cdot 6 = 584 \text{ мм}^2.$$

Номінальний діаметр прокатних валків в 11-й кліті з врахуванням зазору дорівнює:

$$D_0 = 320 + 4 = 324 \text{ мм.}$$

Середній катаючий діаметр прокатних валків дорівнює:

$$D_{\text{к.ср}} = 324 - \frac{393}{73} = 318,6 \text{ мм.}$$

Катаючий радіус в цій кліті дорівнює: $R_{\text{к.ср}} = 159,3 \text{ мм.}$

Кут захоплення при прокатуванні $\alpha_{11} \approx 6,5^\circ \approx 0,1134 \text{ рад.}$

Для заповнення вершини кутника необхідно визначити величину m_{11} .

Приймаємо коефіцієнт зменшення в тринадцятій кліті по вершині $p'_{13} = 1,3$.

Тоді:

$$m_{11} = m_{13} \cdot p'_{13} = 1,3 \cdot 8 = 10,4 \text{ мм.} \quad (2.25)$$

З геометричних співвідношень знаходимо величину додатку $a \cdot b = 14,2$ мм. Кут при вершині калібру дорівнює $\psi = 90^\circ$.

$$\text{Швидкість прокатки: } V_{11} = \frac{F_{12} \cdot 2 \cdot V_{12}}{2 \cdot F_{11}} = 9,1 \text{ м/с.}$$

$$\text{Частота обертання прокатних валків: } n_y = \frac{60 \cdot V_{11} \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = 336 \text{ об/хв.}$$

Оберти двигуна при $i_{red} = 1,75$ дорівнюють

$$n_{dy} = n_y \cdot i_{red} = 588 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Кут захоплення в кліті дорівнює: } \alpha = \cos \left(1 - \frac{\Delta h}{D_k} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 6,5^\circ.$$

Довжина розкату в одинадцятій прокатній кліті : $L_{11} = 106,1 \text{ м.}$

Коефіцієнт витяжки: $\mu = 1,3$.

Кліть 9 – калібр пластової форми

Ширина полиць в калібрі 9 дорівнює:

$$B_9 = B_{11} - \Delta b_{11} = 73 - 1,3 = 71,7 \text{ мм.} \quad (2.26)$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.11

Приймаємо коефіцієнт зменшення товщини в дев'ятому пластовому калібрі дорівнює $p_9 = 1,4$.

Тоді, товщина смуги в калібрі дорівнює:

$$h_7 = h_9 \cdot p_9 = 1,4 \cdot 8 = 11,2 \text{ мм.}$$

Обтиснення за товщиною в дев'ятому калібрі дорівнює:

$$\Delta h_9 = h_7 - h_9 = 11,2 - 8 = 3,2 \text{ мм.}$$

Розширення в дев'ятому калібрі дорівнює:

$$\Delta b_9 = \frac{2 \cdot 71,7 \cdot 3,2 \cdot 0,8}{(11,2+8) \cdot \left[1 + (1+0,157) \cdot \left(\frac{71,7}{158,8 \cdot 0,157} \right)^2 \right]} = 1,2 \text{ мм.}$$

Площа поперечного перерізу в дев'ятому калібрі дорівнює:

$$Q_9 = 71,7 \cdot 8 = 573 \text{ мм}^2.$$

Номинальний діаметр прокатних валків з врахуванням зазору між прокатними валками дорівнює: $D_0 = 320 + 5 = 325 \text{ мм.}$

Середній катаючий діаметр прокатного валку дорівнює:

$$D_{\text{к.ср}} = 325 - \frac{704}{90,2} = 317 \text{ мм.}$$

Середній радіус прокатного валка в кліті дорівнює: $R_{\text{к.ср}} = 158,5 \text{ мм.}$

Кут захоплення в дев'ятій прокатній кліті дорівнює: $\alpha_9 \approx 9^\circ \approx 0,157 \text{ рад.}$

Потовщення у вершини приймаємо рівним:

$$m_9 = m_{11} \cdot p'_9 = 1,35 \cdot 11,2 = 15,12 \text{ мм.}$$

Кут у вершини дорівнює $\psi = 90^\circ$.

Швидкість прокатки буде дорівнювати: $V_9 = \frac{F_{11} \cdot 2 \cdot V_{11}}{2 \cdot F_9} = 7,1 \text{ м/с.}$

Оберти прокатних валків дорівнюють: $n_y = \frac{60 \cdot V_9 \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = 319 \text{ об/хв.}$

Оберти двигуна при передаточному числі редуктора $i_{red} = 2,2$, дорівнюють:

$$n_{dy} = n_y \cdot i_{red} = 701 \text{ об/хв.}$$

Кут захоплення:

$$\alpha = \cos \left(1 - \frac{\Delta h}{D_k} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 10^\circ.$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина розкату в дев'ятій прокатній кліті дорівнює:

$$L_9 = 81,7 \text{ м.}$$

Коефіцієнт витяжки при прокатуванні в дев'ятій кліті дорівнює: $\mu = 1,65$.

Групу чорнових клітей розраховуємо аналогічно, розрахункові дані заносимо до таблиці 2.1.

Дев'ятий калібр це останній калібр, що входить до чистої групи клітей, далі ведемо розрахунок чорнової групи за схемою.

В результаті удосконалення технології виробництва кутового профілю, чорнову групу клітей було оновлено, в результаті чого зменшилася кількість калібрів (рис. 2.3, 2.4).

Кліть 8 – вертикальна

Ширина смуги: $b_8 = 11,34 \text{ мм.}$

Висота смуги: $h_8 = B_9 - \Delta b_9 = 71,7 - 1,2 = 70,5 \text{ мм.}$

Площа поперечного перерізу смуги: $Q_8 = 70,5 \times 11,34 = 799,5 \text{ мм}^2$.

Швидкість прокатування складає: $v_8 = 6,8 \text{ м/с.}$

Довжина розкату в восьмій прокатній кліті: $L_8 = 49,5$

Такий розкат потрібно задати в чистову кліть 9.

Номінальний діаметр прокатних валків

$$D_0 = D_6 + S = 370 + 26 = 396 \text{ мм,}$$

де $D_6 = 370 \text{ мм}$ – діаметр валка по буртах,

$S = 26 \text{ мм}$ – зазор між валками.

Середній катаючий діаметр:

$$D_{\text{к.ср}} = 370 - 70,5 = 299,5 \text{ мм.}$$

Катаючий радіус прокатних валків: $R_{\text{к.ср}} = 149,75 \text{ мм.}$

Далі визначаємо загальний коефіцієнт витяжки, який потрібно виконати в чорнових клітях, які будемо використовувати. Для отримання розкату, що задається в чистову кліть з безперервно-ливої заготовки $60 \times 60 \text{ мм.}$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.13

