

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

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної атестаційної роботи бакалавра
зі спеціальності 136 – **Металургія**

**Тема роботи: «АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ
НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ № 6/4»**

Виконав:

студент групи МТ-23-1ск _____ Данило ЧЕРНЕНКО

Керівник випускної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Нормоконтролер _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Т.в.о. завідувача кафедри _____ Дмитро БАБОШКО

Кривий Ріг
2026 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійнийКафедра металургії чорних металів і ливарного виробництваОсвітньо-кваліфікаційний рівень: бакалаврСпеціальність: 136 Металургія

Затверджую

Зав. кафедрою _____

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

Черненко Данило Володимирович1. Тема роботи: Аналіз та розробка технології виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4керівник роботи: к.т.н., доцент Чубенко Вікторія Анатоліївназатверджено наказом по КНУ від « 19 » 02 2026 р. № 112с2. Строк подання роботи студентом « 01 » 06 2026 р.3. Вихідні дані до роботи: безперервно дрібносортний стан 250; температура нагрівання 1180 °С; ширина більшої полиці $b_{\text{бп}}=60$ мм, ширина меншої полиці $b_{\text{мп}}=40$ мм; товщина $t=4$ мм; допуски за шириною $\pm 1,0$ мм, за товщиною $\pm 0,2$ мм; радіус внутрішнього закруглення 7 мм, радіус зовнішнього закруглення 2,3 мм.

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

1. Призначення і характеристика нерівнобокого кутового профілю № 6/4 та аналіз способів його виробництва: загальна характеристика; класифікація; способи виготовлення; характеристика прокатного виробництва; Характеристика стану 250.

2. Розробка технології виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4: технологічний операції; калібрування кутового профілю; розрахунок геометричних розмірів калібрів; визначення енергосилових параметрів прокатування кутового профілю № 6/4.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд нерівнобокого кутового профілю. Поперечний переріз нерівнобокого кутового профілю. Матеріал для виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4 – сталь 09Г2С. Схема розміщення безперервного дрібносортного прокатного стану 250-2. Режими обтиснення. Схема калібрування нерівнобокого кутового профілю 6/4. Силкові параметри процесу прокатування.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів
1	Збір і обробка необхідного матеріалу для виконання кваліфікаційної роботи	19.01-27.01.2026
2	Аналіз літературних джерел та постановка завдання дослідження	28.01-08.02.2026
3	Загальна характеристика та призначення нерівнобокого кутового профілю № 6/4; способи виготовлення	09.02-25.02.2026
4	Характеристика прокатного виробництва; характеристика дрібносортового стану 250	26.02-10.03.2026
5	Розробка технології виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4: технологічні операції; термічна обробка	11.03-10.04.2026
6	Розрахунок калібрування та геометричних розмірів калібрів нерівнобокого кутового профілю № 6/4	11.04-30.04.2026
7	Розрахунок енергосилових параметрів прокатування кутового профілю № 6/4	01.05-20.05.2026
8	Оформлення роботи та креслення	21.05-31.05.2026
9	Перевірка роботи на плагіат	01.06-15.06.2026
10	Захист кваліфікаційної роботи	26.06.2026

Дата видачі завдання « 19 » 02 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Данило ЧЕРНЕНКО
(підпис)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи на тему:

«Аналіз та розробка технології виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4»

Пояснювальна записка: 55 стор., 5 табл., 8 рис., 18 джерел.

Об'єкт дослідження: прокатування профілів.

Предмет дослідження: режими прокатування нерівнобокого кутового профілю № 6/4.

Мета роботи: визначити раціональні режими обробки, що дозволяють виготовити нерівнобокий кутовий профіль № 6/4.

Методи дослідження: базуються на використанні аналітичних та розрахункових методах дослідження режимів обтиснення та калібрування прокатних валків для виготовлення нерівнобокого кутового профілю.

Результати роботи: проаналізовано призначення класифікацію та способи виготовлення нерівнобокого кутового профілю; визначено обладнання для прокатування виробу, проаналізовано його склад та принцип дії; визначено кількість фасонних проходів, що забезпечують отримання вірного профілю; розраховано калібрування прокатних валків, для виготовлення вірного профілю; визначено витрати енергії на процес.

НЕРІВНОБОКИЙ КУТОВИЙ ПРОФІЛЬ; КАЛІБРУВАННЯ, ФАСОННИЙ ПРОКАТНИЙ ВАЛОК; ОБТИСНЕННЯ

					КНУРБ.136.26.112с-14.Р					
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ					
Розробив	Черненко							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чубенко								1	1
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-23-1ск		
Н. контр.	Чубенко									
Затвердив	Бабошко									

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание						
1												
2	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.ПЗ	Пояснювальна записка	55								
3												
4			<u>Графічна частина</u>									
5			(Презентація)									
6	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.01	Загальний вигляд нерівнобокого									
7			кутового профілю	1								
8	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.02	Поперечний переріз нерівнобокого									
9			кутового профілю	1								
10	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.03	Матеріал для виготовлення									
11			нерівнобокого кутового профілю	1								
12	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.04	Схема розміщення обладнання									
13			безперервного дрібносортового стану	1								
14	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.05	Розрахунок режимів обтиснення	1								
15	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.06	Калібрування нерівнобокого									
16			кутового профілю 6/4	1								
17	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.07	Схема калібрування нерівнобокого									
18			кутового профілю	1								
19	A4	КНУ.РБ.136.26.112с-14.08	Силкові параметри процесу									
20			прокатування	1								
21												
22												
23												
24												
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Перв. примен.</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Справ. №</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Подп. и дата</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Инв. № дубл.</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Взам. инв. №</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Подп. и дата</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Инв. № подл.</div> </div>												
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Изм. Лист</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">№ докум.</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Подп.</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Дата</div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> <h3 style="margin: 0;">КНУ.РБ.136.26.112с-14.В0</h3> <p style="margin: 0;">Відомість об'єму матеріалів кваліфікаційної роботи Чертеж общего вида</p> </div> <div style="text-align: right;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Лит.</td> <td style="padding: 2px;">Лист</td> <td style="padding: 2px;">Листов</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">р δ</td> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">1</td> </tr> </table> <p style="margin: 0;">кафедра МЧМ/В група МТ-23-1ск</p> </div> </div>							Лит.	Лист	Листов	р δ	1	1
Лит.	Лист	Листов										
р δ	1	1										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Копировал Формат A4 </div>												

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ.....	4
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ.....	5
ВСТУП.....	7
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ № 6/4 ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА	9
1.1 Загальна характеристика нерівнобокого кутового профілю.....	9
1.2 Класифікація кутових профілів.....	12
1.3 Способи виготовлення кутника	15
1.4 Загальна характеристика прокатного виробництва.....	16
1.5 Характеристика дрібносортного стану 250.....	24
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ № 6/4.....	29
2.1 Технологічні операції з виробництва нерівнобокого кутового профілю на безперервному дрібносортному стані 250.....	29
2.2 Калібрування кутового профілю.....	31
2.3 Розрахунок геометричних розмірів калібрів для їх побудови.....	41
2.4 Енергосилові параметри прокатування кутового профілю № 6/4.....	43
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.3					
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ					
Розробив	Черненко							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чубенко								1	1
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-23-1ск		
Н. контр.	Чубенко									
Затвердив	Бабошко									

ВСТУП

На металургійних підприємствах здійснюється виплавка металів та сплавів, з яких в подальшому виготовляють металовироби різної форми та розмірів. Конкурентоспроможність металургійного виробництва цілком залежить від якості отриманих металовиробів.

Кінцева продукція металургійного виробництва – це прокатні профілі до яких відноситься нерівнобокий кутовий профіль 6/4.

Металевий кутовий профіль вважається універсальним виробом, що використовується в різних сферах народного господарства: в машинобудуванні та будівництві, в сільському господарстві та меблевій промисловості. Такий металовиріб потребує великої уваги до точності його форми, розмірів та якості внутрішньої поверхні при достатній продуктивності процесу його виготовлення. Тому, удосконалити технологічний процес виготовлення нерівнобокого кутового профілю є задача актуальна.

В роботі пропонується удосконалити технологію виготовлення нерівнобокого кутового профілю за рахунок визначення раціональних режимів обтиснення при прокатуванні.

Мета роботи: визначити раціональні режими обробки, що дозволяють виготовити нерівнобокий кутовий профіль № 6/4.

Для досягнення мети, потрібно виконати наступні задачі:

- дослідити будову і призначення кутового профілю;
- визначити матеріал та дослідити його хімічний склад для виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4;
- визначити обладнання для прокатування кутового профілю, дослідити його будову;

					КНУРБ.136.26.112с-14.ВС			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП			
Розробив	Черненко							
Перевірив	Чубенко							
Рецензент								
Н. контр.	Чубенко							
Затвердив	Бабошко				Літ.	Аркуш	Аркушів	
							1	2
						Кафедра МЧМЛІВ гр. МТ-23-1ск		

- визначити обладнання для виготовлення безперервно-ливої заготовки для виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4.;
- визначити режими обтиснення та калібрування прокатних валків, що забезпечать виготовлення кутника точних розмірів;
- визначити енергосилові параметри, які витрачаються на виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.ВС	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ № 6/4 ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Загальна характеристика нерівнобокого кутового профілю

Кутовий профіль – це промисловий виріб, який складається з двох, сполучених між собою пластин, що мають однакову або різну ширину. Такі пластини з'єднані між собою під кутом 90°. Такий виріб може мати товщину до 16 мм та довжину від 4 до 12 м.

За формою кутовий профіль може бути рівнобоким або рівнополичним та нерівнобоким (нерівнопрличним).

Нерівнополичний кутник – це вид металовиробу, виконаного у формі літери «Г» і має різну товщину його полиць. Це робить кутовий профіль універсальним для створення міцних конструкцій, рам, каркасів, стелажів та подібних конструкцій де потрібно розподіляти навантаження нерівномірно.

Нерівнополичний кутник 6/4 має у своєму складі дві полиці, з яких розмір одної дорівнює 60 мм, а іншої 40 мм, що характеризує його міцність та можливість застосовувати в різних металоконструкціях. Такий профіль використовується як універсальний конструкційний елемент у будівництві та машинобудуванні при створенні різних ферм, воріт, рам, сходів, опорних конструкцій, жорстких каркасів. Він має велике поширення завдяки своїй високій міцності та здатності витримувати великі навантаження та легкості з'єднання зварюванням чи болтами.

Загальний вигляд кутового нерівнобокого профілю показано на рис. 1.1, де видно його форму та розташування полиць, яка мають не однакову ширину.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ПРИЗНАЧЕННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Черненко						1.1	20
Перевірив	Чубенко					Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-23-1ск		
Рецензент								
Н. контр.	Чубенко							
Затвердив	Бабошко							



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд нерівнобокого кутового профілю

На рисунку 1.2 показано креслення нерівнобокго кутового профілю в передреченому перерізі

Кутовий профіль має досить широку сферу застосування: в будівництві, машинобудуванні, в меблевій промисловості, сільському господарстві, в техніці тощо.

Нерівнобокий кутовий профіль з розміром полиць 60 та 40 мм є універсальним через свою поширеність. Його застосовують у тих випадках, коли потрібно зробити кутове з'єднання під кутом 90 градусів, при цьому забезпечити міцну конструкцію та добру несучу здатність.

В будівництві кутовий профіль використовують при створенні ангарів та навісів, складських приміщень, огорож та сходів, воріт тощо.

