

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: «РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВОГО КВАДРАТУ СТОРОНОЮ 26 мм
З БЕЗПЕРЕРВНО-ЛИТОЇ ЗАГОТОВКИ»**

Виконав:
студент групи МТ-21-1 _____ Олександр БУРЛАЧЕНКО

Керівник випускної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Нормоконтролер _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Завідувач кафедри _____ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг
2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Затверджую

Зав. кафедрою _____

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

Бурлаченко Олександр Костянтинович1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу виготовлення сталевих квадратів стороною 26 мм з безперервно-ливої заготовкикерівник роботи: к.т.н., доцент Чубенко Вікторія Анатоліївназатверджено наказом по КНУ від « 04 » 03 2025 р. № 149с2. Строк подання роботи студентом « 01 » 06 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Сталевий квадратний профіль; марки сталі – Сталь 75, 55С2, 40ХН2МА; хімічний склад та механічні властивості сталі 20; прокатний валок; схема прокатного стану ДС-250; заготовка розміром 150×150; температура нагріву матеріалу дорівнює 1150°С; сортова машина безперервної розливки сталі потужність 1,2 млн. т/рік.

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

1. Призначення та аналіз способів виготовлення сталевих квадратів: призначення, способи, загальна характеристика прокатного виробництва, обладнання для прокатування, технічна характеристика стану, отримання безперервно-ливої заготовки.

2. Інноваційні пропозиції з розробки оновленої технології: технологічний процес. Розрахунки: режиму обтиснення, енергосилових параметрів прокатування, на міцність елементів конструкції основного устаткування.

5. Перелік графічного матеріалу

Квадратний профіль. Рух металу при повздовжньому прокатуванні. Валок прокатного стану. План розташування безперервного дрібносортового стану 250. Розливка сталі на МБЛЗ конверторного цеху. Схема сортової МБЛЗ. Послідовність технологічних операцій. Результати розрахунку обтиснення. Результати розрахунку енергосилових параметрів. Розрахунок прокатного валка на міцність.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів
1	Збір і обробка необхідного матеріалу для виконання кваліфікаційної роботи	20.01-29.01.2025
2	Призначення та аналіз способів виготовлення сталевих квадратів: способи отримання сталевого профілю, що має поперечний розмір 26 мм	01.02-10.02.2025
3	Загальна характеристика прокатного виробництва, обладнання для прокатування	10.02-25.05.2025
4	Технічна характеристика безперервного дрібносортового прокатного стану ДС-250. Отримання безперервно-ливої заготовки	26.02-10.03.2025
5	Інноваційні пропозиції з розробки оновленої технології: технологічний процес виготовлення сталевих квадратів	11.03-10.04.2025
6	Розрахунки: режиму обтиснення, на міцність елементів конструкції основного устаткування	11.04-30.04.2025
7	Розрахунок енергосилових параметрів прокатування	01.05-20.05.2025
8	Оформлення роботи та креслення	21.05-31.05.2025
9	Перевірка роботи на плагіат	01.06-15.06.2025
10	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2025

Дата видачі завдання «__20__»_____01_____2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр БУРЛАЧЕНКО
(підпис)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

**Розробка технологічного процесу виготовлення сталевго квадрату
стороною 26 мм з безперервно-литої заготовки**

Пояснювальна записка: 56 стор., 6 табл., 11 рис., 18 джерел.

Об'єкт дослідження: технологія виготовлення сталевго квадрату.

Предмет дослідження: процеси гарячого прокатування сталевго квадрату з безперервно-литої заготовки.

Мета роботи: розробити сучасний технологічний процес виготовлення сталевго квадрату стороною 26 мм з безперервно-литої заготовки.

Методи дослідження: теоретичний аналіз процесу прокатування та безперервної розливки сталі, розрахунок режимів обтиснення та енергосилових параметрів.

Результати роботи: виконано аналіз процесів виготовлення сталевго квадрату, визначено послідовність операції для прокатування квадрату з безперервно-литої заготовки, визначено обладнання для прокатування та безперервної розливки сталі, розраховано режими обтиснення та енергосилові параметри, виконано перевірку прокатного валка на міцність.

СТАЛЕВИЙ КВАДРАТ, ГАРЯЧЕ ПРОКАТУВАННЯ, БЕЗПЕРЕРВНА РОЗЛИВКА СТАЛІ, РЕЖИМИ ОБТИСНЕННЯ, ПРОКАТНІ ВАЛКИ

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.Р			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Бурлаченко						1	1
Перевірив	Чубенко							
Рецензент								
Н. контр.	Чубенко					Кафедра МЧМЛВ Гр. МТ-21-1		
Затвердив	Савельєв							

Перв. примен.	№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание	
Справ. №	1							
	2	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.ПЗ	Пояснювальна записка	56			
	3							
	4			Графічна частина				
	5			(Презентація)				
	6	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.01	Квадратний профіль	1			
	7	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.02	Рух металу при повздовжньому				
	8			прокатуванні	1			
	9	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.03	Валок прокатного стану	1			
	10	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.04	План розташування безперервного				
	11			друдносортового стану 250	1			
	12	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.05	Розливка сталі на МБ/ЛЗ				
	13			конверторного цеху	1			
	14	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.06	Схема сортової МБ/ЛЗ	1			
Подп. и дата	15	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.07	Послідовність технологічних				
	16			операцій	1			
	17	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.08	Результати розрахунку				
	18			обтиснення	1			
Инв. № дубл.	19	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.09	Результати розрахунку				
	20			енергосилових параметрів	1			
	21	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.10	Розрахунок прокатного				
Взам. инв. №	22			валка на міцність	1			
	23							
	24							
Подп. и дата								
	КНУ.РБ.136.25.14 9с-04.В0							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Бурлаченко						
	Проб.	Чуденко						
	Н.контр.	Чуденко						
	Утв.	Сабельєв						
Відомість об'єму матеріалів						Лист.	Лист	Листов
кваліфікаційної роботи						р	δ	1
Чертеж общего вида						кафедра МЧМ/В		
						група МТ-21-1		
Копировал						Формат А4		

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ.....	4
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ.....	5
ВСТУП.....	7
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ КВАДРАТІВ.....	9
1.1 Призначення сталевих квадратів.....	9
1.2 Способи отримання сталевих квадратного профілю, що має поперечний розмір 26 мм.....	12
1.3 Загальна характеристика прокатного виробництва.....	14
1.4 Обладнання для прокатування.....	16
1.5 Технічна характеристика безперервного дрібносортового прокатного стану ДС-250.....	21
1.6 Отримання безперервно-ливої заготовки.....	25
1.7 Висновки до розділу.....	31
2 ІННОВАЦІЙНІ ПРОПОЗИЦІЇ З РОЗРОБКИ ОНОВЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	32
2.1 Технологічний процес виготовлення сталевих квадратів стороною 26 мм з безперервно-ливої заготовки.....	32
2.2 Розрахунок режиму обтиснення.....	34
2.3 Розрахунок енергосилових параметрів прокатування.....	44
2.4 Розрахунок на міцність елементів конструкції основного устаткування.....	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.3		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розробив	Бурлаченко						
Перевірив	Чубенко						
Рецензент							
Н. контр.	Чубенко						
Затвердив	Савельєв				Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1		
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						1	2

ВСТУП

Сталевий квадрат – це продукт металургійного виробництва, який дуже затребуваний в усіх галузях народного господарства через високу точність геометричних розмірів та правильність своєї форми. Сталевий квадрат це довгомірний виріб, що має правильну чотирикутну форму поперечного перерізу, у якого усі сторони та кути дорівнюються між собою. Проста і зручна конфігурація профілю вважається головною конкурентною перевагою такої продукції.

Використовується сталевий квадрат в різних сферах людської діяльності. Готова продукція квадратного профілю широко затребувана в будівництві, вагонобудуванні, верстатобудування, автомобілебудуванні, на залізниці, при оформленні інтер'єрів тощо.

Сталевий квадрат характеризується рядом параметрів, до яких відносять міцність та довговічність, сувора геометрія, що забезпечує ергономічне складування та зручне транспортування, оперативний монтаж тощо. Такі характеристики та параметри роблять його дуже необхідним в промисловому та приватному використанні.

Різні способи виготовлення квадратного профілю дозволяють отримати різні його характеристики.

Для отримання квадратного профілю, що має поперечний розмір 26 мм, перевага надається гарячому прокатуванню. Цей спосіб забезпечує високу точність виробу та велику продуктивність процесу. В якості вихідного матеріалу останнім часом надається перевага безперервно-литим заготовкам, що дозволяє покращити внутрішню структуру сталевих профілю. Тому дослідити процес прокатування сталевих квадратів з безперервно-ливої заготовки є задача актуальна.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.ВС						
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Бурлаченко			ВСТУП			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко								1	2
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.		Чубенко									
Затвердив		Савельєв									

Мета роботи: розробити сучасний технологічний процес виготовлення сталевго квадрату стороною 26 мм з безперервно-литої заготовки.

Для досягнення мети потрібно виконати наступні задачі:

- проаналізувати призначення сталевго квадрату зі стороною 26 мм, матеріал для його виготовлення, дослідити способи виготовлення;
- визначити обладнання та інструмент для прокатування квадратного профілю, що має поперечний розмір 26 мм;
- дослідити обладнання для виготовлення безперервно-литої заготовки;
- запропонувати послідовність технологічних операцій для отримання виробу;
- розрахувати режими обтиснення при прокатуванні;
- визначити енергосилові параметри процесу;
- виконати перевірку прокатних валків на міцність.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.ВС	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ КВАДРАТІВ

1.1 Призначення сталевих квадратів

Сталевий квадратний профіль – це дуже затребувана продукція у промисловому виробництві. Основна характеристика такого профілю – це висока точність геометричних розмірів, де існує можливість досягти мінімальних відхилень від номінальних розмірів, максимальної якості зовнішньої поверхні.

Сталевий квадратний профіль – це довгомірний виріб, що характеризується щільною структурою, має форму поперечного перерізу у вигляді правильного рівно бокого чотирикутника з прямими кутами (рис. 1.1). Постачається квадратний профіль в прутках та штангах, іноді у форми мотків та бухт.



Рисунок 1.1 – Квадратний профіль

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ПРИЗНАЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ КВАДРАТІВ	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Бурлаченко								
Перевірив	Чубенко						1.1	23	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.	Чубенко								
Затвердив	Савельєв								

Випускається така продукція в мотках у випадку, коли має розміри менші за 5 мм. У тому випадку, коли квадрат має поперечний розмір більше 5 мм, така продукція випускається у вигляді прутків.

Квадратна сталь може використовуватися, як готова продукція, а може використовуватися, як напівфабрикат для подальшої переробки.

Використовується така продукція в різних сферах людської діяльності. Готова продукція квадратного поперечного перерізу широко використовується в будівництві, вагонобудуванні, верстатобудування, автомобілебудуванні, на залізниці, при оформленні інтер'єрів тощо.