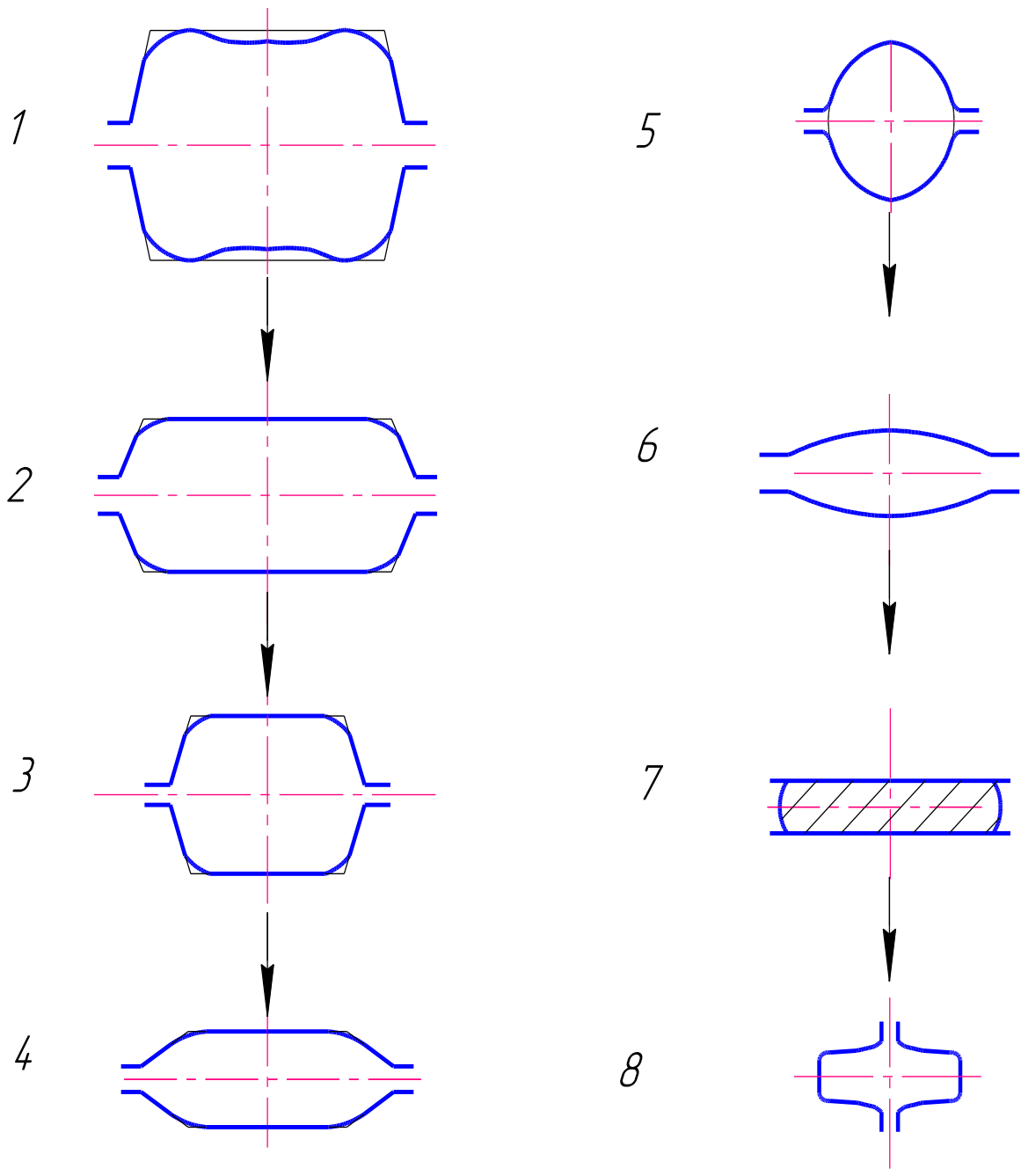


Рисунок 2.3 – Схема калібрування чорнових калібрів за базовим варіантом

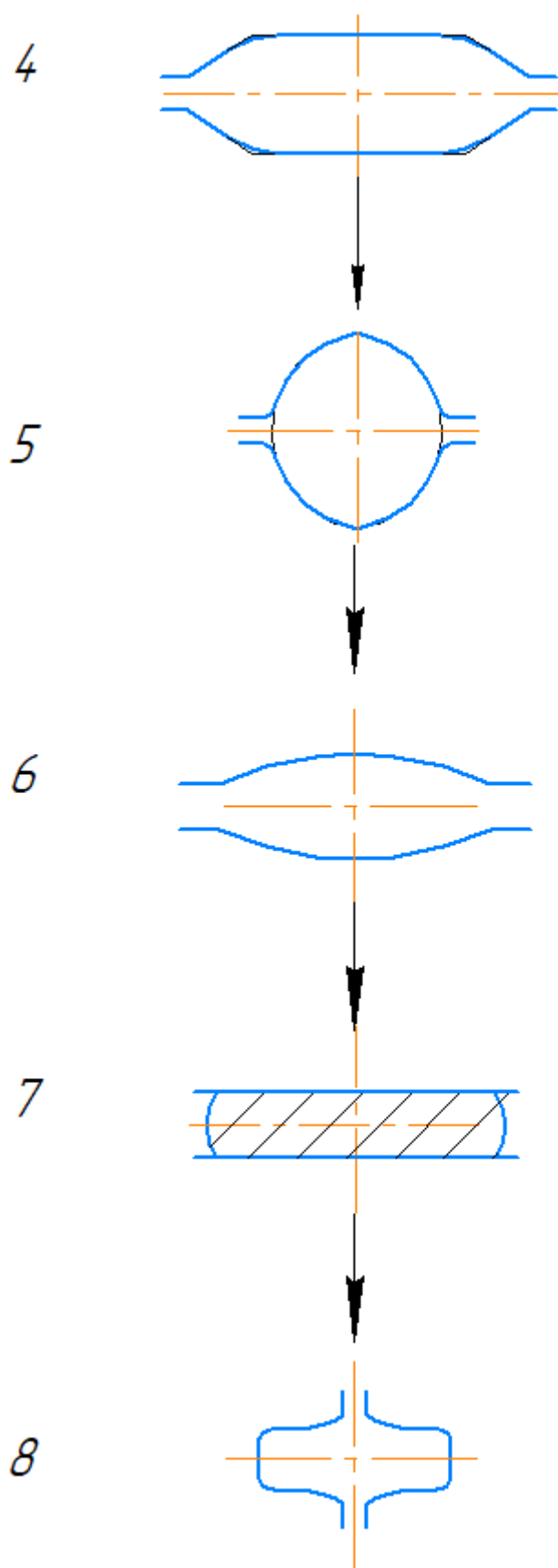


Рисунок 2.4 – Схема калібрування чорнових калібрів за удосконаленою технологією

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР

Аркуш

2.15

Для початку визначаємо площу поперечного перерізу безперервно литої заготовки:

$$F_0 = h_0 \cdot b_0 = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ мм}^2.$$

Далі, визначимо загальний коефіцієнт витяжки, що потрібно зробити при послідовному прокатуванні в 4, 5, 6, 7, 8 калібрах.

$$\mu_{4-7} = \frac{3600}{799,5} = 4,5.$$

Визначаємо коефіцієнт витяжки за кожним з п'яти проходів.

$$\mu_{4-7} = \sqrt[5]{4,5} = 1,3512.$$

Розподіляємо між кожним проходом за виразом:

$$\mu_{4-7} = \mu_4 \mu_5 \mu_6 \mu_7 \mu_8 = 1,37 \cdot 1,36 \cdot 1,35 \cdot 1,35 \cdot 1,325. \quad (2.27)$$

Тоді отримаємо площі поперечного перерізу розкату після кожного проходу:

- після четвертого походу: $Q_4 = \frac{Q_0}{\mu_4} = \frac{3600}{1,37} = 2627,7 \text{ мм}^2$;
- після п'ятого походу: $Q_5 = \frac{Q_4}{\mu_5} = \frac{2627,7}{1,36} = 1932,1 \text{ мм}^2$;
- після шостого походу: $Q_6 = \frac{Q_5}{\mu_6} = \frac{1932,1}{1,35} = 1431,2 \text{ мм}^2$;
- після сьомого походу: $Q_7 = \frac{Q_6}{\mu_7} = \frac{1431,2}{1,325} = 1060,1 \text{ мм}^2$.

Дані розрахунку заносимо в табл. 2.1.

Кліть 7 – гладка бочка

За попередніми розрахунками визначено, що висота смуги у сьомому калібрі: $h_7 = 10,0 \text{ мм}$.

Ширина смуги в сьомому калібрі з урахуванням розширення дорівнює:

$$b_7 = \frac{Q_7}{h_7} = \frac{1060,1}{10,0} = 106 \text{ мм}.$$

Довжина розкату після сьомої кліті визначимо за формулою:

$$L_7 = L_8 / \mu_7. \quad (2.28)$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.16

Довжина розкату в цьому проході дорівнює:

$$L_7 = 37,3 \text{ м.}$$

Діаметр бочки прокатного валка в кліті дорівнює: $D_6 = 400 \text{ мм.}$

Тоді, номінальний діаметр з врахуванням зазору буде рівний:

$$D_0 = D_6 + S = 400 + 10 = 410 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр дорівнює:

$$D_k = D_0 - h_7 = 390 \text{ мм}$$

Лінійна швидкість прокатування дорівнює: $v_7 = 5,2 \text{ м/с.}$

Кліть 6 – овальний калібр горизонтальний

Площа поперечного перерізу овалу (еліпсу) визначається за формулою:

$$Q_6 = \pi b_6 h_6. \quad (2.29)$$

Висота овалу дорівнює: $h_6 = 14 \text{ мм.}$

Ширина овалу визначається за формулою:

$$b_6 = \frac{Q_6}{\pi h_6}. \quad (2.30)$$

Після підрахунку, отримаємо:

$$b_6 = \frac{1431,2}{3,14 \cdot 14} = 32,6 \text{ мм.}$$

Зазор між прокатними валками приймаємо $S = 8 \text{ мм.}$

Довжина розкату після 8 кліті дорівнює:

$$L_6 = 27,7 \text{ м.}$$

Номінальний діаметр з врахуванням зазору буде рівний:

$$D_0 = D_6 + S = 400 + 8 = 408 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр дорівнює:

$$D_k = D_0 - h_6 = 352 \text{ мм}$$

Лінійна швидкість прокатування дорівнює: $v_6 = 4,8 \text{ м/с.}$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кліть 5 – ребровий овал горизонтальний

Відношення висоти до ширини в ребровому овалі дорівнює:

$$\frac{h_5}{b_5} = 1,2. \quad (2.31)$$

Площа поперечного перерізу калібру дорівнює:

$$Q_5 = 3,14 \cdot \frac{h_5 \cdot b_5}{4}. \quad (2.32)$$

В прокатній кліті відбувається кантування.

Виходячи з рівняння, отримаємо, що ширина п'ятого калібру дорівнює:

$$b_5 = 44,8 \text{ мм.}$$

Висота п'ятого калібру дорівнює: $h_5 = 44,8 \cdot 1,2 = 54,4 \text{ мм.}$

Зазор приймаємо $S = 8 \text{ мм.}$

Довжина розкату після 5 кліті дорівнює:

$$L_5 = 20,5 \text{ м.}$$

Лінійна швидкість прокатування дорівнює: $v_5 = 4,5 \text{ м/с.}$

Кліть 4 – ящиківий калібр горизонтальний

4 кліть є першою чорною кліткою за оновленою технологією.

Задаємо величину обтиснення при проходженні в першому чорновому калібрі, який на прокатному стані встановлено четвертим $\Delta h_4 = 15 \text{ мм.}$

Тоді отримаємо висоту в четвертому калібрі:

$$h_4 = 60 - 15 = 45 \text{ мм.}$$

При цьому потрібно витримати середню ширину калібру:

$$b_4 = Q_4 / h_4. \quad (2.33)$$

Підставив відповідні значення, отримаємо:

$$b_4 = \frac{2627,7}{45} = 58,4 \text{ мм.}$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.2.

Довжина розкату після першого чорного проходу дорівнює:

$$L_4 = 15,01 \text{ м.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.18

Номінальний діаметр з врахуванням зазору буде рівний:

$$D_0 = D_6 + S = 400 + 10 = 410 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр дорівнює:

$$D_k = D_0 - h_4 = 355 \text{ мм.}$$

Лінійна швидкість прокатування дорівнює: $v_4 = 4,2 \text{ м/с.}$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 2.1.

З таблиці 2.1 видно, що площа поперечного перерізу розкату при проході від кліті зменшується через обтиснення в прокатній кліті, а довжина розкату збільшується через подовження розкату та лінійна швидкість прокатування також збільшується.

Для наглядного спостереження за такими змінами побудуємо графіки зміни площі поперечного перерізу (рис. 2.5), довжини розкату (рис. 2.5) та швидкості прокатування за проходами (рис. 2.6).

З рисунку видно, що при проході в кожній кліті площа поперечного перерізу розкату зменшується за кожним проходом від кліті до кліті за логарифмічним законом, а швидкість поступово збільшується. Ця обставина дозволяє забезпечити умову безперервності прокатування, яка зосереджена в постійності секундних об'ємів.

Довжина розкату збільшується при проході від калібру до калібру. Це явище відбувається через витяжку при прокатуванні і залежить довжина смуги від коефіцієнту витяжки.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.19

Таблиця 2.1 – Параметри прокатування

№ кліті	Форма калібру	Q, мм ²	μ	h, мм	b, мм	S, мм	D ₀ , мм	D _k , мм	L, мм	v, м/с	n, об/хв	α ⁰
0	Безперервно-лита заготовка	3600	-	60	60	-	-	-	11,0	-	-	-
4	Ящиковий горизонтальний	2627,1	1,37	45	58,4	10	410	355	15,01	1,3	198	15,89
5	Ребровий овал горизонтальний	1932,1	1,36	54,2	44,8	8	408	352	20,5	1,7	210	15,5
6	Овал горизонтальний	1431,2	1,35	14	65,6	8	408	367	27,7	2,4	220	16,0
7	Гладка бочка	1060,1	1,35	10	106	10	410	390	37,35	3,2	257	15,0
8	Прямокутний вертикальний	799,5	1,325	70,5	11,34	26	396	299	49,5	4,2	275	10,0
9	Пластовий горизонтальний	573	1,65	8,0	71,7	8	325	317	81,7	7,1	319	9,0
11	Кутовий горизонтальний	534	1,3	6,0	73,0	6,0	324	318	106,1	9,1	336	6,5
12	Кутовий вертикальний	421,2	1,17	63,7	5,0	3,4	340	276	124,2	10,75	267	1,5
13	Кутовий передчистовий горизонтальний	360	1,04	4,8	53,3	6,4	275	267,3	129,1	11,2	436	5,5
15	Кутовий чистовий	308	1,18	3,9	53,8	4,0	276	267	152,4	13,2	441	5

КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР

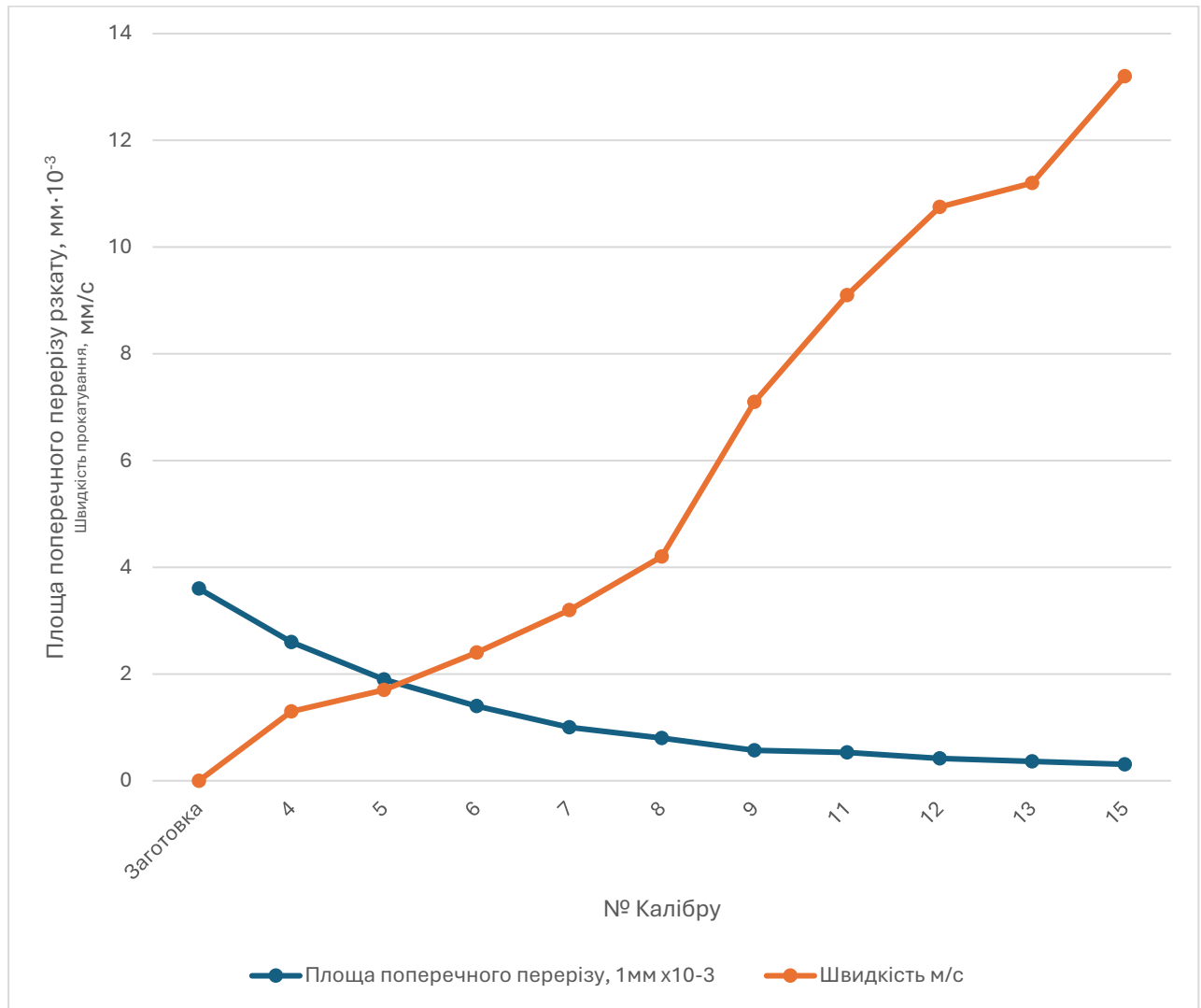


Рисунок 2.5 – Зміна площі поперечного перерізу розкату та лінійної швидкості прокатування в залежності від номеру кліти: 1 – площа поперечного перерізу розкату; 2 – швидкість прокатування

2.5 Температурний режим прокатування

Витрати енергії на прокатування цілком залежать від температури обробки, яка суттєво впливає на опір деформації матеріалу при обробці. Прокатування кутника здійснюється в гарячому стані. При проході від кліти до кліти температура розкату зменшується. Визначимо температуру розкату за окремими проходами на прокатному стані. Зменшення температури розкату залежить від довжини

прокатного стану, відстані між клітьми чорнової групи клітей, відстані між клітьми чистової групи клітей, відстані між чорнової та чистовою кліттю.

$T_3 = 1180\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура розкату на початку прокатки – температура безперервно-ливої заготовки;

$T_{15} = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ – допустима температура кінця прокатування;

$L_{ст} = 57\text{ м}$ – довжина прокатного стану;

$\Delta \ell_{\text{черн.}} = 3\text{ м}$ – відстань між прокатними клітьми чорнової групи;

$\Delta \ell_{\text{чистий.}} = 4\text{ м}$ – відстань між прокатними клітьми чистової групи;

$\ell_{\text{рольг.}} = 13\text{ м}$ – довжина рольганга між чистовою і чорновою групою.

Перепад температури:

$$\Delta T = T_1 - T_{15} = 1180 - 900 = 280\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Швидкість зниження температури:

$$\Delta t = \frac{\Delta T}{L_{ст}} = \frac{280}{57} = 5^{\circ}/\text{м}.$$

Температура за проходами:

$$T_4 = T_3 - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{черн.}} = 1180 - 5 \cdot 3 = 1165^{\circ}\text{C};$$

$$T_5 = T_4 - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{черн.}} = 1165 - 5 \cdot 3 = 1150^{\circ}\text{C};$$

$$T_6 = T_5 - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{черн.}} = 1150 - 5 \cdot 3 = 1135^{\circ}\text{C};$$

$$T_7 = T_6 - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{черн.}} = 1135 - 5 \cdot 3 = 1120^{\circ}\text{C};$$

$$T_8 = T_7 - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{рольг.}} = 1120 - 5 \cdot 3 = 1105^{\circ}\text{C};$$

$$T_9 = T_8 - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{чист.}} = 1105 - 5 \cdot 13 = 1040^{\circ}\text{C};$$

$$T_{11} = T_9 - \Delta t \cdot 2\Delta \ell_{\text{чист.}} = 1040 - 5 \cdot 4 = 1020^{\circ}\text{C};$$

$$T_{12} = T_{11} - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{чист.}} = 1020 - 5 \cdot 4 = 1000^{\circ}\text{C};$$

$$T_{13} = T_{12} - \Delta t \cdot \Delta \ell_{\text{чист.}} = 1000 - 5 \cdot 4 = 980^{\circ}\text{C};$$

$$T_{15} = T_{13} - \Delta t \cdot 2\Delta \ell_{\text{чист.}} = 980 - 3,5 \cdot 4 = 960^{\circ}\text{C}.$$

З розрахунків видно, що температура при проході від кліті до кліті поступово знижувалась. Розрахунки довели, що після прокатування профіль має температуру 960°C , що вище за гранично допустиму температуру $= 900^{\circ}\text{C}$.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.22

Дані розрахунку проілюстровано на графіку рис. 2.6, де спостерігається поступове зменшення температури. Більш інтенсивне значення проявляється при переході від кліті від 7 до 8 кліті. Це пояснюється тим, що в цих клітях здійснюється перехід від чорнових до чистових прокатних клітей, що відбувається по рольгангу, що має суттєву довжину.

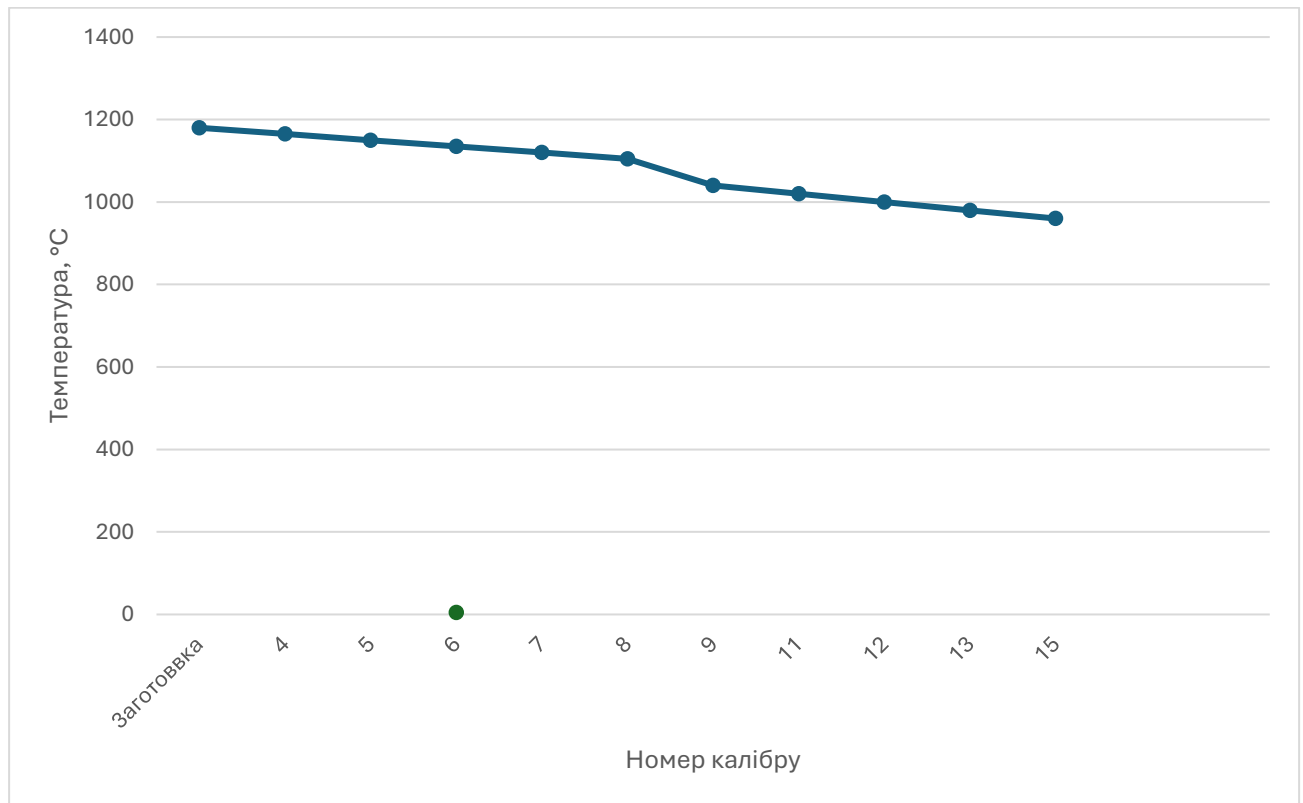


Рисунок 2.6 – Зменшення температури розкату за проходами

2.6 Силкові параметри процесу прокатування

4 – кліть

До 4 прокатної кліті надходить безперервно-лита заготовка, яка має температуру: $T = 1140^{\circ}$.

Швидкість прокатування в кліті складає: $v = 4,2$ м/с.

Розміри смуги до проходу в четвертій кліті: $H = 60$ мм; $B = 60$ мм.

Розміри смуги після проходу в кліті: $h = 45,0$ мм; $b = 58,4$ мм.

Діаметр бочки прокатних валків: $D = 400$ мм.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Базова границя текучості оброблюваного матеріалу: $\sigma_0 = 86$ МПа.

Оберти електричного двигуна:

$$i_{red} = 11; n_{dy} = 555 \text{ об/хв.}$$

В кліті відбувається обтиснення абсолютне й відносне.

Абсолютне обтиснення дорівнює: $\Delta h = H - h = 60 - 45 = 15$ мм.