В машинобудування кутовий профіль використовують при виготовленні рам, корпусних деталей, для верстатів та конвеєрів та іншого обладнання, що вимагає великої жорсткості. Кутовий профіль використовують для зміцнення тп підтримки конструктивних елементів, які вимагають високої жорсткості та міцності при з'єднанні.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

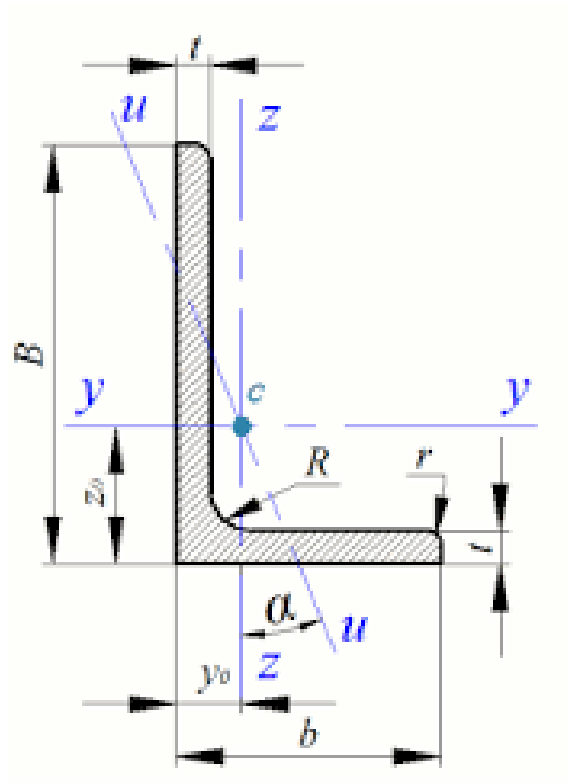


Рисунок 1.2 – Креслення поперечного перерізу нерівнобокого кутового профілю: B – ширина більшої полиці; b – ширина меншої полиці; z_0 – координата центру ваги профілю відносно осі z ; y_0 – координата центру ваги відносно осі y ; t – товщина полиці; R – радіус закруглення у з’єднанні полиць; r – радіус закруглень при вершині полиць

Таким чином, кутник 6/4 – це базовий профіль, надійний профіль для створення міцних та довговічних металевих конструкцій різного призначення, від простих господарських до складних промислових.

У випадку застосування додаткового цинкового покриття кутовий профіль можна використовувати в несприятливих кліматичних умовах. З’являється можливість у кутового профілю витримувати надмірну вологість та температурні коливання в межах від -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Основним матеріалом для виготовлення кутового профілю є вуглецева, легована, оцинкована та нержавіюча сталь нормальної, підвищеної та високої міцності. В деяких випадках, наприклад, в хімічній галузі, в авіації та

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автомобілебудуванні кутові профілі виготовляють з алюмінієвих та мідних сплавів або інших кольорових металів та сплавів.

1.2 Класифікація кутових профілів

Кутові профілі класифікують за декількома ознаками: за матеріалом, з якого виготовляють кутовий профіль; за способом та характером його виготовлення; за довжиною та типом профілю.

За способом виготовлення кутові профілі класифікують на гарячекатані та гнуті профілі.

Гарячекатані профілі – це металовироби, що отримані гарячою деформацією на прокатному обладнанні. Переваги такої технології у тому, що кутник отримує чітко окреслений профіль, у якого присутні чітко окреслені межі полиць, які знаходяться одна до іншої під кутом 90° . Кутник має чітко виражений прямий кут.

Гнуті кутові профілі отримують за допомогою вигину прямокутної смуги, товщина якої дорівнює товщині полиць. Таке згинання здійснюється на профілезгинаючих і листозгинаючих машинах та агрегатах. В результаті такого згинання кутовий профіль отримує округлений зовнішній кут. В результаті такого виготовлення кутові профілі мають не велику поздовжню жорсткість в порівнянні з катаними профілями. Такі вироби переважно використовують для отримання виробів, що не мають суворих вимог до точності розмірів та без впливу несучих граничних навантажень.

З метою отримання жорсткого кутового профілю № 6/4 будемо використовувати процес гарячого прокатування на прокатному обладнанні з метою отримання точних розмірів, достатньої міцності профілю, здатності витримувати достатні несучі навантаження.

За характером виготовлення кутові профілі поділяють на стандартні профілі або звичайної точності та високоточні.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандартні профілі використовують у тих випадках, де не пред'являють високі вимоги з міцності та витривалості: в будівництві, металообробці, при виконанні креслярських робіт, в столярних та монтажних роботах.

Високоточні кутові профілі використовують у тих випадках, коли потрібні висока точність і якість, коли потрібно витримати жорсткі допуски, наприклад, в приладобудування, оптиці тощо.

За довжиною усі кутові профілі можна класифікувати на профілі мірної довжини, не мірної, кратні мірній довжині, обмеженої довжини в границях мірної.

Кутові профілі мірної довжини – це ті профілі, що мають довжину, яка дорівнює 6 м, 7 м, 9 м, 10 м, 11 м, 12 м. Кутові профілі мірної довжини та кутові профілі, що мають кратну мірній довжині можуть знаходитися за довжиною в межах від 4 м до 12 м, але їх довжина може відхилятися від номінальної на величину похибки, яка обмежується стандартними допусками.

За типом профілю кутники класифікують на рівнополичні та нерівнополичні.

Рівнополичний кутовий профіль – це той виріб, у якого обидві полиці за довжиною дорівнюють між собою. Такий профіль вважається універсальним профілем і розповсюджений у будівельній та машинобудівній галузі. Має доволі високу міцність впродовж усього поздовжнього перерізу, має порівняно не велику вагу. Розмір його полиць знаходиться у межах від 20 до 250 мм.

Нерівнополичний кутовий профіль характеризується тим, що має полиці різної ширини, причому їх ширина залежить від товщини. Наприклад, якщо кутовий профіль має товщину від 2 мм до 15 мм, то ширина більшої полиці буде знаходитися у межах від 25 мм до 200 мм, а ширина меншої полиці буде знаходитися у межах від 16 мм до 150 мм.

Нерівнобокий кутовий профіль застосовується при здійсненні спеціальних робіт, де потрібно отримати асиметрію. Основною характеристикою такого профілю є товщина стінки. У випадку її надмірного збільшення зростають втрати

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металу на виготовлення цього профілю та збільшується його вага. Але при збільшенні товщини кутового профілю і, відповідно, ширини полиці, зростає гранично допустиме навантаження, він може витримати більші зусилля.

Кутовий профіль регламентується національними та міжнародними стандартами: ГОСТ 8509, ДСТУ 2251, ДСТУ EN 10056, EN 10056. Цей профіль простий в обслуговуванні: легко зварюється, піддається випрямленню, з'єднанню, механічній обробці, згинається.

За матеріалом виготовлення кутовий профіль характеризується на: вуглецеві, леговані, неіржавіючі, оцинковані. Такі матеріали характеризують кутові профілі будівельного та машинобудівного призначення.

Для профілів авіаційної, автомобілебудівної та хімічної галузі кутові профілі виготовляють з алюмінію, міді та інших кольорових металів та сплавів.

В якості матеріалу для виготовлення кутового профілю будемо використовувати леговану сталь марки 09Г2С. Така сталь використовується для виготовлення відповідальних і навантажених конструктивних елементів та деталей. Цей матеріал здатний працювати при низьких температурах (працює при температурах від -70°C до $+425^{\circ}\text{C}$ та при великих навантаженнях на конструкції. Така сталь добре зварюється. Хімічний склад сталі наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 09Г2С, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	Fe
<0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	<0,4	<0.04	<0.035	<0,3	<0,008	<0,3	96-97

Механічні характеристики матеріалу в холодному стані:

- границя міцності $\sigma_b=430$ МПа;
- границя течії $\sigma_T=260$ МПа;
- подовження при розриві $\delta_s = 21\%$.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Способи виготовлення кутника

Для виготовлення шестикутного профілю використовують декілька способів:

- гаряче прокатування;
- холодне прокатування;
- згинання.

Гаряче прокатування – це самий розповсюджений спосіб, де здійснюється обтиснення металовиробу на сортопрокатному стані при попередньому підігріванні початкового матеріалу. В якості початкового матеріалу використовують заготовки, що мають квадратний, або прямокутний поперечний переріз близький до квадратного. Заготовки можуть бути отримані на безперервно-заготовочному стані із звичайного дискретного зливку, так і безперервно-литі заготовки. Перевагу потрібно надати безперервно-литим заготовкам через те, що спосіб безперервної розливки сталі є більш сучасним, заготовки, що отримані цим способом мають більш якісну внутрішню структуру, спосіб дозволяє отримати меншу кількість браку, менша кількість металевого сплаву йде на обрізь. Для отримання кутового профілю заготовки нагрівають з метою збільшення пластичності і піддають пластичній деформації за допомогою прокатних валків. За таким методом можна отримати міцні кутові профілі, що витримують великі навантаження при роботі, мають високу стійкість та міцність, що дозволяє виготовляти надійні опорні елементи, що використовуються у виробі на які діють великі навантаження. Гаряче прокатування дозволяє отримати профіль високої точності за розмірами, з мінімальними граничними відхиленнями, з точним прямим кутом.

Холодне прокатування це спосіб виготовлення кутового профілю при кімнатній температурі, без попереднього нагрівання матеріалу. за цим методом можна обробляти кутові профілі з м'яких матеріалів. За способом холодного прокатування отримують кутові профілі точних розмірів, з мінімальними граничними відхиленнями, з вірним кутом при вершині. Широко застосовують

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.7

цей спосіб для прокатування алюмінієвих кутових профілів, або можна застосовувати його для отримання дрібних кутових профілів, виробів, що мають товщину стінки не більше 3 мм. Цей спосіб застосовують більше для виготовлення декоративних виробів.

Метод вигину використовують для отримання кутових профілів з листового або смугового прокату на профілезгинаючому агрегаті. В якості початкового матеріалу для згинання використовують як гарячекатані листи та смуги, так і холоднокатані. При використанні методу вигину, виріб не отримує високої точності, кут при вершині утворюється заокруглений. Кутовий профіль отриманий таким способом не здатний витримувати великі навантаження.

Проаналізувавши усі способи виготовлення кутового профілю для отримання кутника № 6/4 будемо використовувати спосіб гарячого прокатування.

1.4 Загальна характеристика прокатного виробництва

Прокатування – це один зі способів обробки металів тиском, де початковий матеріал підлягає дії пластичної деформації між прокатними валками. В результаті цієї пластичної дії матеріал між прокатними валками зменшується за висотою, збільшується за довжиною та розширюється. Внаслідок пластичної деформації розкат набуває потрібної форми та розмірів. При обробці матеріал втягується в щілину між прокатними валками, які обертаються.

Прокатуванням виготовляють безліч металовиробів, які є кінцевою продукцією металургійного виробництва.

Усю продукцію, що отримана прокатуванням, можна поділити на чотири види:

- трубний прокат;
- сортовий прокат;
- листовий прокат;
- спеціальні профілі.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продукція, що отримана в прокатних цехах, може бути як кінцевою продукцією, так і напівфабрикатом, які йдуть на подальшу переробку в механообробні цехі.

Нерівнобокий кутовий профіль № 6/4 відноситься до сортового прокату.