Як напівфабрикат квадратний сталевий профіль піддають подальшій переробці в прокатних цехах, ковальсько-штампувальний, механічних дільницях. Він може використовуватися в якості основи для вісей, валів та інших виробів.

В будівельній промисловості квадратний сталевий довгомірний профіль використовують через те, що він доволі зносостійкий, міцний, витримує задану форму, стійкий до вологи та до ультрафіолету, витримує різні механічні впливи, добре зварюється.

В верстатобудуванні квадратний профіль використовується через свою правильну форму та довговічність.

У вагонобудуванні квадратний профіль використовують при виконанні відповідальних операцій складання одиниць рухомого складу, при ремонті пружин, для кріплення у вагонах різних вантажів. Для здійснення обв'язки, стяжки квадрат повинен мати площу поперечного перерізу меншу за 20 мм².

Квадратний профіль використовується в автомобілебудуванні для виготовлення різних запчастин та деталей. Відмінно підходить для виконання таких робіт сталевий квадрат із марок – Сталь 75, 55С2, 40ХН2МА. Такий матеріал є достатньо міцний, надійний та зносостійкий.

Квадратний сталевий профіль, що виготовлений з неіржавіючого матеріалу і стійкого до агресивних середовищ та корозії, використовують для виготовлення деталей автомобілей, сільгосптехніки, виготовляють з такого матеріалу пруткові притискні клеми.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.2

Сталевий квадрат використовують в художньому декоруванні для оздоблення внутрішнього простору приміщень, будівель та споруд, на що з успіхом використовують вуглецеву сталь звичайної якості. З такої сталі виготовляють різні декоративні прикраси, які можна розташовувати на решітках камінів, оформлювати сходи за їх допомогою. Але в цьому випадку частіше квадратний профіль піддається гарячому куванню або змінюють його профіль за допомогою холодної обробки на спеціальному гнучкому верстаті.

Квадратний профіль зі сталі 20, завдяки своїй еластичності, довговічності, стійкості до перепадів температур та можливості до зварювання, широко використовують при оформленні вуличного інтер'єру та міського ландшафту. З такого матеріалу можна виготовляти різні оригінальні архітектурні форми, наприклад павільйони, альтанки. Ковані огорожі та ґрати з квадратної конструкційної вуглецевої сталі 45, які використовують для оздоблення вулиць, прикрашають сквери.

Квадратний сталевий профіль зі сталі звичайної якості Ст 3 використовують в якості заготовлі для виготовлення кованих виробів. Така сталь широко використовується для виготовлення металевих меблів, що використовують, як предмети інтер'єру в парках, на вулицях, в скверах.

Квадратна сталь широко використовується на залізницях через те, що вона не замінна при створенні високоміцного кріплення з метою укладання сталевих рейок та шпал під час будівництва та ремонту шляху для рухомого складу. Сталевий прокат використовують при кріпленні шпал та рейок. Для цієї мети відмінно підходить сталевий квадрат марки Сталь 20, Ст3, 09Г2С що мають поперечний розмір від 23 до 70 мм. Такий матеріал відрізняється високою зносостійкістю. Застосовують кранові квадратні смуги через можливість укласти їх без притисків.

Проаналізувавши матеріал для виготовлення квадратного профілю зі стороною 26 мм та його призначення, дістанемо висновок, що виготовляти квадрат, який має розмір 26 мм, будемо зі сталі 20, яка відмінно підходить для оформлення вуличного інтер'єру та міського дизайну, для кріплення шпал. Це

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.3

конструкційна низьковуглецева сталь, яка має у своєму складі 0,2 % вуглецю, має добру міцність, зносостійкість та довговічність, добре зварюється та витримує перепади температур.

Хімічний склад сталі 20 наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20, %

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>As</i>	<i>Cu</i>
0,17-0,24	0,17-0,37	<0,3	0,35-0,6	<0,0035	<0,4	<0,25	<0,008	<0,3

Механічні властивості сталі 20:

- границя міцності 410 МПа;
- границя течії 225 МПа;
- твердість HB 125;
- відносне подовження $\delta=21\%$.

1.2.Способи отримання сталевого квадратного профілю, що має поперечний розмір 26 мм

Отримати сталевий квадратний профіль можливо де кількома способами обробки металів тиском.

До таких способів відносяться кування, штампування, волочіння, пресування та прокатування.

Кування – це спосіб обробки металів тиском, де відбувається місцеве прикладення деформуючих зусиль за допомогою універсального підкладного інструменту – бойку молота або пресу. При куванні деформація оброблюваного матеріалу не обмежується робочою поверхнею інструменту. За один удар молота деформація відбувається на обмеженій ділянці оброблюваного матеріалу, який потрібно регулярно переміщувати, що уповільнює процес. Така технологія добре підходить для обробки більш масивних виробів не великого обсягу виробництва. Така обробка не допустима для дрібних довгомірних виробів.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штамування – процес обробки металів тиском з витіканням металу, обмеженим порожнинами робочого інструменту - штампу. Використовується цей вид обробки для виготовлення виробів складної форми та конфігурації в масовому та багатосерійному виробництві. Під час штампування забезпечується висока точність форми та розмірів поковки, висока продуктивність обробки. Такі переваги штампування має за рахунок використання спеціального інструменту – штампу, що має складну спеціальну порожнину. Але цей інструмент є досить дороговартісним і його потрібно використовувати при виготовленні виробів складної форми, що не раціонально для довгомірного квадратного профілю зі стороною 26 мм.

Волочіння – це спосіб обробки металів тиском, який полягає у протягуванні початкової заготовки крізь отвір у матриці волочильного інструменту. Використовується цей спосіб обробки металів тиском для виготовлення дроту, тонкостінних труб, тонкостінних або складних профілів. Але для виготовлення сталевих квадратів, що має розмір поперечного перерізу 26 мм його використовувати не доречно.

Прокатування – це обробка металів тиском, коли початковий матеріал завдяки силам тертя втягується в проміжок між прокатними валками, які обертаються. Під час прокатування виріб постійно деформується, при цьому зменшується його площа поперечного перерізу та збільшується довжина. Прокатування є найпродуктивнішим видом обробки металів тиском завдяки існуванню можливості створення великої швидкості руху сталевих матеріалів між прокатними валками.

Проаналізувавши можливі способи отримання квадратного профілю, що має розмір 26 мм, зупиняємося на прокатуванні, завдяки якому можна створити вірний прямокутний профіль, точних розмірів та якості при необхідній продуктивності процесу.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Загальна характеристика прокатного виробництва

За схемами прокатування існують три основні види: поздовжнє прокатування, поперечне та поперечно-гвинтове.

Поздовжнє прокатування є найбільш розповсюджених видів прокатного виробництва при якому вихідний матеріал в гарячому, або рідше в холодному стані деформується між двома прокатними валками, які обертаються в різних напрямках. Заготовки при цьому рухається поступально, перпендикулярно до осей прокатних валків (рис. 1.2). Цей спосіб прокатування використовується для виготовлення сортових профілів (круглого, квадратного, трикутного, прямокутного, шестикутного поперечного перерізу, для кутників, швелерів тощо), для виготовлення листів та смуг, для отримання деяких труб тощо.



Рисунок 1.2 – Рух металу при поздовжньому прокатуванні

При поперечному прокатуванні осі прокатних валків паралельні і валки обертаються в одному напрямку навколо своїх осей. При цьому відбувається пластична деформація оброблюваної заготовки, яка також обертається навколо своєї осі. Поперечне прокатування використовується при виготовленні тіл обертання: валів, осей, зірочок, зубчастих коліс тощо.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При поперечно-гвитовому прокатуванні прокатні валки обертаються в одному напрямку, а їх осі розташовують під деяким кутом. При деформації заготовка має два робочих рухи – поступальний і обертальний. Такий метод використовують для виготовлення куль, осей, при виробництві безшовних труб з суцільної заготовки.

Квадратний довгомірний сталевий профіль відноситься до сортових профілів, що потрібно виготовляти за поздовжнім прокатуванням (рис. 1.3) з використанням сортових прокатних станів.

Сортовий прокат поділяють на крупносортовий, середньосортовий, дрібносортовий та дріт.

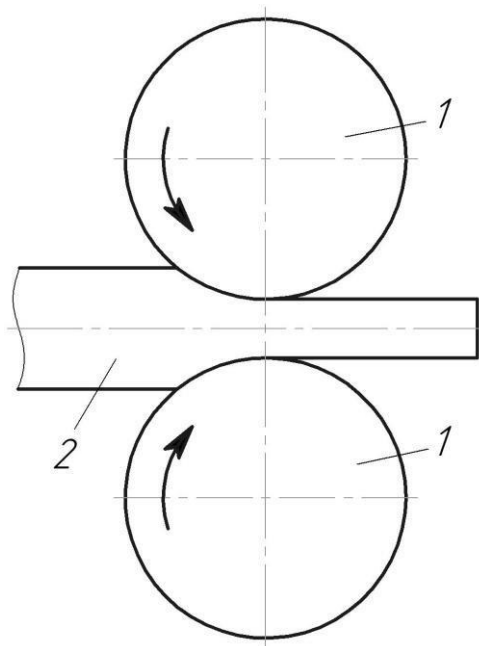


Рисунок 1.3 – Схема поздовжнього прокатування:

1 – валки; 2 – штаба

Сталевий квадрат, який має поперечний розмір 26 мм відноситься до дрібносортових профілів, тому його доречно виготовляти на дрібносортовому прокатному стані поздовжнім прокатуванням.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Обладнання для прокатування

Для прокатування використовуються прокатні стани. Прокатний стан – це комплекс машин та механізмів, що забезпечують отримання виробів потрібної форми, розмірів та якості завдяки здатності металів та сплавів до пластичної деформації.

Прокатні стани призначено для отримання наступної продукції:

- сортових профілів (довгомірний виріб круглого, квадратного, прямокутного, шестикутного перерізу, кутовий профіль, швелер, балка тощо);
- листового профілю;
- безшовних та зварних труб;
- спеціальних профілів.

Усе обладнання прокатного стану можна розділити на два види: основне та допоміжне обладнання.

Основне обладнання призначено для формозміни вихідного матеріалу за допомогою пластичної деформації. До складу основного обладнання відносять: робочу кліть, електропривод та передавальні пристрої.

Лінія де встановлюється основне обладнання має назву головної лінії прокатного стану. До її складу входить наступні елементи: робоча кліть з прокатними валками, шпинделі з муфтами, корінна муфта, головна моторна муфта, шестеренна кліть, редуктор та двигун.

Робоча кліть – це основний механізм прокатного стану, де і відбуваються усі основні процеси пластичної деформації матеріалу. Робоча кліть має основний робочий інструмент прокатні валки, що і виконують основні процеси пластичної деформації матеріалу (рис. 1.4).