Відносне обтиснення Визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{H-h}{H} \cdot 100. \quad (2.34)$$

Після підставлення відповідних значень, отримаємо

$$\varepsilon = \frac{15}{60} \cdot 100 = 25 \text{ \%}.$$

Швидкість деформації при прокатуванні в четвертій кліті:

$$u = v \cdot \frac{\Delta h \cdot 1000}{[H \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}]} = 1,3 \text{ 1/с.}$$

Термомеханічні коефіцієнти:

- коефіцієнт впливу температури:

$$k_r = 0,57 + 0,0045 \cdot (1200 - T) \cdot \sqrt{\frac{1200 - T}{T}} = 0,571.$$

- коефіцієнт впливу швидкості деформації:

$$k_u = 0,8 + 0,065 \cdot \sqrt{u} = 0,963;$$

- коефіцієнт впливу ступеню обтиснення:

$$k_\varepsilon = 0,82 + 0,082 \cdot \sqrt{\varepsilon} = 1,3.$$

Середнє значення границі текучості під впливом визначених коефіцієнтів прийме значення:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_u \cdot k_\varepsilon = 61,48 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт підпору:

$$\frac{1}{h_c} = \frac{2 \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}}{h_0 + h_1} = 1,39.$$

$$n_p = \left(1 - \frac{l}{h_c}\right) + \frac{0,55}{\sqrt{\frac{1}{h_c}}} + 0,5 \left(\frac{l}{h_c}\right)^3 = 1,42.$$

Середній контактний тиск, що діє по осі у дорівнює:

$$p_y = \sigma_t \cdot n_p, \text{ МПа};$$

$$p_y = 87,3 \text{ МПа}.$$

Повний тиск оброблюваного матеріалу на валок:

$$P = p_v \cdot \frac{b_0 + b_1}{2} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = 402,51 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт плеча моменту в осередку деформації:

$$\Psi = 0,78 - 0,27 \cdot \left(\frac{l}{h_c}\right) = 0,4.$$

Момент, необхідний для деформації визначається за формулою:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot P \cdot \Psi \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} \cdot 0,001. \quad (2.35)$$

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot 402,51 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{\frac{355}{2} \cdot 15} = 22,08 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Динамічний момент на який здійснюють вплив прокатні валки:

$$M_d = \frac{2 \cdot M_{\text{пр}} + 2 \cdot P \cdot 0,003 \cdot d}{i \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,94} = 4,7 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент двигуна четвертої прокатної кліті:

$$M_{dv} = M_d + 0,05 \cdot M_d = 4,94 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Потужність прокатки в четвертій прокатній кліті:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 281,2 \text{ кВт}.$$

5 – кліть

Температура матеріалу після четвертої прокатної кліті: $T = 1135^\circ$.

Швидкість прокатки дорівнює: $v = 4,8 \text{ м/с}$.

Розміри смуги до проходу в четвертій кліті:

$$H = 45 \text{ мм}; B = 58,4 \text{ мм}.$$

В п'ятій кліті потрібно виконати кантування, де висота та ширина міняються місцями.

Розміри смуги після проходу в кліті: $h = 54,24 \text{ мм}; b = 44,8 \text{ мм}$.

Діаметр бочки прокатних валків: $D = 400 \text{ мм}$.

Базова границя текучості оброблюваного матеріалу: $\sigma_0 = 86 \text{ МПа}$.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оберти електричного двигуна:

$$i_{red} = 11; n_{dy} = 555 \text{ об/хв.}$$

Абсолютне обтиснення дорівнює: $\Delta h = 58,4 - 54,2 = 4,2 \text{ мм.}$

Після підставлення відповідних значень, отримаємо

$$\varepsilon = \frac{4,2}{58,4} \cdot 100 = 7 \text{ \%}.$$

Швидкість деформації при прокатуванні в четвертій кліті:

$$u = v \cdot \frac{\Delta h \cdot 1000}{[H \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}]} = 8,25 \text{ 1/с.}$$

Термомеханічні коефіцієнти:

- коефіцієнт впливу температури: $k_r = 0,599$.
- коефіцієнт впливу швидкості деформації: $k_u = 0,923$;
- коефіцієнт впливу ступеню обтиснення: $k_\varepsilon = 1,15$.

Середнє значення границі текучості під впливом визначених коефіцієнтів прийме значення: $\sigma_t = 63,5 \text{ МПа.}$

Коефіцієнт підпору:

$$\frac{1}{h_c} = 1,5; n_p = 1,45.$$

Середній контактний тиск, що діє по осі у дорівнює:

$$p_y = 85,7 \text{ МПа.}$$

Повний тиск оброблюваного матеріалу на валок:

$$P = 125 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт плеча моменту в осередку деформації дорівнює: $\Psi = 0,5$.

Момент, необхідний для деформації визначається за формулою:

$$M_{пр} = 2 \cdot 125 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{\frac{400}{2} \cdot 4} = 10,01 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Динамічний момент на який здійснюють вплив прокатні валки:

$$M_d = 0,8 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Момент двигуна четвертої прокатної кліті:

$$M_{dv} = 0,8 + 0,05 \cdot 0,8 = 1,65 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.26
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність прокатки в четвертій прокатній кліті:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 301,2 \text{ кВт.}$$

6 – кліть

Температура смуги при вході в шосту кліть складає: $T = 1130^\circ$.

Лінійна швидкість прокатки дорівнює: $v = 5,2 \text{ м/с.}$

Розміри смуги до проходу: $H = 44,8 \text{ мм; } B = 54,2 \text{ мм.}$

Після проходу: $h = 14 \text{ мм; } b = 65,6 \text{ мм.}$

Катаючий діаметр валків: $D = 367,4 \text{ мм.}$

Оберти двигуна: $i_{red} = 6; n_{dy} = 447 \text{ об/хв.}$

Абсолютне та відносне обтиснення дорівнюють:

$$\Delta h = 44,8 - 14 = 30,8 \text{ мм;}$$

$$\varepsilon = \frac{30,8}{44,8} \cdot 100 = 67 \%;$$

Швидкість деформації:

$$u = v \cdot \frac{\Delta h \cdot 1000}{[H \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}]} = 14,15 \text{ 1/с.}$$

Термомеханічні коефіцієнти:

$$k_r = 0,57 + 0,0045 \cdot (1200 - T) \cdot \sqrt{\frac{1200 - T}{T}} = 0,57.$$

$$k_u = 0,8 + 0,065 \cdot \sqrt{u} = 1,04.$$

$$k_\varepsilon = 0,82 + 0,082 \cdot \sqrt{\varepsilon} = 1,3.$$

Середнє значення границі текучості:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_u \cdot k_\varepsilon = 66,28 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт підпору дорівнює:

$$\frac{l}{h_c} = \frac{2 \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}}{h_0 + h_1} = 1,9; \frac{l}{h_c} = 1,9 > 1.$$

$$n_p = \left(1 - \frac{l}{h_c}\right) + \frac{0,55}{\sqrt{\frac{1}{h_c}}} + 0,5 \left(\frac{l}{h_c}\right)^3 = 2,93.$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.27
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній контактний тиск:

$$p_y = \sigma_t \cdot n_p, \text{ МПа};$$

$$p_y = 194,2 \text{ МПа}.$$

Повний тиск на валок:

$$P = p_v \cdot \frac{b_0 + b_1}{2} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = 777,7 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт плеча моменту:

$$\psi = 0,78 - 0,27 \cdot \left(\frac{l}{h_c}\right) = 0,267.$$

Момент, необхідний для деформації:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot P \cdot \psi \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} \cdot 0,001 = 29,92 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Динамічний момент прокатування:

$$M_d = \frac{2 \cdot M_{\text{пр}} + 2 \cdot P \cdot 0,003 \cdot d}{i \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,94} = 7,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент на валу двигуна:

$$M_{dv} = M_d + 0,05 \cdot M_d = 8,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Потужність прокатки:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 380,5 \text{ кВт}.$$

7 – кліть

Температура смуги на вході в осередок деформації в сьомій кліті дорівнює:

$$T = 1125^\circ.$$

Швидкість прокатування: $v = 2,57 \text{ м/с}.$

Розміри смуги до проходу: $H = 14 \text{ мм}; B = 65,6 \text{ мм}.$

Після проходу отримали прямокутну смугу з розмірами:

$$h = 10 \text{ мм}; b = 106 \text{ мм}.$$

Діаметр валків: $D = 400 \text{ мм}.$

Базова границя текучості: $\sigma_0 = 86 \text{ МПа}.$

Оберти двигуна: $i_{red} = 4,5; n_{dy} = 473 \text{ об/хв}.$

Обтиснення абсолютне й відносне:

$$\Delta h = 14 - 10 = 4 \text{ мм};$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.28
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \frac{4}{14} \cdot 100 = 28,5\%;$$

Швидкість деформації: $u = 26,36$ 1/с.

Термомеханічні коефіцієнти:

$$k_r = 0,57; k_u = 1,13; k_\varepsilon = 1,35.$$

Середнє значення границі текучості: $\sigma_t = 74,8$ МПа.

Коефіцієнт підпору дорівнює:

$$\frac{l}{h_c} = 2,6. \frac{l}{h_c} = 2,6 > 1.$$

$$n_p = 1,16.$$

Середній контактний тиск дорівнює:

$$p_y = \sigma_t \cdot n_p, \text{ МПа}; p_y = 86,8 \text{ МПа}.$$

Повний тиск на валок дорівнює: $P = 312$ кН.

Коефіцієнт плеча моменту дорівнює: $\Psi = 0,5$.

Момент прокатування: $M_{\text{пр}} = 12,6$ кН·м.

Динамічний момент в прокатній кліті дорівнює: $M_d = 7,3$ кН·м.

Момент на валу двигуна дорівнює:

$$M_{dv} = M_d + 0,05 \cdot M_d = 7,7 \text{ кН·м}.$$

Потужність прокатування в сьомій кліті дорівнює:

$$N_d = 373,5 \text{ кВт}.$$

Подальший розрахунок 8, 9, 11, 12, 13 та 15 кліті робиться аналогічним методом.

Дані розрахунку заносимо в таблицю 2.2.

З таблиці видно що сила прокатування змінюється за проходами і її величина переважно залежить від величини обтиснення та ступеню деформації. Також на величину сили та моменту має вплив опір деформації та габарити осередку деформації.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Силкові параметри процесу прокатування

№ кліті	T°C	Δh , мм	ϵ , %	P, кН	M _{пр} , кН·м
Заготовка	1180	-	-	-	-
4	1165	15	25	402,5	22,08
5	1150	4,2	7	125	8,25
6	1135	30,8	67	777	29,15
7	1120	2,0	28,5	312	12,6
8	1055	0,64	7,5	131	10,8
9	1035	3,34	30,0	360	12,2
11	1015	2,0	18	260	4,2
12	995	1,0	20	110	2,5
13	975	0,2	4	86	0,2
15	950	1,0	25	85	0,18

2.7 Висновки до розділу

Визначено перелік необхідних операцій, які дозволяють отримати кутовий профіль №4 та визначено їх послідовність.

В роботі удосконалено технологію виготовлення кутового профілю за рахунок того, що в якості вихідного матеріалу запропоновано використовувати безперервно-литу заготовку, що має розміри 60×60 мм, яка отримана на радіальній чотирирівчаківій машині безперервної розливки сталі замість заготовки, що має поперечні розміри 80×80 мм, яка отримана на безперервно-заготівельному прокатному стані. Така заміна забезпечує зменшення маси початкового матеріалу в 1,78 рази. Безперервна розливка сталі дозволяє підвищити якість готового виробу. Зменшення розміру поперечного перерізу початкового матеріалу дозволяє зменшити кількість проходів з 14 до 11. Таких захід дозволяє розвантажити найбільш навантаженні прокаті кліті, скоротити час обробки.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.30

Визначено режими обтиснення, що дозволяють отримати якісний профіль, розраховано калібрування прокатних валків, побудовано оновлену схему калібрування, де видно зменшення кількості калібрів.