Усі процеси прокатування класифікують на наступними ознаками:

- відповідно взаємного розміщення осей оброблюваного матеріалу та прокатними валками;
- за зміною величини зазору між прокатними валками;
- за температурою обробки;
- відповідно взаємодії прокатних валків з оброблюваним матеріалом;
- за наявністю або відсутністю зовнішніх сил, що прикладають до кінців матеріалу, що обробляється.

Відповідно взаємного розміщення осей оброблюваного матеріалу та прокатними валками прокатування може бути поздовжнім, поперечним та поперечно-гвинтовим (косим) прокатуванням.

У випадку поздовжнього прокатування осі оброблюваного та інструменту (прокатного валку) розташовуються перпендикулярно (рис. 1.3).

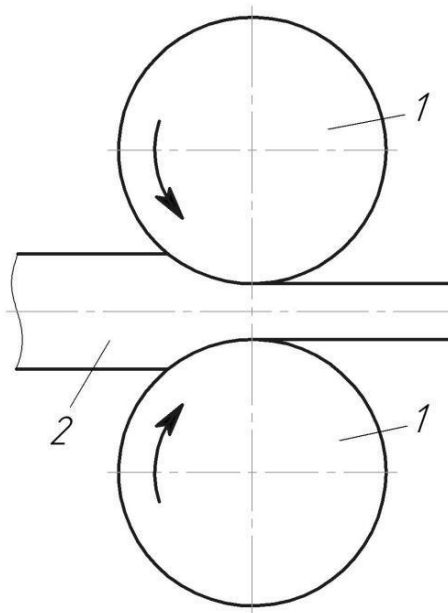


Рисунок 1.3 – Схема поздовжнього прокатування:

1 – прокатні валки, 2 – матеріал, який оброблюється

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому процесі прокатні валки мають обертальний рух і напрямок обертання спрямований одного валка назустріч іншого. Оброблюваний матеріал при цьому має поступовий рух. Такий вид обробки є самим розповсюдженим, він використовується для прокатування сортових профілів, для отримання листової продукції, на деяких операціях трубопрокатного виробництва.

У випадку поперечного прокатування осі прокатних валків та оброблюваного матеріалу розташовують паралельно за схемою, що наведено на рис. 1.4.

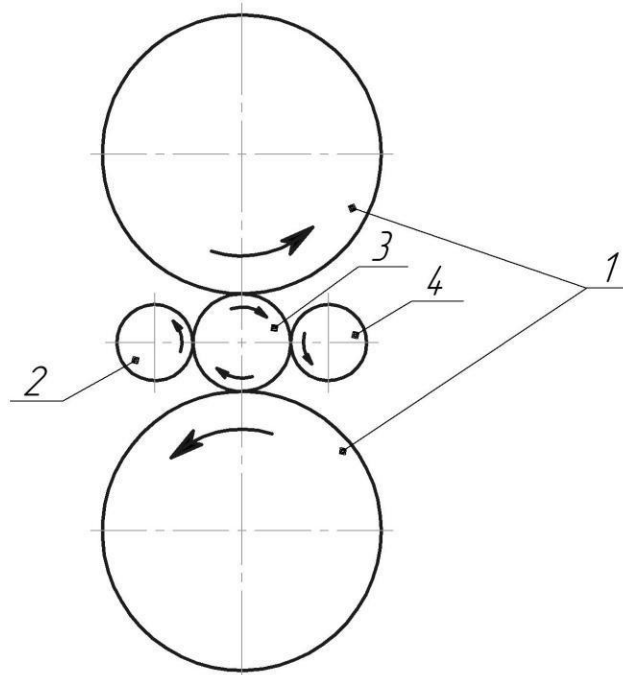


Рисунок 1.4 – Схема поперечного прокатування: 1 – прокатні валки; 2 – підтримуючі ролики; 3 – оброблюваний матеріал.

У цьому випадку інструмент і оброблюваний матеріал мають обертальний рух, причому, прокатні валки обертаються в один бік, оброблювана заготовка в інший. Такий спосіб прокатування використовується для отримання тіл обертання: осей, втулок, валів, залізничних та зубчастих коліс.

У випадку поперечно-гвинтового прокатування – осі оброблюваного матеріалу та прокатних валків розташовують під деяким кутом, який знаходиться в межах від 8° до 12° . У цьому випадку прокатні валки мають обертальний рух, а

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблюваний матеріал, завдяки такому розташуванню має одночасно і обертальний рух і поступальний.

Такий вид обробки використовують для отримання спеціальних профілів, для отримання куль, для виготовлення гвинтової поверхні, для прошивання отворів у суцільному матеріалі, що широко застосовується при отримання безшовних труб.

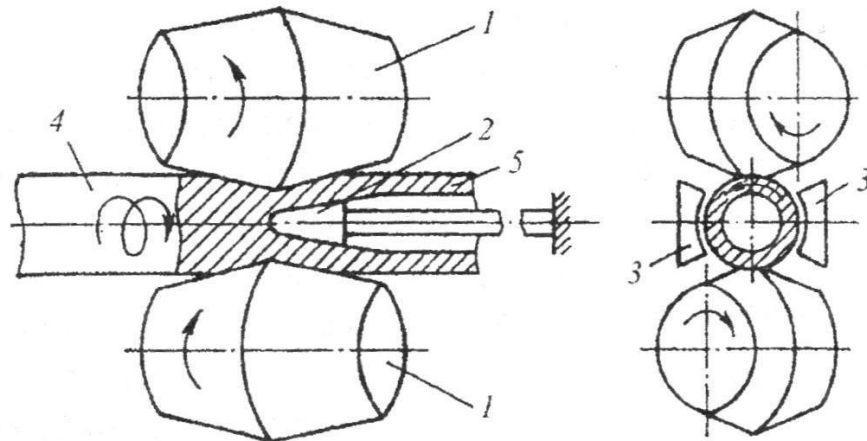


Рисунок 1.5 – Схема поперечного-гвинтового прокатування при прошиванні отвору в суцільному матеріалі: 1 – прокатні валки; 2 – оправка; 3 – лінійки; 4 – оброблюваний матеріал; 5 – отриманий розкат.

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

За температурою обробки прокатування класифікують на гарячу та холодну обробку. Холодна обробка використовується при прокатуванні тих матеріалів, які мають не великій опір пластичній деформації, наприклад, при прокатуванні бронзових, алюмінієвих матеріалів. Також цей вид обробки використовують при прокатуванні дрібних матеріалів та тих, що мають не велику товщину, наприклад, при прокатуванні тонких листів.

При гарячому прокатуванні оброблюваний матеріал перед прокатуванням нагрівається з метою зменшення опору пластичній деформації. Такий вид

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки застосовується для металовиробів не дрібних розмірів, або для обробки важкодеформованих матеріалів. Нагрівання відбувається в методичних печах, або нагрівних колодязях. Температура нагрівання матеріалу залежить від його марки, що вказує на хімічний склад. А саме, залежить від температури плавлення матеріалу і дорівнює $T_n = 0,8 \cdot T_{пл}$, де T_n – температура нагріву матеріалу; $T_{пл}$ – температура плавлення матеріалу.

Нерівнобокий кутовий профіль 6/4 є сталевим металовиробом. Цей матеріал має високий опір пластичній деформації, розміри його вважаються не дрібними, тому, потрібно його виготовляти гарячим прокатуванням.

В залежності від взаємодії оброблюваного матеріалу з прокатними валками процеси прокатування класифікують на симетричні процеси та не симетричні. У випадку, коли діаметри прокатних валків мають однакові розміри, мають однакову теплову взаємодію – то такі процеси вважаються симетричними. В іншому випадку, коли прокатні валки мають різні діаметри, різні теплові та силові взаємодії – то процеси прокатування є не симетричними.

Для отримання кутового профілю 6/4 будемо використовувати прокатні валки однакового діаметра, теплова і силова взаємодія буде дорівнювати між собою, то процес прокатування будемо вважати симетричним.

Для здійснення процесів прокатування використовують прокатні стани.

Прокатний стан – це комплекс машин та механізмів, що дозволяють отримати якісні вироби, що мають необхідну форму та розміри завдяки здатності оброблюваних матеріалів до пластичної деформації.

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

За призначенням прокатні стани поділяють за видом продукції, що виготовляється на:

- сортові прокатні стани;
- листопрокатні стани;

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- трубопрокатні стани;
- спеціальні прокатні стани.

Сортові прокатні стани, в свою чергу, в залежності від розміру випускаємої продукції поділяються на крупносортові, середньосортові та дрібносортові.

Листопрокатні стани поділяють на товстолистові та тонколистові прокатні стани. Тонколистові прокатні стани класифікують на стани холодного та гарячого прокатування.

За кількістю робочих клітей в головній лінії прокатні стани поділяють на одноклітьові, двоклітьові, багатоклітьові.

Одноклітьові прокатні стани – це ті стани, які у своєму складі мають одну прокатну реверсивну кліть. Це прокатні стани, що виготовляють, як правило, крупногабаритну продукцію, виконують великі обтиснення, наприклад, блюмінгі, листові.

Двоклітьові прокатні стани – у своєму складі мають дві прокатні кліті, як правило, одну чорнову, іншу чистову. Їм також присутній реверсивний рух. До цих прокатних станів відносять слябінги та листопрокатні стани для товстих листів.

Багатоклітьові прокатні стани – це те обладнання, що має декілька робочих клітей. Це безперервні прокатні стани. До них відносять сортопрокатні стани, деякі листопрокатні, деякі трубопрокатні агрегати.

За кількістю прокатних валків в робочій кліті прокатні стани класифікують на двовалкові (дуо), тривалкові (тріо), чотиривалкові, шестивалкові, дванадцятивалкові, двадцятивалкові.

Двовалкові прокатні стани – це саме розповсюджені прокатні стани. Вони можуть бути як реверсивні, так і безперервні. Це усі сортові прокатні стани, листові прокатні стани, які призначено для прокатування товстих листів.

Тривалкові прокатні стани зустрічаються рідко через те, що вони мають низьку продуктивність.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чотиривалкові – мають в своєму складі два робочих прокатних валка, два опорних, які служать для збільшення жорсткості робочих прокатних валків.

Шестивалкові, дванадцятивалкові, двадцятивалкові – це, як правило, листові прокатні стани, служать для отримання тонких листів холодним прокатуванням. Вони мають в своєму складі два робочих валка, а інші опорні, які служать для підвищення жорсткості робочих валків. Чим більша кількість опорних валків, тим отримується тонша смуга.

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

Реверсивні прокатні стани мають як прямий, так і зворотній рух. До таких прокатних станів відносять блюмінги, слябінги, деякі листові прокатні стани. такі прокатні стани дозволяють виконати великі обтиснення.

Безперервні прокатні стани – це стани багатоклітьові прокатні стани, в яких оброблюваний матеріал може знаходитися в декількох прокатних клітях одночасно. При прокатуванні на безперервних прокатних станах потрібно виконати умову безперервності, до якої відноситься – постійність секундних об'ємів. В іншому випадку може виникнути або зайве натягіння смуги, або утворення петлі, що може призвести до порушення технологічного процесу прокатування. Це сортові прокатні стани (переважно, дрібносортові), деякі листові, деякі трубопрокатні.

Напівбезперервні прокатні стани – це та прокатні стани, які мають у своєму складі реверсивну і безперервну групи прокатних клітей. Реверсивна, як правило, чорнова робоча група, яка дозволяє виконати великі обтиснення, безперервна – чистова, яка дозволяє виготовляти точний виріб. Такі прокатні стани використовують, переважно, привиготовленні гарячокатаних листів.