Прокатні валки встановлюють в підшипники, які закріплюються в станині, фіксуються за допомогою відповідних устаткувань положення прокатних валків у горизонтальній та вертикальній площинах. Робоча кліть має у своєму складі валкову арматуру, пристрої для змащення та охолодження прокатних валків. Станини можуть бути як відкритого, так і закритого типу. Станини закритого

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типу витримують більш великі зусилля прокатування, але вони менш зручні в експлуатації, як станини відкритого типу.

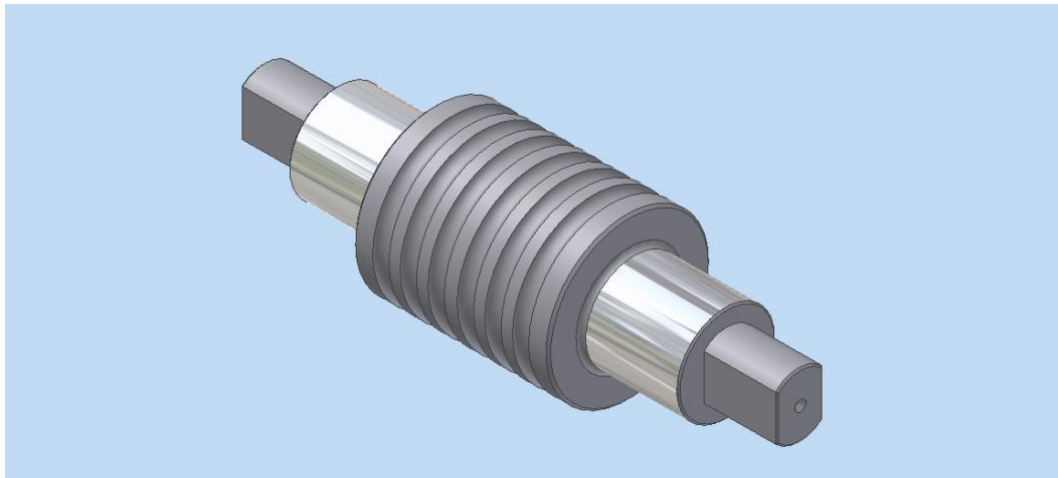


Рисунок 1.4 – Прокатний валок

Основний робочий інструмент – це прокатні валки, до яких приділяється особлива увага. Вони виконують роботу пластичної деформації, працюють у дуже вадких умовах, на них діють усі основні зусилля деформації, високі температури обробки, абразивне тертя. Тому до прокатних валків пред'являють високі вимоги з міцності, зносостійкості, теплостійкості, точності розмірів та форми.

Особлива уваги приділяється матеріалу виготовлення прокатних валків, в якості якого можна використовувати чавун та сталь.

Сталеві прокатні валки мають високу міцність та пластичність, тому їх бажано використовувати у тих прокатних клітках, що витримують великі зусилля прокатування, виконують великі обтиснення при обробці. Таке відбувається у чорнових клітках прокатного стану. Виготовляють чавунні прокатні валки з легованих та нелегованих чавунів.

Чавунні валки достатньо зносостійкі, але менш міцні за сталеві. Вони не витримують великих навантажень. Тому їх бажано використовувати у тих прокатних клітках, де не виникає велике зусилля прокатування і виконують невеликі обтиснення, що відбувається у передчистових та чистових прокатних

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клітиях. Виготовляють сталеві валки з вуглецевої, низьколегованої і легованої сталі марок сталь 50ХН, 9ХС.

Прокатні валки встановлюють в підшипники, через які передаються усі основні зусилля прокатування. Також підшипники служать для підтримки прокатних валків у потрібному положенні. Самі підшипники розміщують в подушках, які використовуються для забезпечення точного положення прокатних валків і передачі зусилля прокатування від робочих валків до станини.

Для надання потрібного положення прокатним валкам використовують механізми вертикального та осевого встановлення прокатних валків.

Для переміщення прокатних валків, їх врівноваження, вибору зазору між прокатними валками використовують натискні механізми, які забезпечують можливість роздільного регулювання кожної подушки прокатного валку.

Для врівноваження верхнього прокатного валка використовуються врівноважуючі пристрою, які можуть бути гідравлічні, пружинні, вантажні. Для переміщення верхнього прокатного валка на достатню висоту використовують вантажні врівноважуючі пристрої, на невелику висоту на сортових, листових, дровових прокатних станах використовують пружинні врівноважуючі пристрої.

Допоміжне обладнання прокатного стану – це те обладнання, що забезпечує роботу основного обладнання, але пластична деформація оброблюваного матеріалу на такому обладнанні не здійснюється.

Усе допоміжне обладнання можна поділити на дві групи: обробне і транспортує.

До обробного допоміжного обладнання відносять агрегати та механізми для розрізання та правки металу. До таких механізмів відносять наступні: ножиці з паралельними ножами, з похилими ножами, летючі ножиці, дискові ножиці, дискові пили, правильні преси, моталки.

Ножиці з паралельними ножами використовують для розрізання готового прокату на мірні довжини та обрізки його кінців. Такі ножиці можна використовувати як для гарячого, так і холодного розрізання.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.10

Ножиці, що мають похилі ножі, використовують для розрізання сортового прокату в холодному стані. Вони можуть бути двох типів: відкритого та закритого.

Летючі ножиці використовують для розрізання прокату при його русі на великій швидкості. Летючі ножиці бувають барабанні, планетарні, кривошипно-важільні.

Барабанні летючі ножиці використовують для розрізання широких смуг, які мають товщину понад 30 мм, на вузькі смуги, для холодного розрізання смуг, які мають товщині до 3 мм.

Планетарні летючі ножиці використовують для розрізання заготовок та сортових профілів, що мають розміри 80×80 мм та 120×120 мм, для розрізання плоских заготовок, які рухаються на великій швидкості.

Важільно-кривошипні летючі ножиці використовують для розрізання товстих смуг.

Дискові ножиці використовують для обрізання кінців смуги, для розрізання широких смуг в поздовжньому напрямку на більш вузькі смуги.

Дискові пили служать для розрізання профільного прокату. Такі пили дозволяють отримати високу якість оброблюваного матеріалу. Дискові пили можна поділити на дві групи: для гарячого розрізання і для холодного розрізання. Пили для гарячого розрізання мають зубчасті диски, для холодного розрізання – мають гладкі диски.

До транспортної групи відносять: зливковози, рольганги, шлепери, поворотно-підйомні механізми, кантувачі, холодильники, маніпулятори, підйомно-похитні столи.

Зливковози служать для перевезення зливків у прокатний цех.

Рольганги використовують для транспортування початкової заготовки до прокатного стану, подачі її у прокатні валки та прийманні її з прокатних валків, пересування до ножиць та пилок, до правильних машин та механізмів. За призначенням рольганги поділяються на робочі та транспортуючі. Робочі рольганги призначені безпосередньо для обслуговування робочої кліті

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.11

прокатного стану і розташовують їх у клітей. Використовують ї для спрямування металу в кліті. Усі останні рольгангу, що служать для транспортування оброблюваного матеріалу вважаються транспортуючими.

Шлепери використовують для переміщення оброблюваного матеріалу поперек прокатного цеху і для переміщення розкату від рольгангу до рольгангу, до прибирального карману або у сусідній проліт цеху. Шлепери поділяють на канатні та ланцюгові. Ланцюгові шлепери мають більшу теплостійкість, але вони транспортують метал тільки в один бік.

Холодильник використовують для охолодження гарячого металу після прокатування. Їх розташовують між прокатним станом та обробними агрегатами. На холодильниках виконується приймання гарячого металу, його охолодження та передача на відвідний рольганг, також холодильник забезпечує транспортування розкату на обробний агрегат. Існують рейкові та роликові холодильники. На рейковому холодильнику процес охолодження здійснюється на рухомих рейках, які утворюють поступально-коливальний рух.

Для пересування металу паралельно по ролькам рольгангу для вірного спрямування у прокатні валки використовують маніпулятори.

Для повертання смуги на визначений кут відносно поздовжньої осі перед її задаванням в наступний калібр з метою забезпечення рівномірного обтиснення оброблюваного матеріалу за усім поперечним перерізом використовують кантувачі.

Підйомно-похитні столи застосовують на листових, сортових тривалкових прокатних станах.

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

За призначенням прокатні стани поділяють на обтискні, сортові, листові, трубопрокатні та стани спеціального призначення.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Реверсивні прокатні стани забезпечують рух оброблюваного матеріалу в прямий та зворотній бік. До таких станів відносять одно та двоклітьові прокатні стани, наприклад, блюмінги, слябінги.

До напівбезперервних відносять прокатні стани, які мають у своєму складі реверсивну групу клітей і безперервну. До таких станів відносять листові прокатні стани.

Безперервні прокатні стани є найсучаснішими і високопродуктивними. Умова безперервності – постійність секундних об'ємів. До таких станів відносять багатоклітьові сортові прокатні стани.

За кількістю робочих клітей прокатні стани поділяють на одноклітьові та багатоклітьові.

За кількістю прокатних валків у робочій кліті стани бувають двовалкові, до яких відносять сортові прокатні стани, листові, деякі трубопрокатні, безперервно-заготовочні; тривалкові; чотиривалкові, шестивалкові, дванадцяти валкові, двадцятивалкові.

Для виготовлення сталевих квадратів, що має поперечний розмір 26 мм пропонується використовувати дрібносортовий безперервний прокатний стан, який забезпечить виготовлення виробу, що має потрібний розмір, високої якості та з високою продуктивністю.

1.5 Технічна характеристика безперервного дрібносортового прокатного стану ДС-250

Для виготовлення квадратного профілю, що має поперечний розмір 26 мм будемо використовувати дрібносортовий прокатний стан безперервної дії ДС- 250. Такий прокатний стан дозволить виготовляти профіль потрібної якості, точних розмірів та з високою продуктивністю.