Досліджено швидкісні умови прокатування, зміни температури за проходами, витрати зусиль прокатування, де виявлено що величина сили прокатування залежить від опору оброблюваного матеріалу деформації та габаритних розмірів осередку деформації.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.02.ПУТР	Аркуш
						2.31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Заходи з удосконалення технології виготовлення швелеру

Роботу спрямовано на удосконалення технологічного процесу виготовлення кутового профілю №4. Удосконалення здійснюється за рахунок того, що в якості вихідного матеріалу запропоновано використовувати безперервно-литу заготовку, що має розміри 60×60 мм, яка отримана на радіальній машині безперервної розливки сталі, замість базової заготовки з поперечними розмірами 80×80 мм, яка отримана на безперервно-заготівельному прокатному стані. Така заміна забезпечує зменшення маси початкового матеріалу на 43 % рази. Зменшення розміру поперечного перерізу початкового матеріалу дозволяє зменшити кількість проходів з 14 до 11. Такий захід дозволяє розвантажити найбільш навантаженні прокаті кліті, що забезпечує зменшення сили прокатування та витрат енергії на 40 % і скоротити час обробки на 43 %, зменшити чисельність виробничого персоналу, що займається виготовлення кутового профілю.

3.2 Виробнича програма

Виробнича програма дозволяє визначити річний обсяг продукції, що виготовляється на підприємстві з врахуванням річного фонду робочого часу обладнання, що використовується для виготовлення заданої продукції та його питомої продуктивності.

Річну виробничу програму прокатування кутового профілю №4 визначають за формулою:

$$Q = P_T T_{\Phi}, \quad (3.1)$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кондратенко			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	Літ.	Аркуш
Перевірив		Бондарчук					3.1
Рецензент							16
Н. контр.		Чубенко				Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м	
Затвердив		Савельєв					

де Q – річна виробнича програма кутового профілю, т;

T_{ϕ} – фактичний час роботи прокатного обладнання в поточному році, год;

P_T – технічна норма продуктивності прокатного дрібносортового стану за одну годину, т.

Для визначення фактичного часу роботи безперервного прокатного стану, потрібно визначити його час роботи, використовуючи календар, з врахуванням тривалості усіх ремонтних та профілактичних робіт на цьому прокатному стані.

Для визначення фактичного часу роботи прокатного стану з випуску кутового профілю № 4 протягом року буде визначатися за формулою:

$$T_{\phi} = [T_K - (T_{св} + T_{вих} + T_{к.р})] r t_{зм} (100 - T_{np}/100) \quad (3.2)$$

де T_K – календарний час роботи безперервного прокатного стану при випуску кутового профілю № 4, діб;

$T_{св}$ – число святкових днів у поточному році за календарем;

$T_{вих}$ – кількість вихідних днів у поточному календарному році;

$T_{к.р}$ – кількість днів, що відводиться на профілактичні та ремонтні роботи на дрібносортовому прокатному стані при випуску кутового профілю № 4, днів;

r – кількість робочих змін за добу;

$t_{зм}$ – час однієї робочої зміни, год.;

T_{np} – час, що витрачається на ремонт прокатного стану у аварійних випадках.

Підставимо необхідні значення і отримаємо, що час роботи дрібносортового прокатного стану при випуску кутового профілю дорівнює:

$$T_{\phi} = 7425 \text{ год.}$$

Технічна норма продуктивності при випуску кутового профілю №4 визначається за формулою:

$$P_T = 3600 M/t, \quad (3.3)$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M – маса безперервно-ливої заготовки для отримання кутового профілю, яка визначається за формулою:

$$M_l = H \cdot B \cdot p \cdot L \rho, \quad (3.4)$$

де H , B , L – відповідно ширина, висота, та довжина безперервно-ливої заготовки;

ρ – густина матеріалу безперервно-ливої заготовки, яка дорівнює для виробів з ливованої $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;

t – такт обробки металу при виготовленні швелерів, що визначається з врахуванням основних та допоміжних операцій.

До впровадження нових рішень такт обробки дорівнював $t_{до} = 310 \text{ с}$.

В якості вихідного матеріалу для випуску кутового профілю №4 використовується безперервно-литу заготовку, яка має наступні розміри:

- висота $H = 0,06 \text{ м}$;
- ширина $B = 0,06 \text{ м}$;
- довжина $L = 11 \text{ м}$.

Тоді маса початкового матеріалу за новою технологією дорівнює:

$$M_n = 0,06 \cdot 0,06 \cdot 11 \cdot 7850 = 311 \text{ кг}.$$

За базовим варіантом для заготовки $80 \times 80 \text{ мм}$ маса початкового матеріалу дорівнює:

$$M_6 = 0,08 \cdot 0,08 \cdot 11 \cdot 7850 = 552,6 \text{ кг}.$$

Після удосконалення технології виготовлення продукції, отримаємо, що такт обробки зменшився на 43 % і буде дорівнювати:

$$t_{після} = 310 - (310 \cdot 0,43) = 310 - 133,3 = 176,7 \text{ с}.$$

Після підстановки відповідних значень технічна норма продуктивності буде дорівнювати до впровадження нових технічних рішень:

$$P_{Тдо} = 3600 \cdot 552,6 / 310 = 6417 \text{ кг/год} = 6,4 \text{ т/год}.$$

Після впровадження нових технічних рішень технічна норма продуктивності зміниться через скорочення часу обробки і буде дорівнювати:

$$P_{Тпісля} = 3600 \cdot 311 / 176,6 = 6417 \text{ кг/год} = 6,4 \text{ т/год}.$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З розрахунку видно, що після впровадження нових технічних рішень технічна норма продуктивності не змінилася. Це пояснюється тим, що маса початкового матеріалу зменшилася на той же відсоток як і такт прокатування.

Річний обсяг виробництва продукції за базовим варіантом і після впровадження нових технічних рішень не змінився:

$$Q_p = 6,417 \cdot 7425 = 47646 \text{ т/рік.}$$

Річний обсяг продукції після впровадження нових технічних рішень не змінився через те, що одночасно зменшилася маса початкового матеріалу і такт випуску продукції на 43 %.

3.3 Амортизаційні витрати основних засобів

Основні засоби, які необхідні для випуску кутового профілю №4, їх вартість та амортизаційні відрахування показано в таблиці 3.1.

На амортизацію основних засобів при прокатуванні кутового профілю потрібно перерахувати кошти, величина яких визначається за формулою:

$$AB = B_{поч} \cdot H_a. \quad (3.6)$$

де H_a – норма амортизаційних відрахувань, яка для основних засобів дорівнює: $H_a = 0,05$;

$B_{зал}$ – залишкова вартість обладнання для виготовлення кутового профілю, що визначається за формулою:

$$B_{зал} = B_{поч} - AB. \quad (3.7)$$

$B_{поч}$ – початкова вартість необхідного обладнання.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Амортизаційні витрати на основні засоби при виготовлення кутового профілю

Основні засоби	Вартість обладнання, баз/нов млн. грн	Амортизаційні відрахування, млн. грн.	Залишкова вартість обладнання, млн. грн.
Вартість будівель та споруд			
Вартість будівель	70,6	3,53	67,07
Склади матеріалів та готової продукції	50,5	2,5	47,5
АПП	60,5	3,025	57,475
Основне обладнання цеху з випуску кутника			
Нагрівна піч	55,5	2,775	52,725
Рольганг	7,5	0,375	7,125
Холодильник	20,5	1,025	19,475
Прокатні кліті	30,5/20	1,525/1	28,975/19,0
Допоміжне обладнання прокатного цеху			
Система охолодження прокатних валків	6,0	0,3	5,7
Ножиці	13,0	0,65	12,55
Мостовий електричний кран	28,5	1,425	28,5
Σ	343,1/332,6	17,155/16,62	325,945/316

З таблиці видно, що амортизаційні витрати при впровадженні нової технології зменшилися, через те, що не використовують перші чорнові кліті.

Амортизаційна вартість на одну тону виготовлених кутових профілів до оновлення:

$$AB_{\text{до}} = \sum AB / Q_{\text{пл}} = 17155000 / 47646 = 360 \text{ грн./т.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після впровадження отримали:

$$AB_{\text{до}} = \sum AB / Q_{\text{пл}} = 16620000 / 47646 = 348,8 \text{ грн./т.}$$

3.4 Вартість матеріальних ресурсів, що витрачається на виготовлення кутового профілю

Складові елементи матеріальних ресурсів, що витрачається на виготовлення кутового профілю наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість матеріальних ресурсів, що витрачається на виготовлення кутового профілю №4

Назва матеріалу, який застосовується для виготовлення кутового профілю	Норма використання, натуральних од.	Ціна, грн.	Витрати за баз. техн., грн.	Витрати за нов. техн., грн.
	за базовою техн. / за новою техн.			
Основні матеріали: сталь 18ХГТ	1,00	9050	9050	9050
Допоміжні матеріали:				
Витрати електричної енергії, кВт·год.	30,0/18	5,5	165	99
Витрати води на один м ³	10	32,0	320	320
Σ витрат на 1 т. кутових профілів, грн./т			9535	9469
Річний обсяг профілів, т.			47646	47646
Σ на 1 рік, тис. грн.			454304,610	451159,974

З таблиці видно, що вартість матеріальних ресурсів зменшується при використанні нової технології. Це відбувається через зменшення енергетичних витрат на виробництво.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Фонд заробітної плати

Фонд заробітної плати робітників, які задіяні у випуску кутового профілю виконується відповідно штатному розкладу, який наведено в табл. 3.3. З таблиці видно, що для забезпечення випуску продукції за базовою технологією потрібно 32 робітника, а за новою – 26.

При визначення фонду заробітної плати робітників використовується погодинно-преміальною системою оплати праці. При якісному виконанні плану з випуску кутового профілю № 4 працівники отримують премію.

Календарний час роботи з випуску кутового профілю у 2025 році дорівнює 365 днів.

В цеху з випуску кутового профілю №4 здійснюється однозмінний режим роботи, де одна зміна триває 8 годин. На кожен тиждень у робітників припадає два вихідних дня. Загальна кількість за 2025 рік таких вихідних складає 115 діб. Робітники мають щорічну відпустку, яка триває 27 календарних діб. Використовуючи такі дані маємо висновок, що кожен робітник, що задіяний у цеху з випуску кутового профілю у 2025 році, буде мати 180 робочих діб.

Преміальні, у розмірі 30 % від основної заробітної плати, виплачують робітникам у разі якісного та своєчасного виконання плану.

За роботу у нічний час нараховується додаткова заробітна плата, яка складає 20 % від окладу. Також і нараховується додаткові виплати, що дорівнюють 20 % від фонду заробітної плати.

Робітники мають нарахування у розмірі 22 % на соціальне страхування.

Штат робітників, які задіяні у випуску кутового профілю № 4 та фонд їх заробітної плати показано в таблиці 3.3.

З таблиці видно, що фонд заробітної плати після впровадження нових технічних рішень зменшився через те, що зменшилася кількість робітників.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.7

Таблиця 3.3 – Штат робітників і фонд їх заробітної плати, що задіяні у виготовленні кутового профілю №4

Професії робітників, що задіяні в отриманні швелерів	Штат, осіб		Тарифна ставка, грн.		Кількість відпрацьованих змін	ФОП баз., тис. грн.	ФОП нов., тис. грн.
	до	після	погодинна	за зміну			
Оператор	6	4	125,0	1000	180	1080	720
Слюсар	6	4	110,0	880,0	180	940,4	633,6
Настроювальник	6	4	120,0	960	180	1036,8	691,2
Прибиральник гарячого металу	4	4	120,0	960	180	691,2	691,2
Вальцівник прокатного стану	6	4	115,0	920	180	993,6	662,4
Ремонтник	4	2	115,0	920	180	662,4	331,2
Всього	32	26				5404,4	3729,6
Премії (30% від основної з.п)						1621,3	1118,9
Доплати за роботу в нічний час (20 % від окладу)						1081	745,9
Всього основна заробітна плата						8106,3	5594,4
Додатковий ФЗП (20%)						1621,2	1118,9
Всього загальний річний ФЗП						9727,5	6713,3
Відрахування на соцстрах (22 % від усього)						2140	1477
Σ						11867,6	8190,3

Фонд заробітної плати працівників, які працюють над випуском однієї тони кутових профілів за базовою технологією дорівнює:

$$\Phi ЗП_{\text{до}} = (\Phi ОП + В_{\text{соц}}) / Q_{\text{пл}} = 11867600 / 47646 = 249 \text{ грн./т.}$$

За оновленою технологією фонд заробітної плати для виготовлення 1 тони кутових профілів буде дорівнювати:

$$\Phi ЗП_{\text{після}} = 8190300 / 47646 = 171,2 \text{ грн./т.}$$

З розрахунків видно, що при використанні нових технічних рішень фонд заробітної плати на виготовлення однієї тони кутових профілів зменшився.