З перерахованих прокатних станів безперервні є самими продуктивними прокатними станами, найсучасними, що використовують для отримання сортових профілів.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кутовий профіль № 6/4 відноситься до дрібносортового прокату, тому для його виготовлення будемо використовувати дрібносортовий безперервний багатоклітьовий прокатний стан ДС 250.

Усе обладнання прокатного стану поділяють на основне та допоміжне.

Основне обладнання – це те обладнання прокатного стану, де відбувається пластична деформація матеріалу.

Допоміжне обладнання не виконує пластичну деформацію матеріалів, що обробляють, але воно допомагає забезпечити надійне виконання основних технологічних операцій.

До основного обладнання прокатного стану відноситься робоча кліт з прокатними валками, де і відбувається безпосередньо обробка матеріалів, виконуються обтиснення матеріалу. також до основного обладнання відноситься шестеренна кліт, шпинделі та муфти, головна та корінна муфти, моторна муфта, двигун, редуктор, двигун.

Основні навантаження припадають на робочу кліт, яка складається зі станини, робочих валків, які встановлено в підшипники, механізмів встановлення та регулювання положення прокатних валків.

Особливі вимоги пред'являють до прокатного валку (рис. 1.6), який і визначає тип прокатного стану.

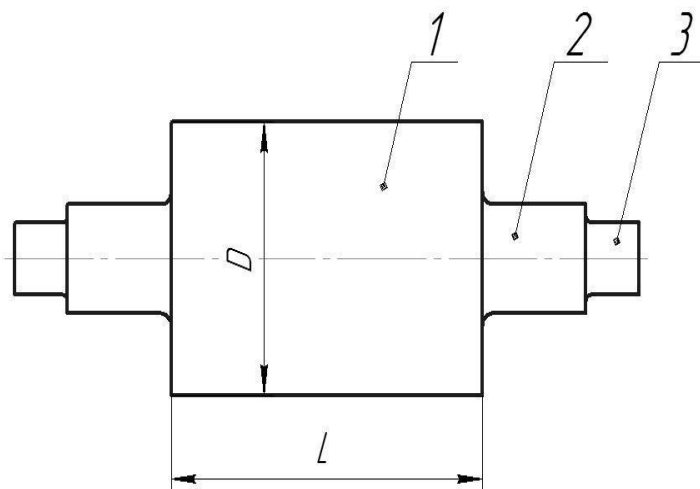


Рисунок 1.6 – Робочий валок прокатного стану:

1 – бочка; 2 – шийка; 3 – хвостовик

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З рисунка видно, що прокатний валок складається з бочки, яка приймає усі навантаження, шийки, яка вставляється в підшипники і хвостовика, який служить для створення обертового руху прокатного валка.

Сортові прокатні стани характеризуються діаметром прокатного валку. Безперервні прокатні стани у своєму складі мають декілька робочих клітей, де різні кліті мають різні діаметри. Позначають прокатний стан діаметром чистової останньої прокатної кліті.

Допоміжне обладнання класифікують на два види: обробне та транспортує.

До обробного відносять механізми для розрізання розкатів на мірні довжини та для аварійного обрізання. До такого обладнання відносять різні ножиці і пили: гільйотинні ножиці, летючі ножиці, планетарні ножиці, дискові пили. Також до обробного обладнання відносять різні машини та механізми, що забезпечують підвищення якості оброблюваного матеріалу. До такого обладнання відносять різні правильні машини та агрегати: роликотправильні машини, правильні преси.

До допоміжного обладнання відносять механічне обладнання: фрезувальні та свердлильну, шліфувальні верстати.

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

До транспортуєчого обладнання відносять різні агрегати, машини та механізми, які служать для переміщення оброблюваного матеріалу як впродовж, так і в поперек прокатного цеху. До такого обладнання відносять різні візки, електричні мостові, кліщові крани, рольганги, шлепери.

1.5 Характеристика дрібносортового стану 250

Для отримання кутового нерівнобокого профілю будемо використовувати дрібносортовий прокатний стан безперервної дії ДС 250. Цей прокатний стан здатний виготовляти дрібносортовий прокат в гарячому стані.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.16
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал для виготовлення сортових профілів на цьому прокатному стані – це вуглецева та низьколегована сталь.

Дрібносортовий прокатний стан ДС 250 має у своєму складі нагрівальну піч де обробляємий матеріал нагрівається до температури прокатування, яка складає 0,8 від температури плавлення цього матеріалу і, приблизно, дорівнює 1100 - 1250°C, має 23 прокатні кліті, обладнання для охолодження обробленого матеріалу та пакувальні пристрою для ув'язнення готового прокату.

Чорнова група клітей має у своєму складі 7 горизонтальних прокатних клітей і 2 групи чистових прокатних клітей, де міститься по 8 робочих клітей в кожній групі, з них чотири розташовано горизонтально, а чотири вертикально.

Стан обладнаний робочими клітями, які розділенні на наступні групи:

Чорнова – 7 горизонтальних клітей

Чистова – 2 групи по 8 клітей у кожній (із них 4 горизонтальні та 4 вертикальні розташовані почергово).

Прокатування здійснюється в чорнових прокатних клітях в дві нитки, в чистових прокатних клітях відбувається в одну нитку.

На безперервному прокатному стані прокатують дрібносортові профілі наступного сортаменту:

- прокат дрібносортовий круглого поперечного перерізу розмірами від 8 до 30 мм;
- прокат дрібносортовий квадратного поперечного перерізу розмірами від 8 до 27 мм;
- смуговий прокат з розмірами смуг від 40x4 мм до 70x10;
- арматурна сталь №№ від 8 до 28;
- кутова сталь №№ від 2,5 до 4

Для скорочення парку прокатних валків, забезпечення їх універсальності дрібносортові прокатні стани спеціалізуються на виробництві профілів, які занесено в таблицю 1.2.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Спеціалізація дрібносортного стану

№ з/п	Вид прокату	Розміри профілів, мм		
		Дрібносортний стан		
		250-1	250-2	250-3
1.	Сталь кругла	Ø10,12,14	Ø8-30	Ø 10-40
2.	Сталь для армування залізобетонних конструкцій	№№ 8,10,12,14	№№ 12,14, 28	№№ 10,12
3.	Сталь стрижнева арматурна термічнозміцненна періодичного профілю	№№ 10,12,14	-	№№ 10,12
4.	Сталь кутова рівнобока	-	№№ 2,0-4,5	-
5.	Сталь кутова нерівнобока	-	50x40x4 45x28x4	-
6.	Сталь полосова	-	20-75x4-10	-
7.	Сталь квадратна	12,14	10-28	-

Примітка:

1. На дрібносортному стані 250-2, крім приведених в таблиці профілів, прокатуються фасонні профілі спеціального призначення.

2. В залежності від виробничої ситуації допускається переспеціалізація дрібносортних станів з прокаткою нових профілів та видів продукції.

3. Прокатні профілі виготовляються з відповідністю до вимог національних стандартів України та замовника (обговоренні контрактами).

В результаті ретельного аналізу таблиці 1.2, дослідивши можливості всіх наведених прокатних станів дістали висновку, що виготовити кутовий профіль № 6/4 існує можливість на дрібносортовому безбарвному прокатному стані ДС 250-2, замінивши деякі калібри.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості початкового матеріалу будемо використовувати безперервно-литу заготовку, тому потрібно замінити калібри в перших проходах і встановити п'ять фасонних калібрів для отримання вірного кутника.

Схема розміщення обладнання безперервного дрібносортового стану 250-2 показана на рисунку 1.7.

Коротка технічна характеристика дрібносортового прокатного стану ДС 250-2.

Завантажувальні грати використовують для завантаження заготовок з ад'юстажу та поштучної їх подачі на підводячій рольганг методичної печі для нагрівання. Кількість завантажувальних грат – по 2 штуки на одну методичну піч. Тип завантажувальних грат – рейкові. Грати мають рухому і не рухому систему гребінчастих рейок. можлива максимальна маса заготовок, що завантажують досягає 30,0 тон. Навантаження грат дорівнює 50 заготовкам.

Підвідний рольганг призначений для подачі заготовок від грат до втаскувача. Такий рольганг складається з трьох холостих і 42-х привідних роликів, що мають діаметр 250 мм та довжину 400 мм. Ці ролики мають індивідуальний привід від електричного двигуна змінного струму.

Втаскувач служить для подачі заготовок від підводячого рольгангу в методичну нагрівальну піч. Тип втаскувача – роликівий, кількість такого обладнання – 1 штука. Втаскування заготовок здійснюється зусиллям 620 кг при масі заготовки 600 кг. Втаскування відбувається зі швидкістю 0,035 м/с.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.01.ПХНКП	Аркуш
						1.19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

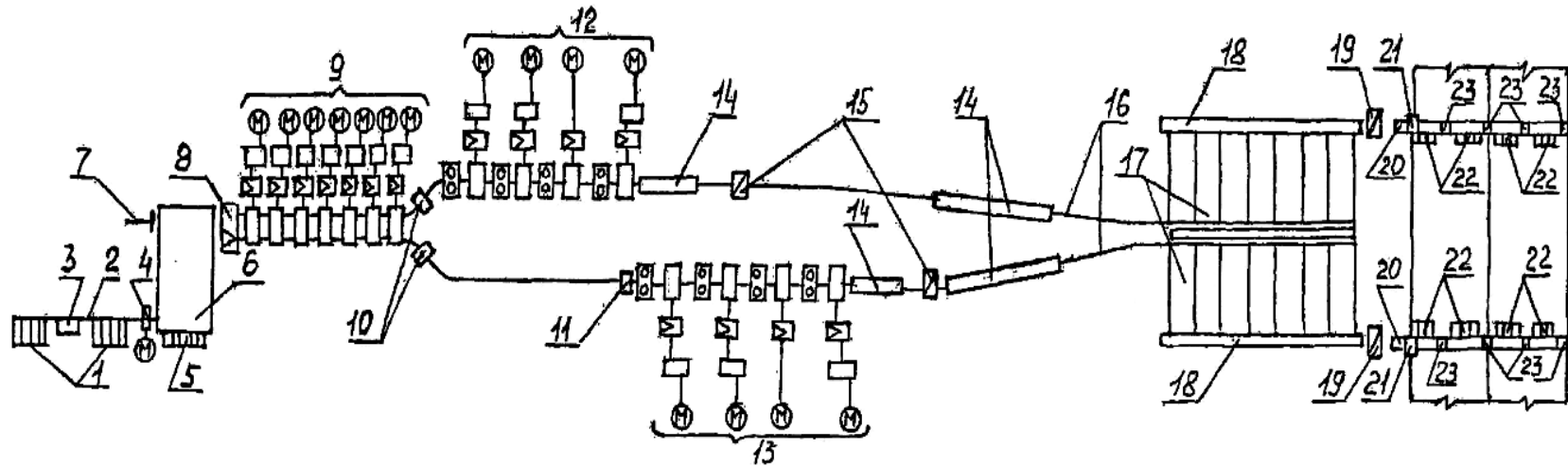


Рисунок 1.7 – Схема розміщення безперервного дрібносортового прокатного стану 250-2: 1 – ґрати для завантаження; 2 – підвідячий рольганг; 3 – кишені для скидання забракованих заготовок; 4 – втаскувач заготовок; 5 – штовхач; 6 – методична нагрівальна піч; 7 – виштовхувач; 8 – розподільний стіл; 9 – чорнова група прокатних клітей; 10 – аварійні ножиці; 11 – обривний ніж; 12 і 13 – ліва та права чистові групи прокатних клітей; 14 – лінія для охолодження прокату; 15 – двобарабанні ножиці; 16 – транспортуючий рольганг; 17 – холодильник; 18 – відвідний рольганг; 19 – ножиці; 20 – рольганг, що прибирає; 21 – упор; 22 – ваги; 23 – упори [5]

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ № 6/4

2.1 Технологічні операції з виробництва нерівнобокого кутового профілю на безперервному дрібносортному стані 250

Прокатування кутового профілю починають з підготування початкового матеріалу. В якості початкового матеріалу використовують безперервно-литі заготовки, що отримані на радіальній машині безперервної розливки. Виконують огляд таких заготовок, перевірку габаритних розмірів, при необхідності, видалення поверхневих дефектів та зачищення. Безперервно-лита заготовка має ряд переваг в порівнянні з дискретним злитком: більш щільна внутрішня структура, майже, відсутні внутрішні пори та тріщини, менша кількість металу йде на обріз, менший відсоток браку.