Схему прокатного стану ДС-250 наведено на рис. 1.5.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.13

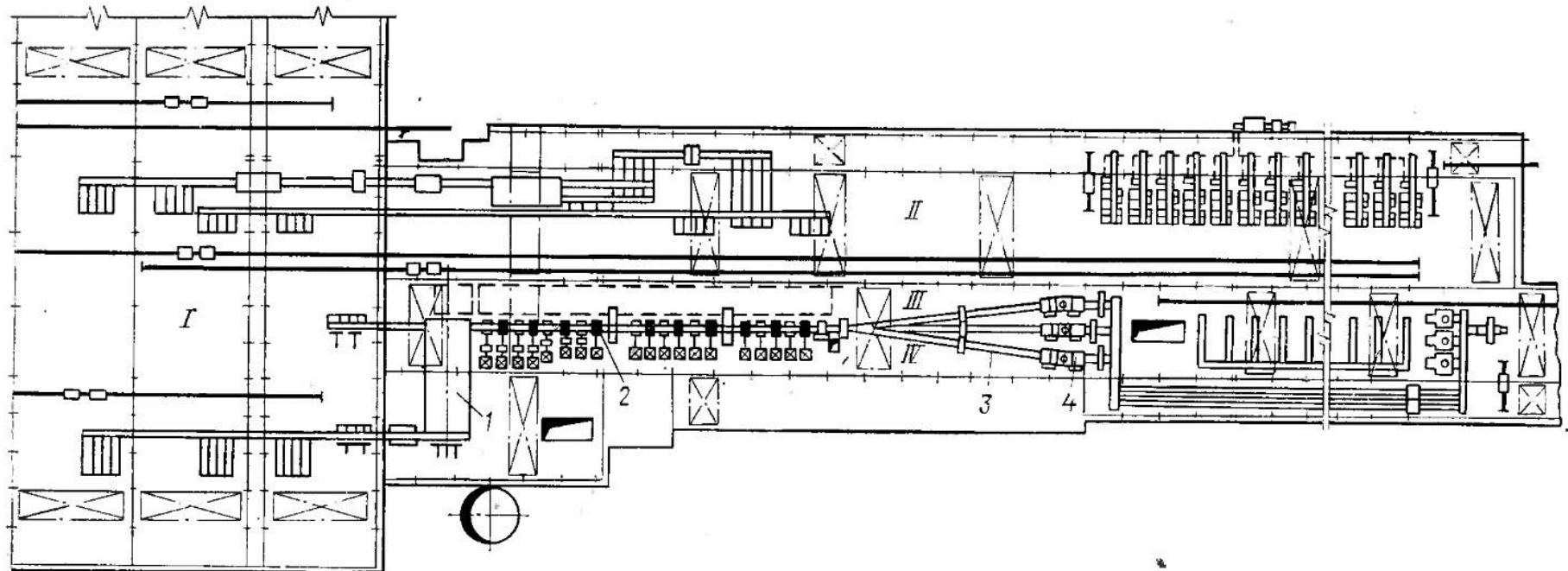


Рисунок 1.5 – План розташування безперервного дрібносортового стану 250:

I – склад заготовок; *II* – ділянка попередньої обробки заготовок; *III* – проліт стану; *IV* – проліт машинного залу;

I – нагрівна методична піч; 2 – робочі кліті прокатного стану; 3 – система прискореного охолодження прокату;

4 – моталки

Безперервний дрібносортний стан 250 використовується для прокатування дрібносортної сталі наступного сортаменту [5, 11]:

- сталь круглого поперечного перерізу – $\varnothing$ 14-40 мм,
- сталь квадратного поперечного перерізу – $\square$ 14-36 мм,
- сталь для армування залізобетонних конструкцій №№ 14-40,
- сталь шестигранна, що має поперечний розмір – 14-40 мм.

В якості початкового матеріалу для прокатування на такому прокатному стані використовують заготовки, що отримані з безперервно-заготівельного прокатного стану, розміром 150×150 мм. Такі заготовки мають довжину 12 м та масу 2,1 т. Також на цьому стані можна використовувати заготовки, що мають розміри 180×180 і масу 3 т, які отримані на безперервно-заготівельному стані або на машині безперервної розливки.

Придатні заготовки спрямовують до нагрівної методичної печі. Їх завантажують у піч за допомогою втаскаючого пристрою. Ті заготовки, що виявилися бракованими спеціальним скидачем скидають з підводячого рольгангу в кишеню. Ті заготовки, які скинуті в кишеню повинні бути відремонтовані та посаджені у нагрівну піч разом з плавкою, або окремою партією.

Нагрівання заготовок відбувається у методичній печі, що оснащена шагаючим подом. Температура нагріву матеріалу дорівнює 1150°C. методична піч має дві самостійно опалювальні зони: зварювальну і томильну. Кожна з цих зон містить п'ять пальників, що призначено для спалювання палива. В печі існує бічна посадка і видача матеріалу. Продуктивність печі обмежено 100 шт./годину. Для пересування заготовок в печі використовується штовхач, а для видачі заготовок з печі використовують виштовхувач.

Після нагрівання з поверхні матеріалу потрібно видалити окалину.

Далі, нагріта заготовка надходить до робочих клітей прокатного стану. Кількість проходів заготовки між прокатними клітями залежить від профілю поперечного перерізу та його розмірів. Кожна прокатна кліть має комплект прокатних валків однакового діаметру.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прокатні валки укомплектовано підшипниками рідинного тертя з метою забезпечення надійної роботи прокатного стану.

Максимальна кількість проходів на прокатному стані може дорівнювати 15.

Спочатку відбувається прокатування у чорнових прокатних клітках, далі у чистових. Між цими групами прокатних клітей передбачена обрізка переднього кінцю розкату на летючих ножицях. Такі ножиці можуть використовувати і для аварійного розрізання розкату і на розподіл його на частини.

При вході у чистову групу прокатних клітей встановлено обрізні ножиці, які призначено для автоматичного обрізання заднього кінцю розкату, що застряг у чистових прокатних клітках, цим забезпечується зменшення кількості плутанки між клітками.

При виході з чистових прокатних клітей розкат розрізають на двобарабанних на відповідні довжини, які потрібні для подачі його на холодильник. Для двобарабанних ножиць існує автоматичне керування системами розкрою розкату на певну кількість рівних смуг, яка залежить від розміру та профілю отриманого матеріалу.

Після прокатування у чистових клітках смуги надходять до холодильника, де вони охолоджуються. Також на холодильнику відбувається і випрямлення отриманих розкатів, після чого розкат передається до притиральних карманів, змотуються в бунти та транспортують на склад, де отримані виробу пактують.

В роботі пропонується для виготовлення сталевго квадрату, що має розмір 26×26 мм, використовувати в якості початкового матеріалу безперервно-литу заготовку, що має розмір 80×80 мм замість заготовки, розміром 150×150, яка отримана на безперервно-заготівельному стані. Маса такої заготовки зменшується в 3,5 рази і дорівнює 600 кг. Продуктивність прокатного стану не змінюється через те, що скорочується в 3,5 рази час обробки. Це дозволяє суттєво зменшити навантаження на прокатний стан, витрати сили та енергії на прокатування, зменшується кількість проходів та полегшуються умови праці.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.16
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До того ж використання безперервно-литих заготовок забезпечує покращення якості внутрішньої поверхні матеріалу.

1.6 Отримання безперервно-ливої заготовки

Останні роки активно розвивається провідними компаніями процес безперервної розливки сталі в поєднання з подальшим прокатуванням як низькозатратна технологія. Техніко-економічні показники ливарно-прокатних модулів безперервно зростають.

Останнім часом все більше застосовують переваги прямому отриманню сортових заготовок на високошвидкісних машинах безперервної розливки сталі. Такі машини здатні випускати заготовки максимально наближені до розмірів поперечного перерізу готової продукції через те, що в умовах прискореного затвердіння в меншій ступені можуть розвиватися такі негативні явища, як ліквіація та утворюватися усадкові раковини при твердінні сталевих виробів.

На рисунку 1.6 показано процес розливки сталі на машині безперервного лиття конвертерного цеху в умовах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».



Рисунок 1.6 – Розливка сталі на МБЛЗ конвертерного цеху в умовах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відбулися дослідження, де розливка сталі здійснювалася закритим струменем, що являє собою стопорну розливку. У відділенні безперервної розливки сталі працюють устаткування позапічної обробки сталі типу «ківш-піч» і сортова машина безперервної розливки сталі, що має шість струмків. Така машина має потужність 1,2 млн. т/рік. Використовується виготовлення виробів з конструкційних низьковуглецевих сталей, яку можна використовувати для отримання квадратного сталевого профілю, що має поперечний розмір 26 мм.

Таким чином, завдяки останнім досягненням в галузі безперервної розливки сталі, створено необхідні передумови, що забезпечують виготовлення якісних сортових заготовок у сталеплавильних цехах. Висока продуктивність таких цехів забезпечується використанням багатострумкових сортових машин безперервної розливки сталі, які мають високі витяжки обробляємих матеріалів, що забезпечують високі швидкості при обробці в сукупності з використанням агрегатів «піч-ківш». Така технологія забезпечує високу якість рідкого матеріалу та ритмічність подачі на машину безперервної розливки.

Для підвищення якості безперервно-ливої сортової заготовки потрібно досягати за рахунок більш широкого використання способів та методів захисту сталевому матеріалу від дії вторинного окислення, що може відбуватися при використанні розливки сталі через системи: «стопор-моноблок» – «стакан-дозатор» – «стакан з зануренням».

З метою удосконалення процесу безперервної розливки сталі використовують магнітодинамічні проміжні ківші, як складові частини елементів машини безперервної розливки сталі. Такі ківші краще використовувати під час безперервної розливки сталі якісної марки при литті малих партій або при виробництві тонких слябів безперервною розливкою на ливарно-прокатних модулях.

Для отримання квадратної заготовки налається перевага сортовій швидкісній машині безперервної розливки сталі, що має радіальну конструкцію (рис. 1.7).

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6 – Схема сортової МБЛЗ

Таке виконання машини обумовлено їх простотою та великою функціональністю. Ця машина має базовий радіус в межах від 7 до 9 м. зона вторинного охолодження машини має у своєму складі 4 або 5 секцій, що обладнано форсунками для розбризкування води або водоповітряної суміші, що застосовують в останніх секціях.

Такі сортові машини забезпечують отримання квадратної безперервно-ливої заготовки зі стороною, яка дорівнює від 80 до 150 мм. В ряді випадків існує можливість отримання і інших за формулю та розмірами заготовок, в тому числі можливо отримати круглу заготовку, що має діаметр до 18 мм.

В нашому випадку потрібно отримати квадратну заготовку, що буде мати поперечний розмір 80×80 мм. Така початкова заготовка відмінно підходить для прокатування її на сортопрокатному стані для отримання сталевго квадрату, що має розмір 26×26. Такий вихідний матеріал дозволить отримати якісний виріб за

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімальну кількість проходів, що дозволить збільшити продуктивність процесу.

Сучасні сортові машини безперервної розливки сталі забезпечують розливку сталі обсягом 200...250 тис. тон на рік з продуктивністю 0,45...0,55 т/хв. на один струмок.

Розливка сталевих матеріалів на сортових машинах лиття обмежується тривалістю розливання одного ківшу, що має велику місткість. Вона триває 60...80 хв.