Місячна середня заробітна плата одного робітника з виготовлення кутового профілю розраховується за формулою:

$$ЗП_{\text{роб}} = ОЗП_{\Sigma} / n \cdot 12,$$

n – кількість робітників.

За базовою технологією середньо місячна заробітна плата дорівнює:

$$ЗП_{\text{роб б}} = 11867600 / 32 \cdot 12 = 30905 \text{ грн.}$$

За новою технологією:

$$ЗП_{\text{роб н}} = 8190300 / 26 \cdot 12 = 31087 \text{ грн.}$$

З розрахунків видно, що середньомісячна зарплата збільшилася за рахунок впровадження нової технології по при зменшенні кількість висококваліфікованих працівників.

Нарахування заробітної плати керуючого та обслуговуючого персоналу, які забезпечують виготовлення кутових профілів показано в таблиці 3.4.

З таблиці видно, що для утримання адміністративно-обслуговуючого персоналу після впровадження нових технічних рішень зменшився через зменшення кількості такого персоналу.

Середньомісячна зарплата одного службовця з базовою технологією дорівнює: $7744501,4 : 12 : 12 = 53781 \text{ грн.}$

За новою технологією дорівнює: $6397036 : 10 : 12 = 54308 \text{ грн.}$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Фонд заробітної плати адміністративно-обслуговуючого персоналу для забезпечення випуску кутових профілів

Посада	Кількість, осіб до/ після	Оклад, грн.	ФЗП _{до} , грн.	ФЗП _{після} , грн.
Начальник цеху з виготовлення кутових профілів	1/1	45000	540000	540000
Заступник начальника цеху з виготовлення кутників	1/1	40100	481200	481200
Майстер прокатного стану	4/3	29000	1392000	1044000
Технолог	4/3	30000	1440000	1080000
Прибиральник ділянки	2/2	9000	216000	216000
Всього	12/10		4069200	3361200
Премії (30%)			1220760	1008360
Всього основна зар. плата			5289960	4369560
Додаткова зар.плата			1057992	873912
Всього		-	6347952	5243472
Відрахування на соцстрах (22%)			1396549,4	1153563,8
Σ			7744501,4	6397036

На одну тону кутових профілів фонд заробітної плати дорівнює:

$$\Phi ЗП_{1\text{до}} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}})_{\text{до}} / Q_{\text{пл}} = 7744501,4 / 47646 = 162,5 \text{ грн./т.}$$

$$\Phi ЗП_{1\text{після}} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}})_{\text{після}} / Q_{\text{пл}} = 6397036 / 47646 = 134,2 \text{ грн./т.}$$

З розрахунків видно, що при впровадженні оновленої технології фонд заробітної плати службовців, які задіяні у виготовленні кутового профілю зменшився через зменшення кількості працівників.

3.6 Визначення собівартості кутового профілю

Собівартість кутника №4 враховує наступні статті витрат:

1. Заробітна плата основних робітників, які обслуговують устаткування з прокатування кутового профілю №4 і адміністративно-обслуговуючого персоналу, в якій здійснюється врахування усіх соціальних виплат до додаткових заробітних плат.

2. Вартість електричної енергії для прокатування кутового профілю №4.

3. Вартість матеріалу на виготовлення кутового профілю №4.

4. Вартість обслуговування та ремонту обладнання з прокатування кутового профілю, яка приймається на рівні 10% від вартості такого обладнання.

5. Амортизаційні відрахування на устаткування з випуску кутового профілю №4.

6. Накладні витрати з виготовлення кутника №4, які дорівнюють 10 % від вартості виробничої бази ділянки з виготовлення кутника.

Калькуляція визначення собівартості кутового профілю №4 наведено в таблиці 3.5.

Ціна кутового профілю №4 визначається за формулою:

$$Ц = 1,2 \cdot C, \text{ грн./т,}$$

де C – величина собівартості однієї тони кутових профілів, грн./т.

Ціна 1 тони виробів дорівнює:

$$Ц = 1,2 \cdot 11675 = 14019 \text{ грн./т.}$$

Після впровадження нових технічних рішень ціну залишаємо на попередньому рівні

$$Ц_{\text{після}} = 1,2 \cdot 11450 = 13740 \text{ грн./т.}$$

Сумарна величина доходу, який був отриманий від продажу кутових профілів розраховують за формулою:

$$Д = \sum (Ц_i \cdot Q_i), \text{ грн.}$$

$$Д = 14019 \cdot 47646 = 667949274 \text{ грн.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.11

Таблиця 3.5 – Калькуляція собівартості кутового профілю №4

№ з/п	Статі витрат на виготовлення швелерів	Величина витрат, грн.	Витрати на 1 т, грн.
1	Амортизаційні відрахування:		
	- за баз. вар.	17155000	360
	- за нов. вар	16620000	349
2	Заробітна плата робітників та обслуговуючого персоналу:		
	- за базовим вар.	19612101	162,5
	- за новим вар.	14587336	134,2
3	Сировина та вихідні матеріали		
	- за баз. вар.	454304610	9535
	- за нов. вар.	451159974	9469
4	Обслуговування та ремонт обладнання (10% від його вартості)		
	- за баз. вар.	32594500	648
	- за нов. вар.	31600000	663
5	Накладні витрати		
	- за баз. вар.	32594500	648
	- за нов. вар.	31600000	663
6	Всього:		
	- за баз. вар.	556260700	11675
	- за нов. вар.	545567300	11450

Величина доходу не змінилася через те, що ні ціна, ні обсяг виробництва не змінився.

Балансовий прибуток від продажу кутових профілів визначається за формулою:

$$P_{\text{баз}} = D_{\text{заг}} - ОПБ - С,$$

де $ОПБ$ – розмір обов'язкових відрахувань і платежів у бюджет, грн.;

$С$ – загальна сума витрат при виготовленні продукції, яка дорівнює їх загальній по цеху собівартості.

За базовим варіантом:

$$P_{\text{бал до}} = 667949274 - 66794927,4 - 556260700 = 44891624,6 \text{ грн.}$$

За новою технологією:

$$P_{\text{бал після}} = 667949274 - 66794927,4 - 545567300 = 55641047 \text{ грн.}$$

З розрахунків видно, що балансовий прибуток збільшився через те, що собівартість виробництва зменшилася, а ціна залишилася на попередньому рівні.

Податок на додану вартість при виготовленні кутових профілів залишається не змінним і визначається за формулою:

$$ПДВ = D_{\text{заг}} \cdot H_{\text{ам}} / (100 + H_{\text{ам}}).$$

$$ПДВ_{\text{до}} = 667949274 \cdot 5 / (100 + 5) = 31807108 \text{ грн.}$$

Прибуток від виготовлення кутових профілів, що залишається на підприємстві, дорівнює:

$$P_{\text{гр}} = P_{\text{бал}} - ПП, \text{ грн,}$$

де $ПП$ – податок на прибуток за існуючими цінами на даному підприємстві, орієнтовно складає 25 % від балансового прибутку від виготовлення кутових профілів.

Виходячи з цього податок на прибуток дорівнює:

$$ПП = 0,01 \cdot H_{\text{пр}} \cdot P_{\text{бал}}.$$

$$ПП_{\text{до}} = 0,01 \cdot 25 \cdot 44891624,6 = 11222906,25 \text{ грн.}$$

$$ПП_{\text{після}} = 0,01 \cdot 25 \cdot 55641047 = 13910261 \text{ грн.,}$$

де $H_{\text{пр}}$ – ставка на оподаткування прибутку (25 %).

За базовою технологією на підприємстві залишається прибуток:

$$P_{\text{до}} = 44891624,6 - 11222906,25 = 33668718 \text{ грн.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.13

Після впровадження нових технічних рішень на підприємстві залишається прибуток:

$$П_{\text{після}} = 55641047 - 13910261 = 54330786 \text{ грн.}$$

З розрахунку видно, що при використанні нових технологічних рішень, прибуток, що залишається на підприємстві збільшився.

Рентабельність виготовлення кутових профілів:

$$R = П_{\text{бал}} \cdot 100 / C.$$

Рентабельність виробництва кутових профілів за базовим варіантом дорівнює:

$$R_{\text{до}} = 44891624,6 \cdot 100 / 556260700 = 8,07 \, \%.$$

Рентабельність виробництва кутників за новим варіантом дорівнює:

$$R_{\text{після}} = 55641047 \cdot 100 / 545567300 = 10,2 \, \%.$$

Граничний рівень витрат від реалізації кутника № 4 розраховується за формулою:

$$C_{\text{гр}} = C / D_{\text{заг}}.$$

За базовим варіантом граничний рівень виплат дорівнює:

$$C_{\text{гр до}} = 556260700 / 667949274 = 0,83 \text{ грн./грн.}$$

Для нової технології граничний рівень виплат:

$$C_{\text{гр піс}} = 545567300 / 667949274 = 0,86 \text{ грн./грн.}$$

Продуктивність праці на одного робітника цеху з виготовлення швелерів з отриманого прибутку визначається за формулою:

$$ПП_{\text{п}} = D_{\text{заг}} / Ч, \text{ грн./особу,}$$

де Ч – чисельність робітників за спискам.

До впровадження оновленої технології:

$$ПП_{\text{п до}} = 667949274 / 32 = 20873414,8 \text{ грн./особу.}$$

Після впровадження нових рішень:

$$ПП_{\text{п після}} = 54330786 / 26 = 2089645,6 \text{ грн./особу.}$$

Продуктивність праці на одну особу по масі швелерів:

$$ПП_{\text{р}} = Q / Ч_{\text{р}}, \text{ т/особу,}$$

$$ПП_{\text{п до}} = 47646 / 32 = 1488,9 \text{ т/особу.}$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.14

$$ПП_{\text{після}} = 47646/26 = 1832,5 \text{ т/особу.}$$

З розрахунків видно, що продуктивність праці при впровадженні нових рішень зростає.