Підготовлені безперервно-литі заготовки, відповідно до замовлень, укладають працен-кранами на завантажувальні ґрати. З них, за допомогою перекладаючого пристрою, по одній заготовці завантажують на підводний рольганг.

Підготовлені безперервно-литі заготовки транспортують до нагрівальної печі і задають в неї за допомогою втаскуючого пристрою.

У випадку бракованих заготовок, їх з підвідного рольгангу, спеціальним виштовхувачем видаляють в карман.

Нагрівання таких заготовок здійснюють в методичній печі в залежності від марки сталі. Для кутового профілю № 6/4 температура нагрівання складає 1180°C. В печі здійснюється переміщення безперервно-литих заготовок за

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НЕРІВНОБОКОГО КУТОВОГО ПРОФІЛЮ №6/4	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Черненко						2.1	24
Перевірив	Чубенко					Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-23-1ск		
Рецензент								
Н. контр.	Чубенко							
Затвердив	Бабошко							

допомогою спеціально штовхача. Після рівномірного нагрівання по усьому поперечному перерізу безперервно-литих заготовок, їх видають з печі за допомогою виштовхувача.

Видані з печі заготовки за допомогою розподільного столу розділяють на дві нитки, які спрямовують до чорнової групи прокатних клітей.

Прокатування в чорнових прокатних клітях відбувається у дві нитки, а в чистових прокатних клітях в одну нитку. Прокатування ведеться за розрахованими режимами обтиснення в прокатних клітях.

Кількість проходів на прокатному стані може змінюватися, залежить від профілю, що прокатується. Максимальна кількість проходів може дорівнювати 15.

Між чорною та чистою групою прокатних клітей потрібно передбачити можливість обрізання переднього кінця розкату довжиною від 50 до 150 мм. Для цього використовують летючі ножиці, які виконують розрізання під час руху розкату.

Для автоматичного розрізання заднього кінця розкату, який здатен застрягнути в чистових прокатних клітях, чим порушить технологію, перед правою чистою групою прокатних клітей встановлюють обривні ножиці.

Далі відбувається прокатування в передчистої та чистої прокатній кліті за розрахованими режимами обтиснення.

Після прокатування в чистових клітях, отримані профілі ріжуть на летючих двобарабаних ножицях на довжини, що відповідають вимогам подачі отриманих виробів на холодильник. На холодильнику отримані металовироби переміщують з метою кращого охолодження. Після охолодження отримані вироби збирають у пакети та подають до ножиць, де відбувається холодне розрізання матеріалів на мірні та не мірні довжини.

Таким чином було отримано готовий прокат та порізано його на мірні довжини ножицями холодного розрізання.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі відбувається транспортування отриманого виробу рольгангами до приймальних карман-вагів де кутовий профіль ув'язується в пачки. Ув'язнення відбувається як ручним, так і механічним способом.

Таким чином, отримують готовий прокат, який зважують та транспортують крюковими кранами на склади готової продукції.

На складі готової продукції, у разі потреби, здійснюється холодна правка, оброблення розкату, розрізання, сортування та ремонт. Таким чином отримують пачки готового прокату.

Готовий прокат в пачках укладають на штабелі або завантажують в залізничні вагони за допомогою електричних мостових кранів.

Обрізь, яка утворилася при обрізанні аварійними ножицями та ножицями холодного розрізання збирають у короба, які встановлюють в спеціальних ямах. Коли короб наповнюється, його виймають за допомогою електромостових кранів та відвантажують у залізничні вагони.

Окалину, що утворилася під робочими клітями прокатного стану, змивають водою і спрямовують у відстійник, який розташований у скрапному прольоті. З відстійника її вилучають за допомогою електромагнітних кранів та завантажують у залізничні вагони. Відвантажують окалину з відстійника з періодичністю не менше одного вагону на два дні.

Прокатні валки з часом під дією навантаження зношуються. Їх ремонтують та розточують у вальцетокарному цеху. Зберігають прокатні валки у встановлених спеціальних стендах.

Таким чином отримують кутовий профіль потрібної форми, розмірів та якості.

2.2 Калібрування кутового профілю

Кутовий профіль 6/4 виноситься до нерівнобокого кутового профілю. Він має наступні розміри: ширина більшої полиці $b_{\text{бп}}=60$ мм, ширина меншої полиці $b_{\text{мп}}=40$ мм; товщина $t=4$ мм. Допуски за шириною $\pm 1,0$ мм, за товщиною $\pm 0,2$ мм,

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіус внутрішнього закруглення $R = 7$ мм, радіус зовнішнього закруглення $r = 2,3$ мм.

Площа поперечного перерізу профілю дорівнює: $F_k = 384$ мм².

В гарячому стані профіль отримає наступні розміри:

Ширина більшої полиці:

$$b_{\text{бпг}} = (b_{\text{бп}} - \Delta/2)\lambda, \quad (2.1)$$

де Δ – допуск на розмір більшої ширини;

λ – коефіцієнт теплового розширення, $\lambda = 1,013$.

$$b_{\text{бпг}} = (60 - 1,0/2)1,013 = 60,2 \text{ мм.}$$

Ширина малої полиці:

$$b_{\text{мпг}} = (b_{\text{мп}} - \Delta/2)\lambda. \quad (2.2)$$

$$b_{\text{мпг}} = (40 - 1,0/2)1,013 = 40,0 \text{ мм.}$$

Товщина полиць:

$$t_{\Gamma} = (t_{\Pi} - \Delta/2)\lambda. \quad (2.3)$$

$$t_{\Gamma} = (4 - 0,1/2)1,013 = 4,0 \text{ мм.}$$

Ширина полиці по середній лінії визначається за формулою:

$$b_{\text{ср.л}} = b_{\text{бпг}} + b_{\text{мпг}} - t_{\Gamma}. \quad (2.4)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$b_{\text{ср.л}} = 60,2 + 40 - 4 = 96,2 \text{ мм.}$$

Початковий матеріал – безперервно лита заготовка 80x80 мм.

Площа поперечного перерізу такого матеріалу дорівнює: $F_0 = 3600$ мм².

Для отримання вірного приймаємо п'ять фасонних калібрів.

Розрахунок виконуємо проти руху прокатування.

Коефіцієнт зменшення висоти η приймаємо рівними за кожним проходом:

$$\eta_1 = 1,25; \eta_2 = 1,45; \eta_3 = 1,6; \eta_4 = 1,6; \eta_5 = 1,6.$$

Тоді загальний коефіцієнт зменшення висоти визначимо за формулою:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5. \quad (2.5)$$

Після підстановки отримаємо:

$$\eta_{\text{заг}} = 1,25 \cdot 1,45 \cdot 1,6 \cdot 1,6 \cdot 1,6 = 7,41.$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.4

Тоді, висоту розкату, що задається в перший фасонний калібр визначимо за формулою:

$$h_{\phi} = t_{\Gamma} \cdot \eta_{заг}. \quad (2.6)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$h_{\phi} = 4 \cdot 7,41 = 29,7 \text{ мм.}$$

Розподіляємо висоту розкату за проходами, починаючи з останнього.

В останню прокатну п'яту фасонну кліть задається розкат, що має товщину:

$$h_{\phi 5} = 4 \cdot 1,25 = 5 \text{ мм.}$$

В четверту фасонну кліть задається розкат, що має товщину:

$$h_{\phi 4} = 5 \cdot 1,45 = 7,25 \text{ мм.}$$

В третю фасонну кліть задається розкат, що має товщину:

$$h_{\phi 3} = 7,25 \cdot 1,6 = 11,6 \text{ мм.}$$

В другу фасонну кліть задається розкат, що має товщину:

$$h_{\phi 2} = 11,6 \cdot 1,6 = 18,56 \text{ мм.}$$

В першу фасонну кліть задається розкат, що має товщину:

$$h_{\phi 1} = 18,56 \cdot 1,6 = 29,7 \text{ мм.}$$

За фасонними проходами потрібно виконати абсолютне обтиснення Δh , яке розраховується за формулою:

$$\Delta h = h_{i+1} - h_i, \quad (2.7)$$

де h_{i+1} – висота розкату до проходу в i -й кліті;

h_i – висота розкату після проходу в цій же кліті.

В результаті ми отримаємо відносне обтиснення або потрібну ступінь деформації, яка визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_{i+1}} 100\%. \quad (2.8)$$

При прокатуванні в останній п'ятій фасонній кліті отримаємо величину абсолютного обтиснення:

$$\Delta h_5 = 5 - 4 = 1 \text{ мм.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.5

Відносне обтиснення в цій кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{1}{5} 100\% = 20\%.$$

При прокатуванні в четвертій фасонній кліті отримаємо величину абсолютного обтиснення:

$$\Delta h_4 = 7,25 - 5 = 1,25 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення в цій кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{1,25}{7,25} 100\% = 17,2\%.$$

При прокатуванні в третій фасонній кліті отримаємо величину абсолютного обтиснення:

$$\Delta h_3 = 11,6 - 7,25 = 4,45 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення в цій кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{4,45}{11,6} 100\% = 38\%.$$

При прокатуванні в другій фасонній кліті отримаємо величину абсолютного обтиснення:

$$\Delta h_2 = 18,56 - 11,6 = 6,96 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення в цій кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{6,96}{18,56} 100\% = 37,5\%.$$

При прокатуванні в першій фасонній кліті отримаємо величину абсолютного обтиснення:

$$\Delta h_1 = 29,7 - 18,56 = 11,14 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення в цій кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{11,14}{29,7} 100\% = 37,5\%.$$

З розрахунків видно, що відносне обтиснення в перших фасонних калібрах дорівнює між собою, в останніх воно зменшується.

При цьому отримується розширення, яке визначається за формулою:

$$\Delta b_i = \frac{2b_{cp,i} \cdot \Delta h_i \cdot k_1 \cdot k_2}{(h_i + h_{i+1}) \left[1 + (1 + \alpha_i) \left(\frac{b_{cp,i}}{R_{кр,i}} \alpha_i \right)^2 \right]}, \quad (2.9)$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.6

де k_1 – коефіцієнт обмеження розширення, $k_1 = 1$;

k_2 – коефіцієнт, який враховує прогинання полиці при навантаженні,
 $k_2 = 2$;

$b_{cp.i}$ – середня ширина смуги в i -му проході;

h_i – ширина смуги в i – му проході;

h_{i+1} – ширина смуги в наступному проході;

α_i – кут захоплення металу прокатними валками в i -му проході;

$R_{kcp.i}$ – катаючий радіус прокатних валків.