Технологічні параметри машини безперервної розливки сталі наведено в табл.1.2, 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.2 – Основні характеристики МБЛЗ на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Назва параметру	Значення
Устаткування для виплавки рідкої сталі	Кисневий конвертер
Маса плавки, номінальна	147 т
Конструкція МНЛЗ	Радіального типу, що має криволінійний кристалізатор
Кількість струмків	6 шт.
Швидкість розливки сталевих матеріалів	менше за 3,5 м/хв.
Довжина заготовок в холодному стані	9000-12000 мм
Переріз заготовок, що отримується на машині	□150×150 мм
Номінальна ємність проміжного ківшу	30 т
Режим роботи машини	«плавка на плавку»
Вторинне охолодження	Водне форсункове, 4 зони охолодження

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.2

Назва параметру	Значення
Кристалізатор	Гільзовий, протиточний, має довжину 1000м
Коливання	Гідравлічний механізм коливання (DYNAFLEX)
Механізми різки металу	Газокисневі різачи
Тип затравки введеної в машину	Жорстка, форма - криволінійна
Швидкість введення затравки, макс.	4,0 м/хв
Середня тривалість розливки однієї плавки, хв	50
Швидкість руху рольгангу, що відводить заготовку, макс.	40 м/хв
Відмітка розливної площадки	+10,5 м
Відмітка верхнього рольгангу	+1,5 м
Тривалість підготовки МБЛЗ до нової продукції	145 хв.
Коефіцієнт виходу придатного матеріалу	0,97-0,99
Середня кількість плавок в серії	24
Річний фонд робочого часу, годин	7680
Річна продуктивність, млн. т/рік	1,25

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.21
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Конструктивні особливості МБЛЗ

Конструкція МНЛЗ	Радіального типу, що має криволінійний кристалізатор
Кількість струмків	6 шт.
Базовий радіус	9000 мм
Відстань між сусідніми струмками	1200 мм
Пристрій для руху сталерозливного ківшу	Поворотний стенд: забезпечує індивідуальний підйом і спуск ківшу і має єдиний поворотний механізм
Візок проміжного ківшу	Два візки проміжного ківшу консольного типу мають шляхи над кристалізатором і мають опори, що піднімаються і прилад для зважування
Привод машини	З плаваючим тягнучим роликом, стаціонарним нижнім роликом і верхнім роликом, який регулюється
Розвантажувальне обладнання	Рольганги, прилади для підйому заготовок, перекладальник, зіштовхувач заготовок, кантувач, холодильник, накопичувальна решітка
Довжина машини розливки	26600 мм

Таблиця 1.4 – Основні параметри розливки на МБЛЗ

Параметр розливки	Спосіб розливки сталі	
	При відкритому струмок	Зі стопором
Швидкість розливки максимальна, м/хв.	3,5	2,8
Тривалість розливки, хв.	45	55
Серійність, плавов в серію	24	8

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовуючи таку технологію безперервної розливки сталі і відповідне обладнання, ми отримаємо якісну початкову заготовку розміром 80×80 мм, з якої буде виготовлено сталевий квадрат зі стороною 26 мм.

1.7 Висновки до розділу

Вивчено призначення квадратної сталі розміром 26 мм, визначено матеріал для її виготовлення, досліджено його хімічний склад та властивості.

Розглянуто способи виготовлення сталевого квадрату та надано перевагу процесам прокатування квадрату з безперервно-ливої заготовки через їх зручність, високу продуктивність, можливість отримання точних розмірів та якості.

Розглянуто способи виготовлення безперервно-ливої заготовки, обладнання, що використовується і надано перевагу сортовій машині безперервної розливки радіального типу. Така машина є відносно компактною і дозволяє отримати якісний профіль, потрібних розмірів.

Розглянуто прокатне обладнання для виготовлення квадратної сталі, що має розмір 26×26 мм і надано перевагу безперервному дрібносортовому прокатному стану ДС-250, який дозволяє отримати якісний профіль.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.01.ПАСВСК	Аркуш
						1.23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ІНОВАЦІЙНІ ПРОПОЗИЦІЇ З РОЗРОБКИ ОНОВЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Технологічний процес виготовлення сталевго квадрату стороною 26 мм з безперервно-литої заготовки

Технологія виготовлення квадратного профілю складається з основних та допоміжних операції, які мають наступну послідовність:

1) Для виготовлення якісного квадратного профілю потрібно підготувати вихідний матеріал, у якості якого будемо використовувати безперервно-литу заготовки з якісної вуглецевої сталі марки Сталь 20. Така сталь повинна мати квадратну форму поперечного перерізу з розмірами 80×80 і мати довжину 12 м, її маса буде складати 600 кг. Отримання такої заготовки пропонується здійснюється на машині безперервної розливки сталі.

2) Остигли безперервно-литі заготовки із завантажувальної решітки рольгангом, який відводить заготовки, подається до нагрівальної печі і спеціальним штовхаючим пристроєм зштовхується у піч.

3) Відбувається нагрівання підготовленої безперервно-ливою заготовки до температури 1180С, яке здійснюється у індукційній печі, в якій безперервно-лита заготовка рухається за допомогою штовхача.

4) За допомогою виштовхувача нагріту до потрібної температури заготовку подаєть на рольганг прокатного стану для прокатування.

5) Гарячу безперервно-литу заготовку за допомогою рольгангу транспортують до чорнової кліті прокатного стану.

6) При необхідності виконують обрізання переднього кінця заготовки кривошипно-важильними ножицями, які також можна використовувати як і аварійні.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ					
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ІНОВАЦІЙНІ ПРОПОЗИЦІЇ З РОЗРОБКИ ОНОВЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Бурлаченко									
Перевірив	Чубенко								2.1	21
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1		
Н. контр.	Чубенко									
Затвердив	Савельєв									

7) прокатування у чорнових клітках дрібносортового прокатного стану за розрахованими режимами обтиснення з метою отримання чорнового розкату. Під час прокатування використовують чорнові калібри в прокатних валках, що мають ящикову форму.

8) Прокатування у проміжних клітках прокатного стану, з використанням проміжних калібрів. Використовується система калібрів «ромб-квадрат». З метою забезпечення безперервності процесу прокатування робочі кліті чергують вертикальні з горизонтальними.

9) Прокатування у чистових клітках прокатного стану з метою отримання точних розмірів та форми квадрату. Для цього використовують чистову систему калібрів: ромб-квадрат.

10) Використання летючих ножиць для розрізання розкату на мірні довжини.

11) Охолодження розкату на холодильнику.

12) Виконання правильних операцій, абразивне притирання шліфувальними порошками з метою зменшення шорсткості поверхневого шару.

13) Термічна обробка квадрату з метою покращення механічних властивостей сталевих квадратів. З цією метою виконується нормалізація, суть якої полягає в нагріванні сталі, витримки з наступним охолодженням в повітрі. Сталь після нормалізації отримує дрібнозернисту, однорідну структуру.

14) контроль якості отриманого квадратного профілю: контроль поперечних розмірів та їх відхилень за допомогою шаблонів, визначення механічних властивостей металовиробу, контролювання вірності виконання кутів профілю, хімічний контроль матеріалу, який здійснюється в спеціальних лабораторіях.

15) Маркування готового прокатного виробу.

16) Пакування квадратного профілю у штаби.

Така послідовність технологічних операцій дозволить отримати якісний квадратний профіль зі стороною 26 мм з максимальною продуктивністю процесів.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.2

2.2 Розрахунок режиму обтиснення

Для отримання вірного профілю потрібно виконати п'ятнадцять проходів на прокатному стані ДС-250. Для розрахунку режимів обтиснення в роботі використано методику Чекмарьова [14].

Для отримання вірного профілю використовуємо систему чистових калібрів «ромб-квадрат», яка використовується в прокатних клітках № 15-11.

Для початку розрахунку потрібно визначити сторону квадрату з урахуванням мінусового допуску при звичайній точності профілю відповідно до стандарту [15].

Сторона квадрату з урахуванням мінусових допусків при звичайній точності квадратного профілю згідно з ГОСТ [15].

За стандартом квадратний профіль розміром 26 мм має граничні відхилення +0,2мм; -0,5мм. Тоді розмір отриманого виробу у холодному стані визначається за формулою:

$$c_x = C - \frac{\Delta}{2}, \quad (2.1)$$

де C –кінцевий розмір готового профілю, $C = 26$ мм;

Δ – мінусовий допуск за модулем, $\Delta = 0,5$.

$$c_x = 26 - \frac{0,5}{2} = 25,75 \text{ мм.}$$

Бік квадрату в гарячому стані, який виходить з останньої прокатної кліті урахуванням теплового розширення дорівнює:

$$c_r = 1,013 \times c_x, \text{ мм;} \quad (2.2)$$

$$c_r = 1,013 \times 25,75 = 26,08 \text{ мм.}$$

Площа чистового квадрату при виході з останньої прокатної кліті дорівнює:

$$F_{11} = 26,08^2 = 680,2 \text{ мм}^2.$$

Висота і ширина калібру визначимо за формулою:

$$h_{11} = b_{11} = 1,41 \times c_{15}. \quad (2.3)$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.3

Після підстановки, отримаємо:

$$h_{11} = b_{11} = 1,41 \times 26,08 = 36,8 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт витяжки у чистовому квадраті, що має поперечний розмір 26 мм, приймаємо за графіком (рис. 2.1) $\lambda_{11} = 1,14$. Тоді, площа передчистового ромба дорівнює:

$$F_{10} = F_{11} \lambda_{11}, \text{ мм}^2; \quad (2.4)$$

де λ – коефіцієнт витяжки;

F – площа поперечного перерізу смуги;

$$F_{10} = 680,2^2 \times 1,14 = 775,5 \text{ мм}^2.$$

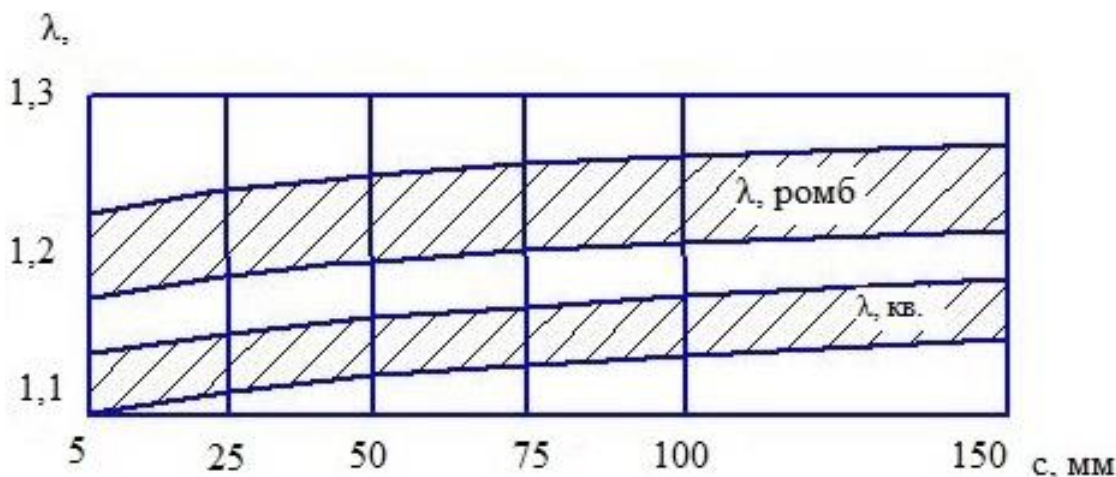


Рисунок 2.1 – Залежність коефіцієнтів витяжки у чистовому квадраті та передчистовому ромбі від розміру квадрата