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні показники з виготовлення кутника №4

Показники	Од. виміру	До оновлення	Після оновлення	Відхилення	
				абс.	відн., %
Річний обсяг виробництва кутника №4	т	47646	47646	0	0
Годинна продуктивність	т/год.	6,4	6,4	0	0
Виробничі фонди	грн.	780249610	767159974	-13089636	-1,6
Чисельність персоналу	осіб	44	36	-8	-18
Продуктивність праці	т/ особу	1488,9	1832,5	343,6	23
	грн./ особу	20873414,8	25690356,7	4816942	23
Середньомісячна зарплата одного - робітника - адмін.перс	грн.	30905	31087	+182	+0,6
		53781	54308	+527	+1,0
Собівартість кутника №4	грн. 1 т	11675	11450	-228	-1,9

3.7 Висновки до розділу

Розрахунок техніко-економічних показників виробництва кутника №4 показів, що при використанні в якості початкового матеріалу безперервно-литу заготовки розміром 60×60 мм, замість звичайної заготовки 80×80 мм, дозволяє зменшити виробничі фонди на 1,6 %, чисельність персоналу зменшити на 1,8 %, продуктивність праці збільшується на 23 %, собівартість кутового профілю №4 зменшується на 1,9 %, річний обсяг виробництва і годинна продуктивність не змінюється. При цьому рентабельність виробництва зростає з 8,07% до 10,2%.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.16

4 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

У роботі було удосконалено технології виготовлення кутового профілю №4 гарячим прокатуванням. удосконалення відбувалося застосуванням в якості початкового матеріалу безперервно-ливої заготовки, маса якої в 1,78 рази менша за масу заготовки, що використовується за базовим варіантом. Такі зміни дозволяють зменшити кількість проходів на прокатному стані гарячого прокатування з 14 до 11 і зменшити навантаження на прокатні кліті.

Для виконання технологічних операцій з виготовлення кутника №4 використовується різноманітне обладнання, яке може становити небезпеку для життя та здоров'я працюючих.

Через високу небезпеку потрібно особливу увагу приділяти санітарно-екологічному середовищу в цехах гарячого прокатування, передбачати низку заходів з охорони праці та навколишнього середовища, дотримуватися пожежної безпеки при виготовленні прокатної продукції.

Визначимо небезпечні фактори, що можуть виникати в цеху при прокатуванні кутового профілю на безперервному дрібносортовому стані.

Оскільки прокатування кутника відбувається в гарячому стані, то початковий матеріал нагрівають в методичних печах. Температура нагрівання матеріалу залежить від його хімічного складу і складає 0,8 температури плавлення, що дорівнює 1050...1250°C.

Через таку високу температуру існує можливість травмування робітників, які задіяні у виготовленні кутового профілю, внаслідок контакту з нагрітим обробляємим матеріалом або з обладнанням. Дуже шкідливий вплив на здоров'я людини має інтенсивне теплове випромінювання.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Кондратенко								
Перевірив	Шаповалов						4.1	9	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м			
Н. контр.	Чубенко								
Затвердив	Савельєв								

При роботі безперервного прокатного стану виникають високі рівні шуму та вібрації, що має негативний вплив на психологічний стан працівників та на їх здоров'я. до того ж виникає високий рівень шуму через рух оброблюемого матеріалу між прокатними клітями, при його ударі об рольганги, прокатні валки, через використання клеймачів.

Також при роботі дрібносортового прокатного стану велику небезпеку має інтенсивна робота вантажопідйомних кранів, особливі коли відбувається перевалка прокатних валків.

Суттєву небезпеку складає електричне обладнання при порушенні його ізоляції та при пошкодженні електричних мереж. Окрім того на підприємстві існує можливість враження електричним струмом при потраплянні блискавки до металевих частин прокатного устаткування або до різних споруджень.

Небезпечність уявляє велика кількість рухомих елементів, яка може призвести до затягування одягу працівника або деяких частин одягу до прокатних клітей, які швидко обертаються. Таке явище може призвести до значних травмувань працівника.

Травмування працюючих може виникнути через необачність працівника внаслідок недостатньої освітленості, з втомою працівника через велике навантаження та незадовільними параметрами мікроклімату.

Також негативний вплив на працюючих має інтенсивне теплове випромінювання, значний рівень вологи, що може негативно відображатися на самопочутті робітників.

Через це потрібно при розробці оновленого технологічного процесу з виготовлення кутника гарячим прокатуванням врахувати усі небезпечні чинники та передбачити заходи для зменшення їх впливу на оточуючих працівників.

Основним обладнанням, що використовується при виготовленні кутника №4 є дрібносортовий безперервний прокатний стан ДС-250. Цей стан у своєму складі має 17 робочих клітей, електричний двигун, передаточні механізми, натискні гвинти, холодильник. На прокатному стані використовується також і

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допоміжне обладнання до якого відносять ножиці, рольганги, мостові електричні крани.

Доволі небезпечною є зона навколо робочої кліті прокатного стану, де потрібно мати особливу увагу для забезпечення робітників від травматизму.

Для перешкоди попадання одягу робітника до зони дії робочих клітей потрібно ізолювати такі місця робочих клітей за допомогою захисної сітки. Для захисту від окалини, яка відокремлюється від оброблюваного матеріалу і може розлітатися в невизначені боки, з переднього та заднього боку робочої кліті потрібно встановити захисні щити, які обмежують рух окалини.

Захисною сіткою, окрім робочих клітей, також і головна лінія прокатного стану, ножиці та шлеперні пристрої з метою уникнення попадання людей до зони дії обладнання прокатного стану як головного, так і допоміжного.

З метою підвищення безпеки працюючих безперервний прокатний стан ДС-250 оснащено автоматичним оповіщенням про початок та закінчення процесу прокатування.

З метою уникнення можливості контакту працівників з гарячим обробляємим матеріалом лінія безперервного прокатного стану надійно огорожується. З метою підвищення безпечної роботи рольгангів, споруджується індивідуальний привід до кожного ролику рольгангу, а по крайкам рольгангу додатково створюють бурти з листового матеріалу, що обмежує рух розкатів у аварійних ситуаціях та виключає можливість вилітання розкату за лінію прокатування.

Для спостереження за рухом людей на ділянці прокатного стану та керування процесом прокатування та оброблення розкатів встановлюють системи відеоспостереження, де ретельно простежують процеси збирання окалини, можливість контакту працівника з гарячим металом.

За процесом гарячого прокатування відбувається ретельне спостереження зі спеціальних пультів курування, де і здійснюється курування усім технологічним процесом отримання кутового профілю. З метою підвищення безпеки на пультах курування, оглядові вікна виготовляють з армованого скла.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підлога та стіни пультів керування побудовані з теплоізолюючого матеріалу. Сам пульт керування розміщують поблизу ножиць.

Процес збирання окалини є автоматизованим процесом. Обріз, яка утворилася при обрізанні ножицями кінців розкатів, збирається за допомогою скребкового конвеєру та спрямовується до залізничних вагонів, завдяки яким транспортується на переробку.

Частина окалини змивається водою з під робочих клітей та рольгангів і спрямовується до первинного відстійника, далі рухається до загального відстійника. Після того, як відбувається заповнення відстійника, за допомогою грейферного крану, окалина відвантажується до залізничних вагонів, а вода потрапляє на повторне використання, та застосовується для охолодження прокатних валків.

За технологічним процесом, після розрізання розкатів на мірні та не мірні довжини, здійснюється їх клеймування. Процес клеймування є автоматичним, здійснюється за допомогою ударної сили о клеймо. Заміна клейма здійснюється після повного охолодження рольгангів та клеймуючого пристрою з метою уникнення опіків.

Наприкінці прокатування кутовий профіль все ще має високу температуру, яка приблизно дорівнює 900°C. З метою зниження температури, розкат надходить до холодильника, де за допомогою шлеперних устаткувань переміщується в визначене місце, де і відбувається його охолодження. З метою уникнення травматизму, простір навколо шлеперного пристрою огорожується сіткою. Керування процесом переміщення по холодильнику відбувається зі спеціальних пультів, які забезпечують вільний огляд робочого простору.

Електричні двигуни та трансформатори розташовують у окремому приміщенні, до якого право на вхід мають тільки електрики, яким доступ дозволено у випадку аварійної зупинки прокатного стану. Щоденно повинен відбуватися огляд електричного обладнання, що здійснюється під час зупинки прокатного стану. така зупинка повинна відбуватися протягом 2-х годин раз на добу. Електричні двигуни прокатного стану приводяться в дію від напруги 690 В,

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а регулювання їхньої швидкості відбувається змінною силою струму, що знаходиться в межах від 0,1 кА до 2,8 кА.

Потрібне обов'язкове заземлення усіх електричних двигунів та трансформаторів. Потрібно передбачити автоматичне відключення подачі напруги при відкриванні трансформаторних щитів. Використовуючи бірочну систему, можна запобігти випадковому запуску обладнання на прокатній ділянці під час його огляду та ремонту.

Для обслуговування прокатного обладнання на ділянки використовують гакові мостові крани. Такі крани використовують для переміщення матеріалів. Для підняття розкатів такі крани облаштовано електромагнітами. Для забезпечення безпечної роботи гакові мостові крани додатково обладнано підхватами, які дозволяють утримувати вантажу під час відключення електромагнітів.

Кабіни мостових кранів потрібно теплоізулювати. Для безпечної роботи мостові крани обладнують системою автоматичного оповіщення працюючих про початок роботи.

Рух працівників повинен відбуватися по спеціальним шляхам, які виділяють білими лініями. Такі шляхи розташовують поза дією мостових кранів.

В прокатному цеху потрібно розташувати оглядові місткі, де виконують огляд обладнання та розміщення готових профілів на складі готової продукції та встановити перехідні місткі для проходу між рольгангами. Для безпечного проходу по прокатному цеху потрібно побудувати підземні переходи, які сполучають різні відділення між собою.

Місця для переміщення робітників спороджують з металевих пластин з рифленою поверхнею.

Виготовлення кутового профілю №4 відбувається гарячим прокатуванням. В зв'язку з цим початкову заготовку перед прокатуванням нагрівають до температури 1200°C. нагрітий матеріал стає джерелом інтенсивного теплового випромінювання, що негативно впливає на здоров'я працюючих. Так, при настроюванні прокатного стану на необхідний режим роботи, під час

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювання прокатних валків вальцювальник піддається впливу тепловипромінюванню на рівні, який, майже в 10 разів перевищує гранично допустимий.

Тепловому випромінюванню, який в 2 рази перевищує допустимий рівень піддаються наступні категорії робітників: слюсарі, різальники гарячого металу, прибиральники гарячого металу, сортувальники та машиністи мостових електричних кранів.

Для таких робітників встановлюють тепловідбиваючі щити, які дозволяють знаходитися поза зоною дії високих температур та слідкувати за технологічним процесом. В кабінах мостових кранів потрібно встановлювати кондиціонери, що покращить кліматичні умови праці. До пультів керування потрібно забезпечити постачання охолодженого повітря із загальноцехової системи вентиляції.

Значний шкідливий вплив на самопочуття та здоров'я робітника здійснює високий рівень шуму, який виникає при роботі прокатного обладнання. Цей рівень шуму перевищує гранично допустимий. Для забезпечення ефективної роботи і нешкідливих умов праці потрібно робітникам мати біруши, кабіни мостових кранів та пульти керування повинні бути шумоізолюючими. Деяким робітникам, наприклад, клеймувальникам постачають шоломофони.

Через швидкий постійний рух прокатного обладнання виникають інтенсивні вібрації, що негативно впливає на працюючих. Для знешкодження шкідливого впливу вібрації на працівників таке обладнання потрібно розташовувати на спеціальному відроізолюючому фундаменті.

Для усіх робітників потрібно передбачити кімнати відпочинку, які повинні бути у спеціальних звуко- та шумоізольованих приміщеннях.

Для нормальної роботи на прокатному стані потрібно мати добру освітленість на робочих місцях, що забезпечується світло аераційними ліхтарями. Такі ліхтарі потрібно розташовувати на даху споруди прокатного цеху. Також добра освітленість повинна поступати через вікна, які розташовують на бокових стінах природнім шляхом.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В нічний час, коли природнє освітлення забезпечити не можливо, потрібно забезпечувати освітлення за допомогою ліхтарів, які розташовують на стелях.