Номинальний діаметр прокатних валків визначається за формулою:

$$D_0 = D_b + s, \quad (2.10)$$

де D_b – діаметр бочки прокатних валків, $D_b = 280$ мм;

s – зазор між прокатними валками, приймаємо $s = 4$ мм.

Після підстановки наведених значень, отримаємо:

$$D_0 = 280 + 4 = 284 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр прокатних валків визначається за формулою:

$$D_{k,sp} = D_0 - h_{sp} = D_0 - \frac{F_k}{b_k}, \quad (2.11)$$

де F_k – кінцева площа поперечного перерізу виробу;

b_k – ширина кінцевого калібру.

Тоді, $D_{k,sp} = 270$ мм.

Катаючий радіус визначається за формулою:

$$R_k = \frac{D_{k,sp}}{2}. \quad (2.12)$$

$$R_k = \frac{270}{2} = 135 \text{ мм.}$$

Дані розрахунку режимів обтиснення за проходами заносимо в табл. 2.1.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Розрахунок режимів обтиснення

№ проходу	Коефіцієнт висотної деформації η	Абсолютне обтиснення Δh , мм	Товщина смуги до прокатування h_i , мм	Товщина смуги після прокатування h_{i+1} , мм	Ступінь деформації ε , %
Безперервно-лита заготовка			29,7		
1	1,6	11,14	29,7	18,56	37,5
2	1,6	6,96	18,56	11,6	37,5
3	1,6	4,45	11,6	7,25	38,0
4	1,45	1,25	7,25	5	17,2
5	1,25	1	5	4	20

З таблиці видно, що коефіцієнт зменшення висоти в перших трьох калібрах однаковий, в подальшому він зменшується, що впливає на зміни ступеню обтиснення. Величина абсолютного обтиснення змінюється поступово.

В результаті обтиснення металу відбувається зменшення його висоти та збільшення ширини внаслідок розширення при прокатуванні. Визначимо величину розширення смуги за окремими фасонними проходами.

В результаті розрахунку, отримали розширення в останній фасонній чистовій прокатній кліті дорівнює:

$$\Delta b_{5\phi} = 0,8 \text{ мм.}$$

В наступних прокатних клітях розширення дорівнює:

$$\Delta b_{4\phi} = 1,4 \text{ мм; } \Delta b_{3\phi} = 2,1 \text{ мм; } \Delta b_{2\phi} = 3,6 \text{ мм; } \Delta b_{1\phi} = 5,2 \text{ мм.}$$

Ширина смуги за кожним проходом визначається за формулою:

$$b_i = b_{i+1} - \Delta b_i. \quad (2.13)$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.8

У п'ятому проході ширина дорівнює – $b_5=96,2 - 0,8 = 95,4$ мм;

у четвертому проході ширина дорівнює – $b_4=95,4 - 1,4 = 94,0$ мм;

у третьому проході ширина дорівнює – $b_3=94,0 - 2,1 = 91,9$ мм;

у другому проході ширина дорівнює – $b_2=91,9 - 3,6 = 88,3$ мм;

у першому проході – $b_1=88,3 - 5,2 = 83,1$ мм.

Отримане розширення потрібно розділити між більшою та меншою полицею. Для такого розподілу будемо використовувати наступні формули:

- розширення більшої полиці:

$$\Delta b_б = \frac{\Delta b \cdot b_б}{b_б + b_м}, \quad (2.14)$$

де $\Delta b_б$ – розширення більшої полиці, мм;

$b_б$ – довжина більшої полиці, мм;

$b_м$ – довжина меншої полиці, мм;

- розширення меншої полиці:

$$\Delta b_м = \frac{\Delta b \cdot b_м}{b_б + b_м}. \quad (2.15)$$

Після підстановки отримаємо для п'ятого фасонного проходу розширення більшої полиці:

$$\Delta b_{б5} = \frac{0,8 \cdot 60}{60 + 40} = 0,48 \text{ мм.}$$

Після підстановки отримаємо для п'ятого фасонного проходу розширення меншої полиці:

$$\Delta b_{м5} = \frac{0,8 \cdot 40}{60 + 40} = 0,32 \text{ мм.}$$

Для четвертого фасонного проходу розширення більшої полиці:

$$\Delta b_{б4} = \frac{1,4 \cdot 60,48}{60,48 + 40,32} = 0,84 \text{ мм.}$$

Для четвертого фасонного проходу розширення меншої полиці:

$$\Delta b_{м4} = \frac{1,4 \cdot 40,32}{60,48 + 40,32} = 0,56 \text{ мм.}$$

Для третього фасонного проходу розширення більшої полиці:

$$\Delta b_{б3} = \frac{2,1 \cdot 61,32}{61,32 + 40,9} = 1,26 \text{ мм.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.9

Для третього фасонного проходу розширення меншої полиці:

$$\Delta b_{м3} = \frac{2,1 \cdot 40,9}{61,32 + 40,9} = 0,84 \text{ мм.}$$

Для другого фасонного проходу розширення більшої полиці:

$$\Delta b_{б2} = \frac{3,6 \cdot 62,58}{62,58 + 41,74} = 2,17 \text{ мм.}$$

Для другого фасонного проходу розширення меншої полиці:

$$\Delta b_{м2} = \frac{3,6 \cdot 41,74}{62,58 + 41,74} = 1,44 \text{ мм.}$$

Для першого фасонного проходу розширення більшої полиці:

$$\Delta b_{б1} = \frac{5,2 \cdot 64,7}{64,7 + 43,2} = 3,11 \text{ мм.}$$

Для першого фасонного проходу розширення меншої полиці:

$$\Delta b_{м1} = \frac{5,2 \cdot 43,2}{64,7 + 43,2} = 2,08 \text{ мм.}$$

Кут захоплення металу прокатними валками розраховується за формулою:

$$\alpha_i = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_i}{D_{к.спі}} \right). \quad (2.16)$$

Кут захоплення в останній фасонній прокатній кліті дорівнює:

$$\alpha_k = \arccos(0,9964) \quad \alpha \approx 5^\circ; \quad \alpha \approx 0,084878 \text{ рад.}$$

Лінійна швидкість прокатування у останній прокатній кліті дорівнює $v=15$ м/с.

Швидкість обертання прокатних валків визначається за формулою:

$$n_y = \frac{60 \cdot v_i \cdot 1000}{\pi \cdot D_k}, \quad (2.17)$$

де v_i – лінійна швидкість прокатування в i -тій прокатній кліті.

Швидкість обертання прокатних валків в останній прокатній кліті буде дорівнювати:

$$n_y = \frac{60 \cdot 15 \cdot 1000}{\pi \cdot 270} = 1061 \text{ об/хв.}$$

Розрахуємо кути згинання між полицями за окремими калібрами.

Кут при вершині в чистовому останньому калібрі дорівнює $\varphi_{5\phi} = 90^\circ$.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В першому фасонному калібрі приймаємо кут згинання $\varphi_{1\phi} = 130^\circ$. Така ширина забезпечує отримання вірної ширини профілю у відношенні її горизонтальної проєкції.

В проміжних калібрах кут згинання φ поступово зменшується. Загальне зменшення кута дорівнює:

$$\Sigma\Delta\varphi = \varphi_{1\phi} - \varphi_{5\phi}. \quad (2.18)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$\Sigma\Delta\varphi = 130 - 90 = 40^\circ.$$

Приймаємо, що кут згинання в четвертому фасонному калібрі, також, дорівнює 90° .

Кут в другому фасонному проході визначимо за формулою:

$$\varphi_2 = 130 - \Delta\varphi_2 = 130 - \frac{\Sigma\Delta\varphi}{\Sigma\Delta h} \Delta h_2. \quad (2.19)$$

Кут згинання в третьому фасонному проході дорівнює:

$$\varphi_3 = \varphi_2 - \Delta\varphi_3 = \varphi_2 - \frac{\Sigma\Delta\varphi}{\Sigma\Delta h} \Delta h_3. \quad (2.20)$$

Приймаємо, що кут $\varphi_2 = 110^\circ$, кут $\varphi_1 = 96^\circ$.

Дані розрахунку заносимо в таблицю калібрування нерівногобокого кутового профілю № 6/4 (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Калібрування нерівногобокого кутового профілю 6/4

№ проходу	Кут згинання φ°	Загальне розширення Δb , мм	Ширина калібру b_i , мм	Розширення більшого боку b_6 , мм	Розширення меншого боку b_m , мм
Заготовка			83,1		
1	130	5,2	88,3	3,11	2,08
2	110	3,6	91,9	2,17	1,44
3	96	2,12	94,0	1,26	0,84
4	90	1,4	95,4	0,84	0,56
5	90	0,8	96,1	0,48	0,32

В перший фасонний калібр залається розкат прямокутного поперечного перерізу. Висота цього прямокутника дорівнює: 29,7 мм.

Ширина початкового матеріалу дорівнює: 83,1 мм

Будуємо схему калібрування фасонних калібрів для отримання нерівнобокого кутового профілю.

З таблиці видно, що кут згинання за проходами зменшується, загальне розширення також зменшується до чистового проходу. Це пояснюється зменшенням величини обтиснення. Ширина обробляемого матеріалу за проходами збільшується через те, що відбувається розширення матеріалу.

В результаті розрахунку визначено розміри початкового матеріалу, який уявляє собою безперервно-литу заготовку з розмірами 83,1×29,7 мм. Довжину початкового матеріалу приймаємо $l_0 = 6$ м.

Площа поперечного перерізу початкового матеріалу F_0 дорівнює:

$$F_0 = 83,1 \cdot 29,7 = 2468 \text{ мм}^2.$$

Загальний коефіцієнт витяжки μ визначається за формулою:

$$\mu = \frac{F_0}{F_k}. \quad (2.21)$$

Підставив необхідні площі поперечного перерізу початкового матеріалу і кінцевого продукту, отримаємо:

$$\mu = \frac{2468}{384} = 6,43.$$

Це свідчить про те, що після прокатування усіх прокатних клітях було отримано кутовий профіль, довжина якого:

$$l_k = l_0 \mu. \quad (2.22)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$l_k = 6 \cdot 6,64 = 39,8 \text{ м.}$$

Таким чином, отримали довжину готового виробу 39,8 м, яку потрібно розрізати на мірні довжини по 6 м. Після розрізання, ми отримали 6 виробів довжиною 6 м і один виріб не мірної довжини 3,8 м.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.12