Розширення ромбічної полоси у квадратному калібрі за графіком, що наведено на (рис. 2.2) для забезпечення витяжки $\lambda_{11} = 1,14$, отримуємо

$$\Delta b_{11} = 2,4 \text{ мм.}$$

Тоді, висота ромбу в калібрі № 9 буде визначатися за формулою:

$$h_{p10} = 1,41 \times c_{11} - \Delta b_{11}, \text{ мм;} \quad (2.5)$$

де Δb – розширення металу під час обтиснення;

c – бік квадрату.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш 2.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

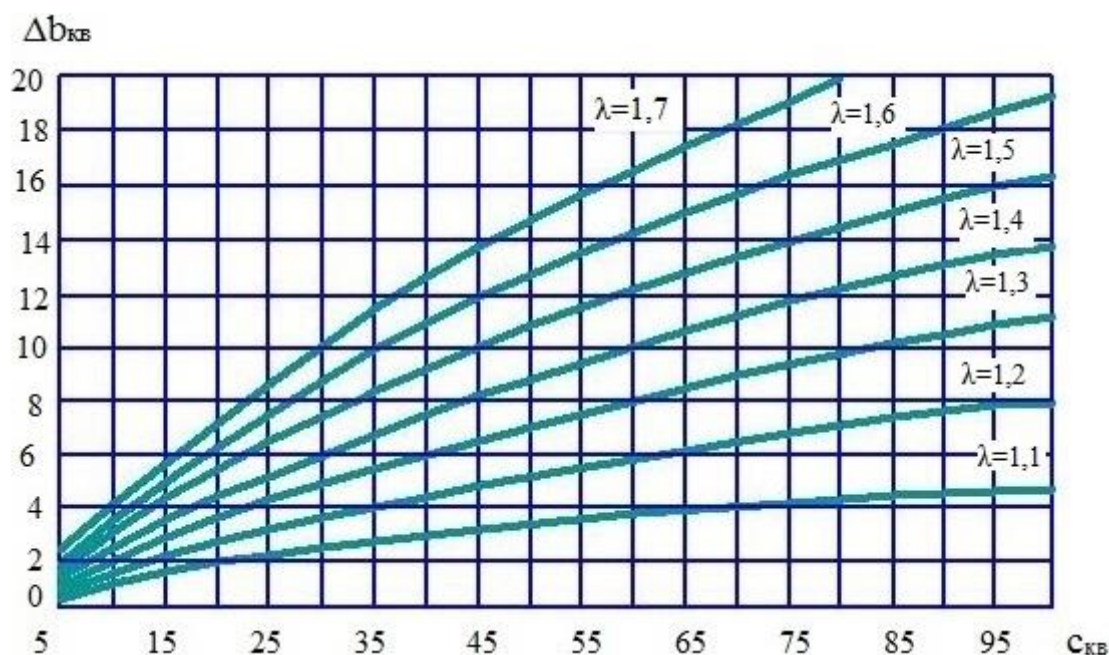


Рисунок 2.2 – Залежність розширення у квадратному калібрі від сторони квадрата і коефіцієнту витяжки

Після розрахунку, отримаємо:

$$h_{p10} = 1,41 \times 26,08 - 2,4 = 34,37 \text{ мм.}$$

Висота смуги в передчистовому калібрі визначається за формулою:

$$b_{p10} = \frac{2F_{p10}}{h_{p10}}, \text{ мм;} \quad (2.6)$$

Після підстановки відповідних значень, отримаємо:

$$b_{10} = \frac{2 \times 775,5}{34,37} = 45,1 \text{ мм.}$$

Обтиснення у останньому квадратному чистовому калібрі 15 визначаємо за формулою:

$$\Delta h_{10} = b_{11} - h_{11}, \text{ мм;} \quad (2.7)$$

$$\Delta h_{10} = 45,1 - 1,41 \times 26,08 = 8,3 \text{ мм.}$$

Кут захоплення визначається за формулою:

$$\alpha_{11} = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{15}}{D_{K15}} \right), \text{ рад.} \quad (2.8)$$

Катаючий діаметр останнього прокатного валка, який визначається за формулою:

$$D_k = D - h + S, \text{ мм}; \quad (2.9)$$

де D – номінальний діаметр валка, який дорівнює $D = 280$ мм;

S – величина зазору між валками у відповідній прокатній кліті, який дорівнює: $S_{11} = 2$ мм.

Визначаємо кут захоплення за формулою (2.8):

$$\alpha_{11} = \arccos \left(1 - \frac{8,3}{280 - 34,37 + 2} \right) = 0,296 \text{ рад} = 16^\circ.$$

Приймаємо коефіцієнт витяжки для передчистового ромбу в кліті №10: $\lambda_{10} = 1,18$, тоді площа передчистового квадрату в кліті №13, буде дорівнювати

$$F_9 = 1,18 \times 775,5 = 915,09 \text{ мм}^2.$$

Бік квадрату в кліті №13 дорівнює:

$$c_9 = \sqrt{915,09} = 30,25 \text{ мм}^2.$$

Висота та ширина 9-го калібру дорівнює:

$$h_9 = b_9 = 1,41 \times 30,25 = 42,7 \text{ мм}.$$

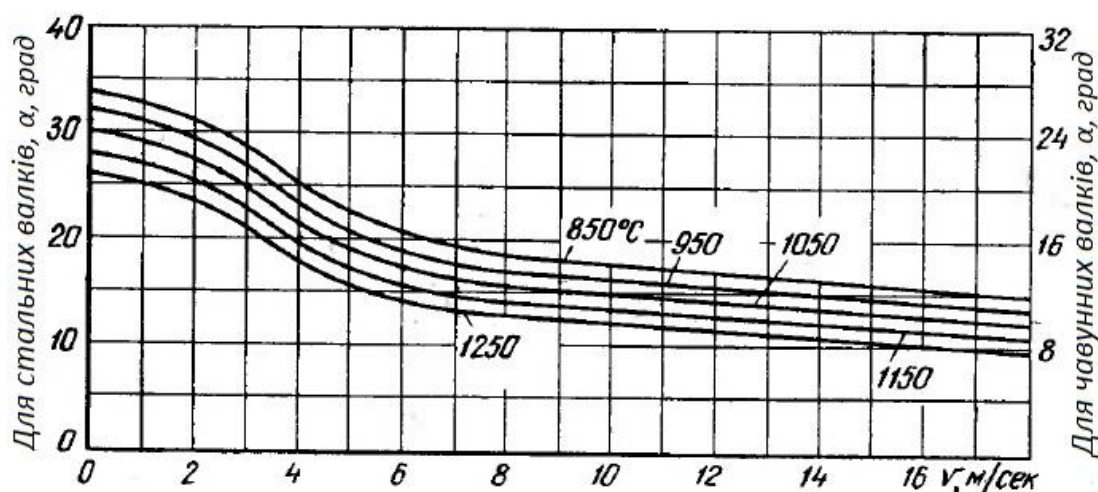


Рисунок 2.3 – Залежність кута захвату від температури та швидкості прокатування

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

За діаграмою (рис. 2.4) визначаємо, що коефіцієнт витяжки для квадрату в кліті №9 дорівнює $\lambda_9 = 1,19$, таку ж витяжку приймаємо і у поперечному ромбічному калібрі.

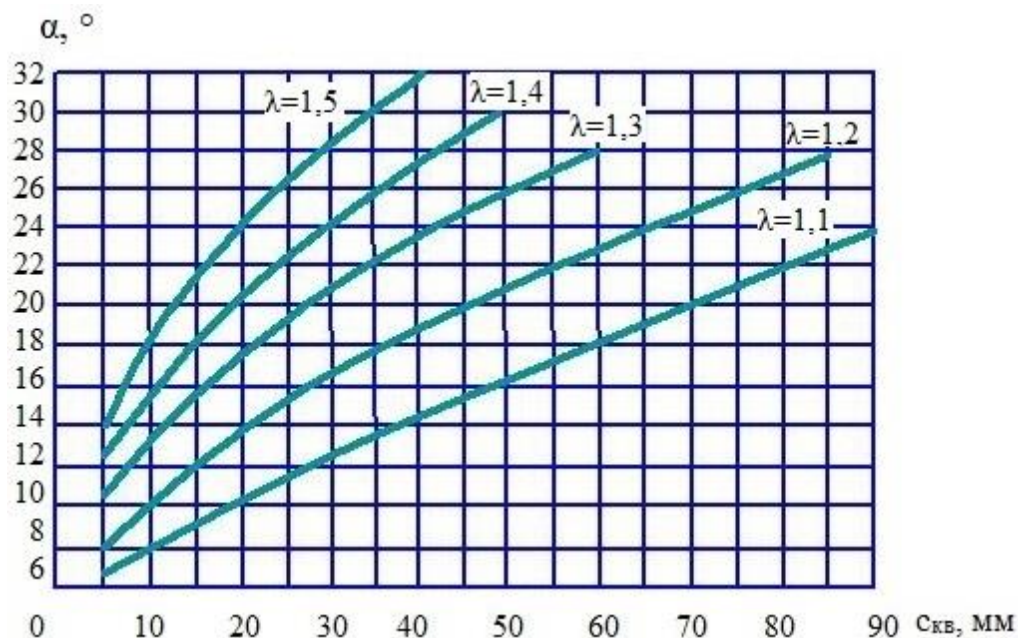


Рисунок 2.4 – Залежність витяжки у квадратному калібрі від кута захоплення

Визначаємо площу поперечного перерізу квадрату в калібрі №8 за формулою:

$$F_{\text{кв}7} = \lambda_{\text{р}8} \lambda_{\text{кв}7} F_{\text{кв}7}, \text{мм}^2; \quad (2.10)$$

$$F_{11} = 1,19 \times 1,19 \times 915,06 = 1295 \text{ мм}^2.$$

Бік квадрату кліті №7 дорівнює:

$$c_7 = \sqrt{1295} = 36 \text{ мм.}$$

Висота і ширина 7 калібру дорівнює:

$$h_{11} = b_{11} = 1,41 \times 36 = 50,76 \text{ мм.}$$

Визначимо геометричні розміри проміжного ромба за формулою:

$$\lambda_{\text{р}6} \lambda_{\text{кв}7} = \frac{c_{\text{кв}6}^2}{c_{\text{кв}7}^2}. \quad (2.11)$$

За графіком (див. рис. 2.4) для витяжки $\lambda_8 = 1,187$ і сторони квадрата $c_8 = 36$ мм розширення у квадратному калібрі №8 буде дорівнювати – $\Delta b_8 = 4$ мм.

Висоту і ширину ромба в калібрі №7 визначаємо за формулами (2.5) і (2.6):

$$h_8 = 50,76 - 4 = 46,76 \text{ мм};$$

$$b_8 = \frac{2 \times 1088}{46,76} = 46,5 \text{ мм}.$$

Для прокатних клітей № 7, 6, 5, 4 приймаємо коефіцієнти витяжки: $\lambda_7 = 1,3$; $\lambda_6 = 1,3$; $\lambda_5 = 1,3$; $\lambda_4 = 1,2$.