Для забезпечення надійного освітлення у цеху використовують ртутні дугові лампи високого тиску марки ДРЛ-700. Також штучне освітлення потрібно використовувати цілодобово в галереях, тунелях, підземних переходах, естакадах, пультах керування та кабінах електричних мостових кранів.

Потрібно слідкувати за температурним режимом в прокатному цеху. Влітку нормальний температурний режим в усіх приміщеннях цеху бажано забезпечувати за рахунок природньої вентиляції. Взимку використовується штучна вентиляція. Природньо повітря постачається в прокатний цех через двосторонні бокові вікна, які розташовують у два ряди та через аераційні ліхтарі марки МИОТ-2, які розташовуються безпосередньо над головною лінією прокатування.

Штучна вентиляція відбувається через повітроводи від центральної системи повітропостачання. Така вентиляція забезпечує додаткове охолодження робочих місць, які мають підвищене теплове випромінювання. Влітку додатково до повітря може додаватися розпилена вода. На робочих місцях для нормальної роботи працівників з випуску прокатної продукції потрібно забезпечити оптимальну температуру та вологість. В літній період року температура в прокатному цеху не повинна перевищувати 28°C.

Визначимо який недохідний воздухообмін в прокатному цеху.

Визначати будимо виходячи з того, що в приміщенні прокатного цеху надлишкові теплові виділення складають $Q_{\text{надл}}=1,3$ млн. ккал/год. Температура зовнішнього повітря влітку дорівнює $t_{\text{зовн}}=25^{\circ}\text{C}$. Висота від полу до центру витяжних фрамуг дорівнює $H=22$ м.

Температура повітря в робочій зоні прокатного цеху за нормами не може перевищувати температуру зовнішнього повітря більш ніж на 3-5°C, тому температура в робочій зоні повинна бути не більше:

$$t_{\text{р.з.}}=t_{\text{зовн}}+5^{\circ}=25+5=30^{\circ}\text{C}.$$

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура повітря, яке відходить з приміщення визначається за формулою:

$$t_{відх} = t_{p.з.} + k \cdot (H - h) \quad (5.1)$$

де k – коефіцієнт збільшення температури за висотою приміщення прокатного цеху з виготовлення кутового профілю – для цехів гарячого прокатування кутових профілів цей коефіцієнт знаходиться в границях 1...1,5. В розрахунках приймаємо $k=1$.

h – висота робочої зони, м. Для цеху гарячого прокатування кутових профілів приймаємо близько 2 м.

$$t_{відх} = 30 + 1 \cdot (22 - 2) = 50^{\circ}\text{C}.$$

Необхідний вентиляційний воздухообмін знаходимо за формулою:

$$G = \frac{Q_{надл}}{c \cdot (t_{відх} - t_{зовн})} \quad (5.2)$$

де c – теплоємність сухого повітря, ккал/кг·год, яка дорівнює в цеху гарячого прокатування $c=0,24$ ккал/кг·год.

Після підстановки потрібних значень, отримаємо:

$$G = \frac{1300000}{0,24 \cdot (50 - 22)} = 216660 \text{ кг/год} \approx 60,0 \text{ кг/с}.$$

Отже необхідний вентиляційний повітрообмін 216660 кг/год. або приблизно 60,0 кг/с.

Для нормальної роботи робітникам видається спеціальний одяг, що забезпечує вільність рухів та нормальний теплообмін, робоче взуття з протекторною підошвою, каски, окуляри із світловими фільтрами СС-4, СС-11, СС-14. Для деяких працюючих для захисту дихальних шляхів видаються респіратори або пелюстки. Такі засоби необхідно для тих робітників, що працюють в умовах сильної запиленості та загазованості.

В цеху гарячого прокатування кутових профілів ці засоби видають робітникам, які працюють у нагрівного обладнання, на складах готової продукції та виконують зачищення профілів.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином визначено небезпечні фактори, що виникають при роботі в прокатному цеху під час гарячого прокатування кутового профілю №4 та запропоновано заходи щодо їх зменшення та зменшення шкідливого впливу від таких факторів на людину, що дозволить працювати в безпечних умовах.

Соціально екологічна оцінка результатів науково-дослідної роботи показала, що при впровадженні нової удосконаленої технології дія небезпечність чинників зменшується через те, що зменшується маса початкового матеріалу. Це веде до зменшення навантаження на прокатні кліті та зменшення кількості проходів, що зменшує ступінь впливу негативних чинників.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.04.СЕОРНДР	Аркуш
						4.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В роботі було удосконалено технологічний процес виготовлення кутового профілю №4. Для цього було проаналізовано будову та призначення кутового профілю, визначено розміри профілю №4 та матеріал для його виготовлення. В якості матеріалу віддано перевагу низьколегованої сталі, яка має високу працездатність, добре фізико-механічні характеристики та властивості, витримує достатні навантаження.

Розглянуто способи виготовлення кутових профілів і запропоновано виготовляти сталевий кутник №4 гарячим прокатуванням. Визначено особливості його виготовлення.

Досліджено обладнання, що дозволяє здійснити гаряче прокатування, встановлено його будову, основне та допоміжне устаткування, принцип дії. Перевага надано безперервному багатоклітьовому дрібносортному прокатному стану ДС-250.

Досліджено схеми калібрування прокатних валків для отримання кутових профілів і надано перевагу схемі з вільним ширенням, яка є універсальною і дозволяє зменшити кількість проходів без перенавантаження калібрів.

З метою удосконалення технології виготовлення кутового профілю в якості початкового матеріалу пропонується використовувати безперервно-литу заготовку, яка має розмір 60×60, яку було отримано на радіальній машині безперервної розливки сталі, замість дискретної заготовки розмірами 80×80. Такий спосіб дозволяє отримати більш якісну внутрішню структуру початкового матеріалу та зменшує його масу в 1,78 рази. Зменшення розміру поперечного перерізу початкового матеріалу дозволяє зменшити кількість проходів з 14 до 11. Таких захід дозволяє розвантажити найбільш навантаженні прокаті кліті, скоротити час обробки.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.В			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Кондратенко						1	2
Перевірив	Чубенко							
Рецензент								
Н. контр.	Чубенко							
Затвердив	Савельєв					Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м		

Визначено режими обтиснення, що дозволяють отримати якісний профіль, розраховано калібрування прокатних валків, побудовано оновлену схему калібрування, де видно зменшення кількості калібрів.

Досліджено швидкісні умови прокатування, зміни температури за проходами, витрати зусиль прокатування, де виявлено що величина сили прокатування залежить від опору оброблюваного матеріалу деформації та габаритних розмірів осередку деформації.

Техніко-економічні розрахунки показали, що запропоновані заходи дозволяють зменшити виробничі фонди на 1,6 %, чисельність персоналу знизити на 1,8 %, продуктивність праці підвищити на 23 %, собівартість зменшити на 1,9 %, річний обсяг виробництва і годинна продуктивність не змінюється. При цьому рентабельність виробництва зросла з 8,07% до 10,2%.

Санітарно екологічна оцінка результатів роботи показала при впровадженні нової удосконаленої технології дія небезпечність чинників зменшується через те, що зменшується маса початкового матеріалу. Це веде до зменшення навантаження на прокатні кліті та зменшення кількості проходів, що зменшує ступінь впливу негативних чинників.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.В	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Прес-релізи URL: <https://ukraine.arcelormittal.com/index.php?id=10&pr=340> (дата звернення: 01.03.2021).
2. ДСТУ 3436-96 Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент (ГОСТ 8240-97).
3. Кекух А.В. Производство проката на сортовой линии 250 прокатного цеха №3 ТИ228-ПЗ-01-2006: Технологическая инструкция. Кривой Рог: ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 2006 г. 52 с.
4. Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Технологія прокатного виробництва: навчальний посібник. Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О, 2017. 170 с.
5. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: монографія. Кривий Ріг: Видавничий Дім, 2010. 404 с.
6. Конспект лекцій з дисципліни Технологія процесів ОМТ: Основи калібровки валків для студентів напряму 6.050401 Металургія (Обробка металів тиском) всіх форм навчання / уклад. М.М. Штода. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 88 с.
7. Конспект лекцій з дисципліни «Металознавство» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 136 Металургія всіх форм навчання / уклад. Калініна Т.В. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 80 с.
8. Метод расчета толщины полосы в нейтральных сечениях при асимметричной прокатке / Е.В. Байков // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. Краматорск: ДГМА, 2010. № 2 (23). С. 185-189.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.Л				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРА	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Кондратенко								
Перевірив	Чубенко						1	3	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. ЗМЧМ-24-1м			
Н. контр.	Чубенко								
Затвердив	Савельєв								

9. Данченко В.М., Грінкевич В.О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.

10. Інструкція щодо улаштування й конструкції мостового полотна на залізничних мостах [Текст] / розроб.: В.В. Говоруха, В.П. Піскунов, О.В. Саєнко. Введ. 2002.06.20. Київ: Головне управління колійного господарства Укрзалізниці, 2002. 155 с.

11. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: [підручник для студ. вищ. навч. закл.]. Львів: Світ, 2006. 624 с. [ISBN 966-603-452-2](#).

12. Взаємодія технологічних параметрів в осередку деформації при сталому процесі прокатування/ М.М. Бережний, В.А. Чубенко, А.А. Хіноцька, А. Шепель, В. Чубенко //Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2013. № 43. С. 36-41.

13. Час перебування металу в осередку деформації та утворення нової поверхні/ М.М. Бережний, Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Глінкін А.// Вісник Криворізького технічного університету. Випуск 30. 2012. С. 171-174.

14. Розрахунки параметрів процесів обробки металів тиском: навчальний посібник / В.М. Данченко, П.Л. Клименко, Л.Ф. Машкін, В.О. Гринкевич, О.М. Головка, П.В. Дрожжа. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2002. 40 с.

15. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник. Львів: Афіша, 2002. 304 с.

16. Матеріалознавство: підручник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков; за ред. проф. С.С. Дяченко. Харків: ХНАДУ, 2007. 440 с.

17. ВД «Академперіодика» НАН України. Приклади оформлення використаних джерел відповідно до Національного стандарту України ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ, 2016. 16 с. (Інформація та документація).

URL: <https://histj.oa.edu.ua/assets/files/Posylannia.pdf>.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

18. Національний стандарт України. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. ДСТУ 8302:2015 презентація. URL: <http://vippro.org.ua/index.php?pagename=presentation>.

19. <http://akademperiodyka.org.ua/docs/Posylannia>. 4. СТОУ-02-14. Загальні вимоги та правила оформлення текстових та графічних студентських магістерських робіт. Кривий Ріг: КНУ, 2014. 18 с.

20. Іванченко Ф.К., Гребеник В.М., Ширяєв В.І. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: [навч. посібник для студ. вузів]. Київ: Вища школа, 1995. 455 с.

21. Ковальська Л.Л., Кривов'язюк І.В. Економіка підприємства: підручник / за заг. ред. проф. Ковальської Л.Л. та проф. Кривов'язюка І.В. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. 620 с.

22. Романченко Н.В., Кожемякіна К.В., Пічик К.В. Економіка підприємства: навч. посіб. Київ: НаУКМА, 2018. 302 с.

23. Довідник з охорони праці та пожежної безпеки: навчальний посібник / В.П. Кириленко, О.І. Каракаш, С.І. Теслюк та ін. Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2008. 868 с.

24. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс / В.О. Шеремет, О.І. Каракаш, В.Ф.Марунчак та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.

25. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.

					КНУ.РМ.136.25.503с-01.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3