Швидкість прокатування в першій прокатній кліті знаходиться за формулою:

$$v_1 = v_k \mu, \quad (2.23)$$

v_k – швидкість прокатування в останній прокатній кліті, дорівнює:

$$v_k = 15 \text{ м/с.}$$

Після підстановки, отримаємо:

$$v_1 = 15/6,43 = 2,33 \text{ м/с.}$$

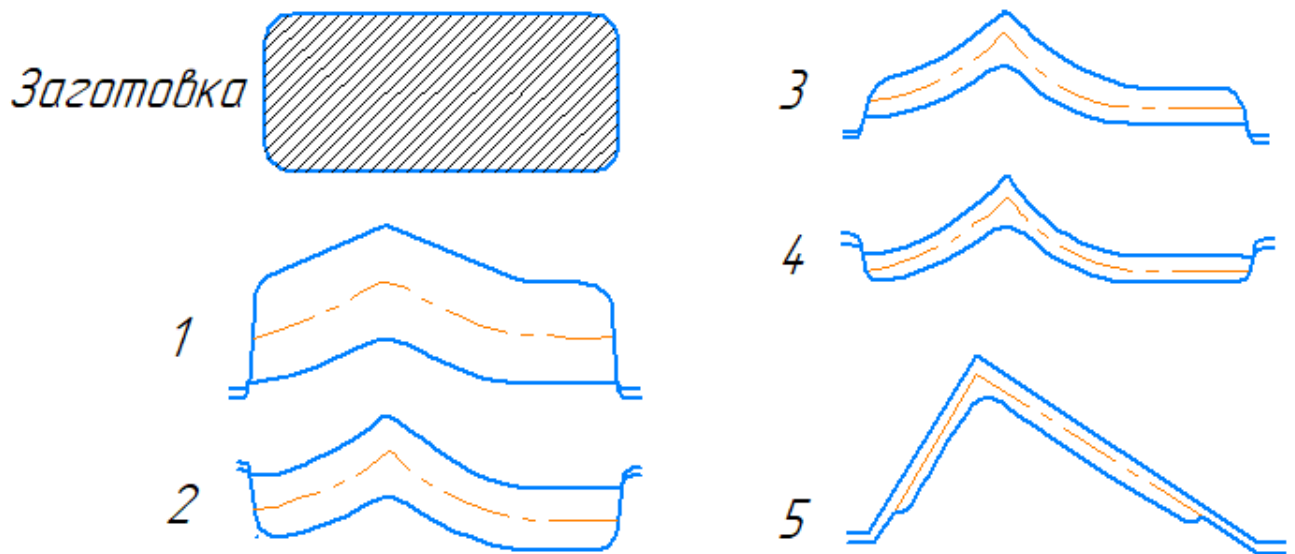


Рисунок 2.1 – Схема калібрування нерівнобокого кутового профілю

З рисунка видно послідовність розташування фасонних калібрів на прокатних валках, що забезпечують отримання вірного нерівнобокого кутового профілю за мінімальну кількість проходів. Для забезпечення отримання кутового профілю № 6/4, як видно з рисунку, потрібно використати п'ять фасонних калібрів, де відбувається поступове згинання полиць, що забезпечує отримання вірного профілю, потрібної форми та розмірів.

2.3 Розрахунок геометричних розмірів калібрів для їх побудови

Розташовувати нерівнобокий кутовий профіль у чистовому калібрі потрібно таким чином, щоб глибина врізання H для меншої та більшої полиці біла однаковою з метою збереження симетричності процесу прокатування. Для

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.13

цього повинно зберігатися рівність вертикальних проєкцій полиць, що виражається формулою:

$$b_M \sin \alpha_M = b_6 \sin \alpha_6. \quad (2.24)$$

Відношення ширин полиць дорівнює:

$$\frac{b_6}{b_M} = \frac{\sin \alpha_M}{\sin \alpha_6}. \quad (2.25)$$

Кут нахилу в п'ятому чистовому проході дорівнює:

$$\alpha_6 = 90^\circ - \alpha_M. \quad (2.26)$$

Виходячи з виразу (2.25), отримаємо:

$$\alpha_6 = \cos \alpha_M. \quad (2.27)$$

Підставляючи ці дані, отримаємо:

$$\frac{b_6}{b_M} = \operatorname{tg} \alpha_M. \quad (2.28)$$

Кут нахилу для меншої полиці:

$$\alpha_M = \operatorname{arctg} \frac{b_6}{b_M}. \quad (2.29)$$

Для нерівнобокого кутового профілю 6/4 кут нахилу меншої полиці:

$$\alpha_M = \operatorname{arctg} \frac{60}{40} = \operatorname{arctg} 1,5 = 56^\circ.$$

Кут нахилу більшої полиці:

$$\alpha_6 = 90^\circ - 56 = 34^\circ.$$

Ширина чистового калібру буде дорівнювати:

$$B_5 = b_M \cos \alpha_M + b_6 \cos \alpha_6. \quad (2.30)$$

Підставив відповідні значення, отримаємо:

$$B_5 = 40,32 \cos 56^\circ + 60,32 \cos 34^\circ = 78,63 \text{ мм.}$$

Глибина рівчачу визначається за формулою:

$$H_5 = 1,2 b_M \sin \alpha = 1,2 \cdot 40,0 \sin 56^\circ = 39,9 \text{ мм}$$

Ширина калібру по верхньому валку визначається за формулою:

$$B_5' = H_5 (\operatorname{ctg} \alpha_M + \operatorname{ctg} \alpha_6). \quad (2.31)$$

Після підстановки отримаємо:

$$B_5' = 39,9 (\operatorname{ctg} 56 + \operatorname{ctg} 34) = 50,7 \text{ мм.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радіуси закруглення приймаємо у вершини $r_5=6$ мм, у основи полиці $r_5'=1,5$ мм.

2.4 Енергосилові параметри прокатування кутового профілю № 6/4

До 1 фасонної прокатної кліти надходить безперервно-лита заготовка в гарячому стані, температура якої дорівнює : $T = 1150^\circ$.

Швидкість прокатування в першій прокатній кліті дорівнює: $v_1=2,33$ м/с.

Бочка прокатного валка має діаметр $D = 400$ мм.

Катаючий діаметр прокатного валка дорівнює: $D_k = 355$ мм.

Початкова границя течії оброблюваного матеріалу дорівнює: $\sigma_0 = 86$ Мпа

Передаточне число редуктора дорівнює:

$$i_{red} = 11.$$

Оберти електричного двигуна дорівнюють:

$$n_{dy} = 555 \text{ об/хв.}$$

Абсолютне обтиснення в першій фасонній кліті дорівнює:

$$\Delta h = h_0 - h_1 = 29,7 - 18,56 = 11,14 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення в першій фасонній кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100. \quad (2.32)$$

Підставив відповідні значення, отримаємо

$$\varepsilon = \frac{11,4}{29,7} \cdot 100 = 37,5 \%$$

Швидкість деформації при прокатуванні в першій фасонній кліті дорівнює:

$$u = v \cdot \frac{\Delta h \cdot 1000}{[H \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}]} = 7,2 \text{ 1/с.}$$

При прокатуванні границя текучості змінюється через те, що на неї впливають термомеханічні коефіцієнти такі, як коефіцієнт впливу температури прокатування, коефіцієнт впливу швидкість деформації при обтисненні, коефіцієнт впливу ступені деформації, які дорівнюють:

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт впливу температури нагрівання:

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

- коефіцієнт впливу швидкості деформації при обтисненні:

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

- коефіцієнт дії впливу ступеню деформації при прокатуванні дорівнює:

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

З урахуванням отриманих термомеханічних коефіцієнтів границя течії металу буде дорівнювати:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_u \cdot k_\varepsilon = 68,48 \text{ Мпа.}$$

При прокатуванні діє коефіцієнт підпрору, який зворотно пропорційний середній товщині оброблюваного розкату:

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

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

По осі у діє середній контактний тиск, який дорівнює:

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

$$p_y = 84,5 \text{ Мпа.}$$

На прокатний валок в першій фасонній кліті діє тиск:

$$P = p_v \cdot \frac{b_0 + b_1}{2} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = 402,7 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт плеча моменту першій фасонній прокатній кліті дорівнює:

$$\Psi = 0,75 - 0,27 \cdot \left(\frac{l}{h_c}\right) = 0,45.$$

Момент деформації в першій фасонній кліті для обох прокатних валків визначається за формулою:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot P \cdot \Psi \cdot \sqrt{\frac{D_k}{2} \cdot \Delta h} \cdot 0,001. \quad (2.38)$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.16

Після підстановки, отримаємо:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot 402,7 \cdot 0,45 \cdot \sqrt{\frac{355}{2}} \cdot 15 = 23,0 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Динамічний момент, що виникає при прокатуванні в першій фасонній прокатній кліті дорівнює:

$$M_d = \frac{2 \cdot M_{\text{пр}} + 2 \cdot P \cdot 0,003 \cdot d}{i \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,94} = 4,5 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Момент двигуна визначається за формулою:

$$M_{dv} = M_d + 0,05 \cdot M_d. \quad (2.39)$$

Після підстановки отримаємо, що момент прокатування в першій фасонній кліті дорівнює:

$$M_{dv} = 4,5 + 0,05 \cdot 4,5 = 4,72 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Потужність прокатки в четвертій прокатній кліті:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 295,2 \text{ кВт.}$$

До другої фасонної прокатної кліті надходить розкат з першої кліті, що має температуру

Температура матеріалу після першого проходу дорівнює: $T = 1110^\circ$.

Швидкість прокатки дорівнює: $v = 3,92 \text{ м/с}$.

Діаметр бочки фасонних прокатних валків у другій прокатній кліті:

$$D = 400 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр прокатних валків дорівнює: $D_k = 361 \text{ мм}$.

Передаточне відношення редуктора в другій прокатній кліті дорівнює:

$$i_{red} = 11.$$

Частота обертання валу двигуна в другій фасонній прокатній кліті дорівнює: $n_{dy} = 555 \text{ об/хв}$.

Абсолютне обтиснення в другій прокатній кліті дорівнює:

$$\Delta h = 18,59 - 11,6 = 6,96 \text{ мм.}$$

Відносне обтиснення в другій прокатній кліті дорівнює

$$\varepsilon = 37,5 \text{ \%}.$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.17

Швидкість деформації в другій прокатній кліті дорівнює:

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

В другій прокатній кліті термомеханічні коефіцієнти дорівнюють:

- коефіцієнт, що враховує вплив температури: $k_r = 0,599$.
- коефіцієнт, що враховує вплив швидкості деформації: $k_u = 0,923$;
- коефіцієнт, що враховує ступінь обтиснення при прокатуванні:
 $k_\varepsilon = 1,15$.

Границя текучості під впливом перерахованих коефіцієнтів буде дорівнювати: $\sigma_t = 69,5 \text{ Мпа}$.

Коефіцієнт впливу середньої товщини смуги:

$$\frac{1}{h_c} = 1,5;$$

Коефіцієнт підпрору в другій прокатній кліті буде дорівнювати: $n_p = 1,45$.

Контактний тиск, який спрямований по осі у дорівнює:

$$p_y = 85,7 \text{ Мпа.}$$

Сила прокатування в другій прокатній кліті дорівнює:

$$P = 395 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт плеча моменту моменту при прокатуванні в другій прокатній кліті дорівнює: $\Psi = 0,5$.

Момент, що виникає в другій прокатній кліті дорівнює:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot 380 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{\frac{400}{2}} \cdot 4 = 25,01 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Динамічний момент в другій прокатній кліті дорівнює:

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

Момент двигуна четвертої прокатної кліті:

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

Потужність прокатування в другій прокатній кліті дорівнює:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 290 \text{ кВт.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.18

При прокатуванні в третій прокатній кліті розкат знаходиться при температурі, яка дорівнює: $T = 1080^\circ$.

Лінійна швидкість прокатування в третій прокатній кліті дорівнює:
 $v = 6,2$ м/с.

Номинальний діаметр прокатних валків в третій кліті дорівнює 400 мм.

Катаючий діаметр прокатних валків в третій прокатній кліті дорівнює:
 $D = 368,4$ мм.

Передаюче число редуктора: $i_{red} = 6$;

Оберти двигуна в третій прокатній кліті дорівнюють: $n_{dy} = 447$ об/хв.