З врахуванням коефіцієнтів витяжки отримаємо в цих калібрах площі поперечного перерізу:

$$F_7 = 1295 \text{ мм}^2; F_6 = 1675 \text{ мм}^2; F_5 = 2177 \text{ мм}^2; F_4 = 2177 \text{ мм}^2.$$

Сьомий і п'ятий калібр мають квадратну форму зі стороною квадрату для п'ятого калібру буде дорівнювати:

$$c_5 = \sqrt{2177} = 46,65 \text{ мм}.$$

До першої чорнової кліті прокатного стану надходить безперервно-лита заготовка, що має розміри 80x80 мм. Ця заготовка знаходиться в гарячому стані при високій температурі.

Вихідні розміри безперервно-ливої заготовки наступні:

$$\text{Висота та ширина } h_0 \times b_0 = 80 \times 80 \text{ мм};$$

$$\text{площа поперечного перерізу } F_0 = 6400 \text{ мм}^2.$$

Визначимо та розподілимо обтиснення між чорновими прокатними клітями:

- для першої чорнової кліті, величина обтиснення буде дорівнювати:

$$\Delta h = 18 \text{ мм}.$$

Знайдемо висоту смуги після першої чорнової прокатної :

$$h_1 = 80 - 18 = 62 \text{ мм}.$$

Радіус калібру по дну калібру при зазорі між валками $S = 10$ мм, буде дорівнювати:

$$R_1 = \frac{400 + 10 - 62}{2} = 175 \text{ мм};$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
						2.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- катаючий діаметр для першої прокатної кліті буде рівним:

$$D_{к1} = 346 \text{ мм.}$$

Кут захоплення у першій прокатній кліті складає:

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h}{D} \right) = \arccos \left(1 - \frac{18}{346} \right) = 0,343 \text{ рад.} \quad (2.12)$$

З метою визначення показника ступень визначимо наступні показники:

$$R \cdot \alpha = 56 < h_{\text{ср}}: \text{показник ступеню дорівнює: } n = 2;$$

Величина розширення буде визначено за формулою Чекмарева :

$$\Delta b = \frac{2 \cdot \Delta h \cdot b_{\text{ср}} \cdot K_{\text{орг}}}{(H+h) \cdot \left[1 + (1+\alpha) \cdot \left(\frac{b_{\text{ср}}}{R \cdot \alpha} \right)^n \right]} \text{ мм.} \quad (2.13)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$\Delta b = \frac{2 \cdot 81 \cdot 18 \cdot 0,9}{(81+63) \cdot \left[1 + (1+0,343) \cdot \left(\frac{81}{56} \right)^2 \right]} = 4,8 \text{ мм.}$$

Ширина смуги в першій чорновій прокатній кліті буде дорівнювати:

$$b_1 = 80 + 4,8 = 84,8 \text{ мм.}$$

Розміри смуги після прокатування у першій чорновій кліті будуть дорівнювати:

$$h_1 \times b_1 = 63 \times 85,8 \text{ мм.}$$

Наступна кліть – друга чорнова, має ящикову форму поперечного перерізу.

В цій прокатній кліті виконується обтиснення, яке буде дорівнювати:

$$\Delta h = 17 \text{ мм.}$$

Смуга після прокатування у другій чорновій кліті отримує висоту:

$$h_2 = 62 - 17 = 45 \text{ мм.}$$

Радіус, що проходить по дну другого чорнового калібру при зазорі між валками: $S = 8 \text{ мм}$, дорівнює:

$$R_2 = \frac{400+8-45}{2} = 180 \text{ мм;}$$

- катаючий діаметр, що має друга прокатна кліть буде дорівнювати:

$$D_{к2} = 360 \text{ мм.}$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
						2.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кут захоплення смуги прокатними валками для другого проходу дорівнює:

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{17}{362} \right) = 0,308 \text{ рад.};$$

Додаток радіуса на кут захоплення прийме значення:

$$R \cdot \alpha = 181 \cdot 0,308 = 55,7 < h_{\text{cp}} = 85,8; n = 2;$$

- обтиснення металу при проході у другому калібрі буде дорівнювати:

$$\Delta b = \frac{2 \cdot 85,8 \cdot 17 \cdot 0,9}{(63+46) \cdot \left[1 + (1+0,308) \cdot \left(\frac{85,8}{55,7} \right)^2 \right]} = 6,0 \text{ мм};$$

Ширина смуги при виході з другого чорнового калібру буде дорівнювати:

$$b_2 = 85,8 + 6,0 = 91,8 \text{ мм.}$$

Розміри поперечного перерізу смуги після проходу в другому чорновому калібрі будуть дорівнювати:

$$h_2 \times b_2 = 46 \times 91,8 \text{ мм.}$$

Третю чорнову кліть розташовано горизонтально. Для виконання всебічного обтиснення потрібно виконати кантування смуги на 90° .

В третій прокатній кліті відбувається обтиснення на величину:

$$\Delta h_3 = 91,7 - 56,9 = 34,8 \text{ мм.}$$

Прокатні валки третьої кліті мають радіус:

$$R_3 = \frac{400+12-62}{2} = 175 \text{ мм.}$$

Третя прокатна кліть має катаючий діаметр, який дорівнює: $D_{\text{к3}} = 350 \text{ мм.}$

Кут захоплення при прокатуванні у третій прокатній кліті буде рівний:

$$\alpha = 0,448 \text{ рад.}$$

Показник ступеню для визначення розширення за формулою Чекмарьова, при відношенні:

$$R \cdot \alpha = 78,8 < h_{\text{cp}} = 46;$$

дорівнює: $n = 1$.

В третій прокатній кліті відбулося розширення металу, яке дорівнює:

$$\Delta b_3 = \frac{2 \cdot 46 \cdot 34,8 \cdot 0,9}{(91,7+56,9) \cdot \left[1 + (1+0,448) \cdot \left(\frac{46}{78,8} \right)^2 \right]} = 10,5 \text{ мм.}$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.10

Висота смуги після проходу в третій прокатній кліті буде дорівнювати з врахуванням розширення: $b_3 = 56,5$ мм.

На виході з третьої прокатної кліті, ми отримаємо смуги, що має розміри:
 $h_3 \times b_3 = 56,9 \times 56,5$ мм.

Усі розрахункові дані занесемо в таблицю 2.1.

За отриманими даними розрахуємо відносну деформацію для кожної кліті, яку потрібно витримати для отримання вірного квадрату з поперечним розміром 26 мм з безперервно-ливої заготовки 80×80.

Відносна деформація при прокатуванні визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100. \quad (2.14)$$

В чорновій, першій прокатній кліті відносна деформація буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \frac{80 - 62}{80} \cdot 100 = 22,5 \, \%.$$

В другій ящиковій чорновій прокатній кліті ступінь обтиснення дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{62 - 46}{62} \cdot 100 = 25,8 \, \%.$$

В третій прокатній кліті маємо:

$$\varepsilon = \frac{91,8 - 62}{91,8} \cdot 100 = 32,6 \, \%.$$

В четвертій прокатній кліті:

$$\varepsilon = \frac{62 - 55}{62} \cdot 100 = 11,3 \, \%.$$

В п'ятій прокатній кліті:

$$\varepsilon = \frac{95 - 66}{95} \cdot 100 = 30,5 \, \%.$$

В шостій прокатній кліті:

$$\varepsilon = \frac{66 - 53}{66} \cdot 100 = 19,7 \, \%.$$

В сьомій прокатній кліті

$$\varepsilon = \frac{53 - 51}{53} \cdot 100 = 3,8 \, \%.$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.11

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку обтиснення безперервно-литої заготовки 80×80 мм² для отримання квадратної сталі 26×26 мм²

Група клітей	№ кліті	Форма калібру	Розмір смуги			Коефіцієнт витяжки	Обтиснення мм	Кут захвату град.	Діаметр валків		Оберти валків об/хв	Швидкість прокатки м/с
			Н	В	F				D _б	D _к		
			мм	мм	мм ²				мм	мм		
Чорнова			80	80	6400							
	1	Ящиковий калібр	62	85,8	4940	1,29	16,0	17,4	400	345	250	4,35
	2	Ящиковий калібр	46	91,8	3800	1,3	29,8	17,9	400	360	330	6,21
	3	Ящечний квадрат	62	60	3147	1,2	34,8	24,5	400	350	345	7,45
Чистова і напівчистова	4	Проміжний ромб	55	95,0 1	2613	1,2	7	21,5	380	355	376	8,94
	5	Проміжний квадрат	65,7	65,7	2177	1,3	29,3	20,5	380	350	385	11,62
	6	Проміжний ромб	53	62,5	1675	1,30	11,3	21,0	380	355	380	15,1
	7	Проміжний квадрат	50,8	50,8	1292	1,30	11,8	19,0	380	360	395	19,64
	8	Проміжний ромб	46,76	46,5	1088	1,19	4	18,3	380	374	390	23,3
	9	Перед-чистовий квадрат	42,7	42,7	915,1	1,19	4	21,2	380	323	506	27,8
	10	Перед-чистовий ромб	34,37	45,1	775,5	1,18	5	11,3	380	331	513	32,8
	11	Квадрат	36,8	36,8	680,2	1,14	-	-	280	244	783	37,3

В восьмій проміжній прокатній кліті:

$$\varepsilon = \frac{51-47}{51} \cdot 100 = 25,8 \%$$

В дев'ятій прокатній кліті:

$$\varepsilon = \frac{47-43}{47} \cdot 100 = 7,9 \%$$

В десятій передчистовій ромбічній прокатній кліті відносно обтиснення буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \frac{43-34}{43} \cdot 100 = 20,9 \%$$

В одинадцятій чистовій прокатній кліті відносно обтиснення буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \frac{45-36}{45} \cdot 100 = 20,0 \%$$

Розраховану ступінь деформації занесемо в табл. 2.2.

З таблиці 2.1 видно форму чистових, проміжних та чорнових калібрів, що забезпечують потрібні режими прокатування, показано зміни розмірів смуги за проходами та коефіцієнту витяжки, що забезпечити отримання необхідних розмірів сталевго квадрату. З таблиці видно, що швидкість прокатування до останньої кліті збільшується

Наведені калібрування дозволять отримати вірний квадратний профіль зі стороною 26 мм з мінімальними відхиленнями за мінімальну кількість проходів. Розрахунки показали, що існує можливість скоротити кількість проходів при виготовленні сталевго квадрату з порівнянні з заводською технологією з 15 до 11. Таке скорочення забезпечує зменшення часу на виробництво і, відповідно, збільшення продуктивності процесу.