Абсолютне обтиснення при прокатуванні в третій прокатній кліті дорівнює:

$$\Delta h = 4,45 \text{ мм.}$$

ступінь деформації при прокатуванні в третій прокатній кліті дорівнює:

$$\varepsilon = 38 \%$$

швидкість деформації в третій прокатній кліті дорівнює:

$$u = v \cdot \frac{\Delta h \cdot 1000}{[H \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}]} = 10,15 \text{ 1/с.}$$

Термомеханічні коефіцієнти, що впливають на границю течію оброблюваного матеріалу:

- вплив температури: $k_t = 0,57 + 0,0045 \cdot (1200 - T) \cdot \sqrt{\frac{1200 - T}{T}} = 0,57$.
- швидкості деформації: $k_u = 0,8 + 0,065 \cdot \sqrt{u} = 1,04$.
- ступеню деформації: $k_\varepsilon = 0,82 + 0,082 \cdot \sqrt{\varepsilon} = 1,3$.

Границя течії оброблюваного матеріалу в третій прокатній кліті під впливом перерахованих коефіцієнтів буде дорівнювати:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_u \cdot k_\varepsilon = 72,8 \text{ Мпа.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт підпору дорівнює:

при відношенні довжини осередку деформації до середньої ширин смуги більше одиниці:

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

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

Середній контактний тиск, який діє у напрямку у дорівнює:

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

$$p_y = 198,2 \text{ Мпа}.$$

Повний тиск, що діє на прокатний валок в третій прокатній кліті дорівнює:

$$P = p_y \cdot \frac{b_0 + b_1}{2} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = 390,1 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт плеча моменту, який діє в третій прокатній кліті дорівнює:

$$\Psi = 0,78 - 0,27 \cdot \left(\frac{l}{h_c}\right) = 0,45.$$

Момент прокатування в третій прокатній кліті дорівнює:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot P \cdot \Psi \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} \cdot 0,001 = 28,21 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Динамічний момент прокатування:

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

Динамічний момент на валу двигуна:

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

Потужність прокатки:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 280,5 \text{ кВт}.$$

При прокатуванні в четвертій прокатній кліті температура обробки зменшується до $T = 1030^\circ$.

Швидкість прокатування в четвертій передчистовій прокатній кліті дорівнює: $v = 10,15 \text{ м/с}$.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.20

Номинальний діаметр прокатних валків четвертої прокатної кліті:

$$D = 380 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр прокатних валків четвертої кліті дорівнює: $D_k=353 \text{ мм}$

Базова границя текучості матеріалу в четвертій прокатній кліті:

$$\sigma_0 = 86 \text{ Мпа.}$$

Передаточне число редуктору в четвертій прокатній кліті дорівнює:

$$i_{red} = 4,5;$$

Оберти на валу двигуна четвертої прокатної кліті дорівнюють:

$$n_{dy} = 473 \text{ об/хв.}$$

Обтиснення абсолютне обтиснення в четвертій прокатній кліті дорівнює:

$$\Delta h = 1,25 \text{ мм;}$$

відносне обтиснення в четвертій передчистовій прокатній кліті дорівнює:

$$\varepsilon = 17.2\%;$$

Швидкість деформації при обтисненні в четвертій прокатній кліті дорівнює: $u = 15,36 \text{ 1/с.}$

Коефіцієнт, що показують вплив температури прокатування, швидкості деформації та ступеню деформації відповідно будуть дорівнювати:

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

Границя текучості металу під впливом перерахованих коефіцієнтів буде дорівнювати: $\sigma_t = 73,8 \text{ Мпа.}$

Коефіцієнт підпору, при відношенні довжини осередку деформації до середній висоти оброблюваного матеріалу більше одиниці:

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

буде дорівнювати: $n_p = 1,16.$

Середній контактний тиск, який діє у вертикальній площині дорівнює:

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

Сила прокатування, що діє в четвертій прокатній кліті дорівнює:

$$P = 295 \text{ кН.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.21

Коефіцієнт плеча моменту, який виникає в четвертій прокатній кліті, дорівнює: $\Psi = 0,45$.

Момент прокатування в четвертій прокатній кліті дорівнює:

$$M_{пр} = 14,35 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Динамічний момент в прокатній кліті дорівнює: $M_d = 4,8 \text{ кН}\cdot\text{м.}$

Момент на валу двигуна дорівнює:

$$M_{dv} = M_d + 0,05 \cdot M_d = 4,9 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Потужність прокатування в сьомій кліті дорівнює:

$$N_d = 201 \text{ кВт.}$$

При прокатуванні в п'ятій прокатній кліті температура обробки зменшується до $T = 1030^\circ$.

Швидкість прокатування в п'ятій чистовій прокатній кліті дорівнює:

$$v = 10,15 \text{ м/с.}$$

Номинальний діаметр прокатних валків п'ятої прокатної кліті:

$$D = 380 \text{ мм.}$$

Катаючий діаметр прокатних валків п'ятої кліті дорівнює: $D_k = 355 \text{ мм}$

Базова границя текучості матеріалу в п'ятій прокатній кліті: $\sigma_0 = 86 \text{ Мпа.}$

Передаточне число редуктору в п'ятій прокатній кліті дорівнює:

$$i_{red} = 4,5.$$

Оберти на валу двигуна п'ятій прокатної кліті дорівнюють:

$$n_{dy} = 473 \text{ об/хв.}$$

Обтиснення абсолютне обтиснення в п'ятій прокатній кліті дорівнює:

$$\Delta h = 1,0 \text{ мм;}$$

відносне обтиснення в п'ятій прокатній кліті дорівнює:

$$\varepsilon = 20,0\%;$$

Швидкість деформації при обтисненні в четвертій прокатній кліті дорівнює: $u = 20,36 \text{ 1/с.}$

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.22

Коефіцієнт, що показують вплив температури прокатування, швидкості деформації та ступеню деформації відповідно будуть дорівнювати:

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

Границя текучості металу під впливом перерахованих коефіцієнтів буде дорівнювати: $\sigma_t = 76,5$ Мпа.

Коефіцієнт підпору, при відношенні довжини осередку деформації до середній висоти оброблюваного матеріалу більше одиниці:

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

$$\text{буде дорівнювати: } n_p = 1,16.$$

Середній контактний тиск, який діє у вертикальній площині дорівнює:

$$p_y = \sigma_t \cdot n_p, \text{ Мпа; } p_y = 80,3 \text{ Мпа.}$$

Сила прокатування, що діє в четвертій прокатній кліті дорівнює:

$$P = 300,0 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт плеча моменту, який виникає в четвертій прокатній кліті, дорівнює: $\Psi = 0,45$.

Момент прокатування в четвертій прокатній кліті дорівнює:

$$M_{\text{пр}} = 14,9 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Динамічний момент в прокатній кліті дорівнює: $M_d = 4,8$ кН·м.

Момент на валу двигуна дорівнює:

$$M_{dv} = M_d + 0,05 \cdot M_d = 4,9 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Потужність прокатування в сьомій кліті дорівнює:

$$N_d = 220 \text{ кВт.}$$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 2.4.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Силві параметри процесу прокатування нерівнобокого кутового профілю № 6/4

№ проходу	T°С	σ_T , Мпа	v, м/с	u, с ⁻¹	Діаметри прокатних валків, мм		ϵ , %	P, кН	M _{пр} , кН·м	N, кВт
					D _н	D _к				
Заготовка	1180	86,5	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1150	68,48	2,33	7,2	400	355	37,5	402,0	23,72	295,21
2	1120	69,50	3,9	8,25	400	361	37,5	395,1	25,01	290,0
3	1080	72,8	6,2	10,15	400	368	38,0	390,0	28,21	289,53
4	1030	73,8	10,6	15,3	380	353	17,2	295,2	14,35	201,0
5	980	76,5	15,1	20,36	380	355	20,0	300,1	14,9	220,0

З таблиці видно, що про прокатуванні температура в осередку деформації поступово зменшується при проходженні від кліті до кліті. Це, в першу чергу, впливає на границю текучості матеріалу через те, що при зменшенні температури матеріалу збільшується його опір пластичній деформації.

Швидкість обробки при проході від кліті до кліті збільшується, що забезпечує умову безперервності – постійності секундних об'ємів.

Витрати енергії на виготовлення нерівнобокого кутового профілю цілком залежать від ступеню деформації. Через те, що зменшується в останніх прокатних клітях ступінь деформації, зменшується сила прокатування та момент прокатування.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.02.РТВНКП	Аркуш
						2.24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В роботі було досягнуто її мету: визначено раціональні режими обробки, що дозволяють виготовити нерівнобокий кутовий профіль № 6/4.

Для досягнення мети в роботі було проаналізовано будову та призначення кутового профілю, визначено розміри нерівнобокого кутового профілю № 6/4 та матеріал для його виготовлення. В якості матеріалу віддано перевагу низьколегованої сталі 09Г2С, яка має високу працездатність, добре фізико-механічні характеристики та властивості, витримує достатні навантаження. Визначено хімічний склад цього матеріалу та його механічні властивості.

Розглянуто способи виготовлення кутових профілів і запропоновано виготовляти сталевий нерівнобокий кутовий профіль № 6/4 гарячим прокатуванням. Досліджено особливості виготовлення нерівнобокого кутового профілю.

Визначено обладнання, яке дозволяє виготовити нерівнобокий кутовий профіль гарячим прокатуванням. Перевагу надано дрібносортному безперервному прокатному стану ДС 250. Досліджено його будови, визначено основне та допоміжне обладнання прокатного стану.

Для удосконалення технологічного процесу виготовлення нерівнобокого кутового профілю № 6/4 в якості початкового матеріалу пропонується використовувати безперервно-литу заготовки, що має розміри 30×83 мм.

Для отримання точного якісного профілю рекомендується виконати п'ять фасонних проходів. Визначено калібрування прокатних валків та розраховано геометричні розміри калібрів для отримання заданого профілю. Досліджено вплив різних чинників на зміни режимів обтиснення.

Розрахунок енергосилових параметрів процесу дозволив оцінити вплив різних чинників на їх витрати.

Такі заходи дозволять підвищити продуктивність процесу, покращити якість внутрішньої будови кутового профілю та зменшити собівартість виробництва.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.В					
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ					
Розробив	Черненко							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чубенко								1	1
Рецензент								Кафедра МЧМЛІВ гр. МТ-23-1ск		
Н. контр.	Чубенко									
Затвердив	Бабошко									

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. Чубенко В. А., Хіноцька А.А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник. Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О, 2017. 170 с.
4. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: Монографія. Кривий Ріг: Видавничий Дім, 2010. 404 с.
5. 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.
6. Конспект лекцій з дисципліни «Металознавство»: для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 136 Металургія всіх форм навчання / укладач: Калініна Т.В. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 80 с.
7. Данченко В.М., Грінкевич В.О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
8. 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.
9. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник. Львів: Афіша, 2002. 304 с.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.Л					
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРА					
Розробив	Черненко							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Чубенко								1	2
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-23-1ск		
Н. контр.	Чубенко									
Затвердив	Бабошко									

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

11. 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.

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

13. 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.

14. 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.

15. 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>.

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

17. <http://akademperiodyka.org.ua/docs/Posylannia>.

18. СТОУ-02-14. Загальні вимоги та правила оформлення текстових та графічних студентських магістерських робіт. Кривий Ріг: КНУ, 2014. 18 с.

					КНУ.РБ.136.26.112с-14.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2