2.3 Розрахунок енергосилових параметрів прокатування

За таблицею 2.1 визначимо вихідні дані для розрахунку витрат енергії в першій прокатній кліті, що є чорною і має ящиківий калібр. В цей калібр надходить безперервно-лита, де і відбувається 1-ше обтиснення.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.13

Висота та ширина вихідної заготовки:

h_0, b_0 дорівнює $h_0 = 80$ мм, $b_0 = 80$ мм.

Після проходження в першій прокатній кліті смуга отримає розміри:

h_1, b_1 – висота і ширина розкату після прокатування;

$h_1 = 64$ мм, $b_1 = 86$ мм.

В розрахунках використовувалися наступні позначення:

- глибина врізання рівчака в калібр h_p ;
- ширина калібру по його дну b_n ;
- випуск калібру φ , %, який дорівнює в першому калібрі $\varphi = 17\%$;
- радіус прокатних валків по дну калібру R , дорівнює $R = 182$ мм;
- температура прокатування в першій прокатній кліті t , °C; $t = 1180^\circ\text{C}$;
- швидкість прокатування v , м/с; $v = 4,3$ м/с;
- початкова границя течії металу σ_{T0} , яка дорівнює $\sigma_{T0} = 81$ МПа.

Визначимо швидкість деформації матеріалу в першій чорновій кліті:

$$u = v \cdot \frac{\Delta h \cdot H}{\sqrt{R_d \cdot \Delta h}} = 3,1 \text{ с}^{-1}.$$

Відносне обтиснення в цій кліті дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100 = 22,5.$$

Термомеханічні коефіцієнти:

- коефіцієнт впливу температури:

$$k_t = 0,57 + 0,0045 \cdot (1200 - T) \cdot \sqrt{\frac{1200 - T}{T}} = 0,582; \quad (2.15)$$

- коефіцієнт впливу швидкості деформації:

$$k_u = 0,8 + 0,065 \cdot \sqrt{u} = 0,871; \quad (2.16)$$

- коефіцієнт впливу ступеню деформації:

$$k_\varepsilon = 0,82 + 0,082 \cdot \sqrt{\varepsilon} = 1,2. \quad (2.17)$$

Середнє значення напруження течії:

$$\sigma_{Tc} = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_u \cdot k_\varepsilon = 56 \text{ МПа}. \quad (2.18)$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.14

Коефіцієнт підпору дорівнює:

$$\frac{l}{h_c} = \frac{2 \cdot \sqrt{R_d \cdot \Delta h}}{h_0 + h_1} = 0,72. \quad (2.19)$$

$$\frac{l}{h_c} = 0,71 < 1.$$

$$n_p = \left(1 - \frac{l}{h_c}\right) + \frac{0,55}{\sqrt{\frac{1}{h_c}}} + 0,5 \left(\frac{l}{h_c}\right)^3. \quad (2.20)$$

Підставив відповідні значення, отримаємо:

$$n_p = (1 - 0,71) + \frac{0,55}{\sqrt{0,71}} + 0,5(0,71)^3 = 1,115.$$

Середній контактний тиск по дну калібру, що розташовано вертикально дорівнюється:

$$P_B = \sigma_T \cdot n_p = 56 \cdot 1,115 = 59,8, \text{ МПа}. \quad (2.21)$$

Середній контактний тиск, що діє на бокову поверхню калібру:

- коефіцієнт навантаження дорівнює:

$$\kappa = \frac{b_K - b_0}{(0,02 \cdot h_p \cdot \varphi)} = \frac{85 - 80}{(0,02 \cdot 18 \cdot 17)} = 0,82. \quad (2.22)$$

$$P_6 = P_B \cdot [0,006 \cdot \varepsilon + 0,11(1 + \kappa)^2 + 0,228], \text{ МПа}. \quad (2.23)$$

Підставив необхідні значення, отримаємо:

$$P_6 = 59,7 \cdot [0,006 \cdot 16,2 + 0,11(1 + 0,82)^2 + 0,228] = 35,7, \text{ МПа}.$$

Площа контакту інструменту з оброблюваним матеріалом дорівнює у вертикальній проєкції:

$$F_K = b_K \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} = 425 \text{ мм}^2. \quad (2.24)$$

Площа контакту горизонтальної проєкції бічної поверхні знаходиться за формулою:

$$F_6 = 0,02 \cdot \varphi \cdot h_p \left(0,84 \cdot \frac{h_3}{h_p} - 0,18\right) \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h}, \text{ мм}^2. \quad (2.25)$$

Після підстановки відповідних значень дорівнює:

$$F_6 = 0,02 \cdot 18 \cdot 28(0,84 \cdot 0,667 - 0,18) \cdot 48,8 = 113,1, \text{ мм}^2.$$

Відношення висот буде визначено за формулою:

$$\frac{h_3}{h_p} = 5 \cdot \left(\frac{b_K}{b_0} - 1\right) + 0,0325 \cdot \varepsilon - 0,028 \cdot \varphi + 0,305. \quad (2.26)$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.15

Після підстановки відповідних значень, отримаємо:

$$\frac{h_3}{h_p} = 5 \cdot \left(\frac{85}{80} - 1 \right) + 0,0325 \cdot 16,2 - 0,028 \cdot 17 + 0,305 = 0,67.$$

Повний тиск металу на прокатний валок визначається за формулою:

$$P = P_B \cdot F_K + P_6 \cdot F_6, \text{ кН}; \quad (2.27)$$

$$P = 59,8 \cdot 425 + 35,8 \cdot 113,1 = 253,9 \text{ кН}.$$

Момент, необхідний для деформації при проходженні в першій прокатній кліті визначається за формулою:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot P \cdot \Psi \cdot 1 \cdot 0,001, \quad (2.28)$$

де Ψ – коефіцієнт плеча, що визначається за формулою:

$$\Psi = 0,78 - 0,27 \cdot \frac{l_d}{h_c}. \quad (2.29)$$

При прокатуванні сортового профілів коефіцієнт плеча дорівнює:

$$\Psi = 0,57.$$

Після підстановки відповідних значень в формулу (2.28), отримаємо:

$$M_{\text{пр}} = 18,53 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Потужність, що витрачається на прокатування в першій прокатній кліті дорівнює:

$$N_d = \frac{M_{dv} \cdot n_{dv}}{9,75} = 201,5 \text{ кВт}.$$

Дале смуга надходить до другої чорнової прокатної кліті, яка має ящиківий калібр. Розрахунок енергосилових параметрів проводимо для цієї прокатної кліті за аналогічною методикою.

Такий розрахунок виконуємо за усіма прокатними клітями.

Дані розрахунку заносимо в табл. 2.2.

З таблиці 2.2 видно, що температура прокатування зменшується через те, що з часом матеріал охолоджується. Температура кінця прокатування дорівнює 900°C, що є цілком допустимо. Ступінь деформації залежить від величини обтиснення та розмірів розкатів. Границя течії матеріалу збільшується через те, що відбувається його охолодження та зміцнення металу від дії прокатних валків. Це все збільшує опір деформації.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.16

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку енергосилових параметрів прокатування сталевго квадрату 26×26 з безперервно-литої заготовки 80×80 мм

№ кліті	Форма калібру	Температура, °С	ϵ , %	ν , с ⁻¹	σ_t , МПа	P, кН	M _{пр} , кН·м	N, кВт
1	Ящиковий	1180	22,5	3,1	56,0	253,0	18,53	201,5
2	Ящиковий	1160	25,8	4,9	61,0	309,0	23,8	247,2
3	Ящиковий квадрат	1135	32,6	6,6	69,0	395,0	30,5	316,0
4	Проміжний ромб	1125	11,3	7,4	71,0	189,0	15,6	151,2
5	Проміжний квадрат	1115	30,5	13,7	74,0	365,0	28,1	292
6	Проміжний ромб	1110	19,7	14,2	85,0	255,0	19,7	204
7	Проміжний квадрат	1100	3,8	14,5	92,0	126,0	9,7	100,8
8	Проміжний ромб	960	25,8	15,8	96,0	227,5	17,5	181,0
9	Передчистовий квадрат	940	7,9	16,5	98,0	180,9	13,9	144,0
10	Передчистовий ромб	920	20,9	17,9	102,0	255,0	19,2	204,0
11	Чистовий квадрат	900	20,0	19,2	102,5	232,0	19,0	185,6

В порівнянні з заводською технологією через зменшення кількості проходів з 15 до 11 зменшуються витрати енергії.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.17

2.4 Розрахунок на міцність елементів конструкції основного устаткування

Відповідно до розрахунку енергосилових параметрів процесу прокатування (табл. 2.2) видно, що найбільш навантажена є прокатна кліть №3 через те, що на цій кліті відбувається сама висока ступінь деформації, тому, вона працює у важких умовах.

Згідно з таблицею 2.2 в прокатному третьому прокатному валку здійснюється деформація зі ступеню 32,6 %, форма калібру – ящиковий квадрат, що допускається для чорнового калібру на прокатному валку.

Сила прокатування, що діє на третій прокатний валок дорівнює: $P=395,0$ кН, в результаті чого виникає момент прокатування, який дорівнює: $M_{пр}=30,5$ кН·м та розвивається потужність на валу двигуна $N_{дв}=316$ кВт.

Прокатні валки третьої робочої кліті мають наступні розміри:

- номінальний діаметр $D_n = 400$ мм;
- робочий діаметр прокатних валків $D_p = 445$ мм
- довжина бочки валка $l_o = 600$ мм;
- діаметр шийки прокатного валка $d_{ш}=260$ мм;
- довжина шийки дорівнює $l_{ш}=295$ мм;
- відстань від центру опори до точки прикладення сили дорівнює: 447 мм.

Відстань між опорами дорівнює:

$$A = l_o + l_{ш} = 600 + 295 = 895 \text{ мм.}$$

Для розрахунку прокатного валка на міцність потрібно уявити його в якості балки, яка знаходиться на двох опорах. Ця балка навантажена силами прокатування та крутячими моментами. Схема навантаження залежить від умов прокатування та типу прокатної кліті.

Розрахуємо реакції, що виникають на шийках прокатного валка виходячи з рівноваги сил та моментів.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.18

Реакції визначимо за формулою:

$$R_1 = R_2 = \frac{P \cdot x}{A}, \text{ кН}; \quad (2.30)$$

де R_1, R_2 – реакції опор, які діють в шийці прокатного валка;

x – відстань від центру опори, що знаходиться в середині шийки прокатного валку, до точки прикладення сили, яка зосереджена в центрі прокатного валка;

A – відстань між центрами шийок валка.

Після підстановки отримаємо:

$$R_1 = R_2 = \frac{395 \times 447}{895} = 197,5 \text{ кН}.$$

Визначаємо згинаючий момент в перетині рівчака:

$$M_{зг} = R_1 \cdot x, \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.31)$$

$$M_{зг} = 197,5 \times 0,447 = 88,2 \text{ кН} \times \text{м}.$$

Епюри згинаючого та крутного моменту, що виникають від дії сил при прокатуванні наведено на рисунку 2.5.

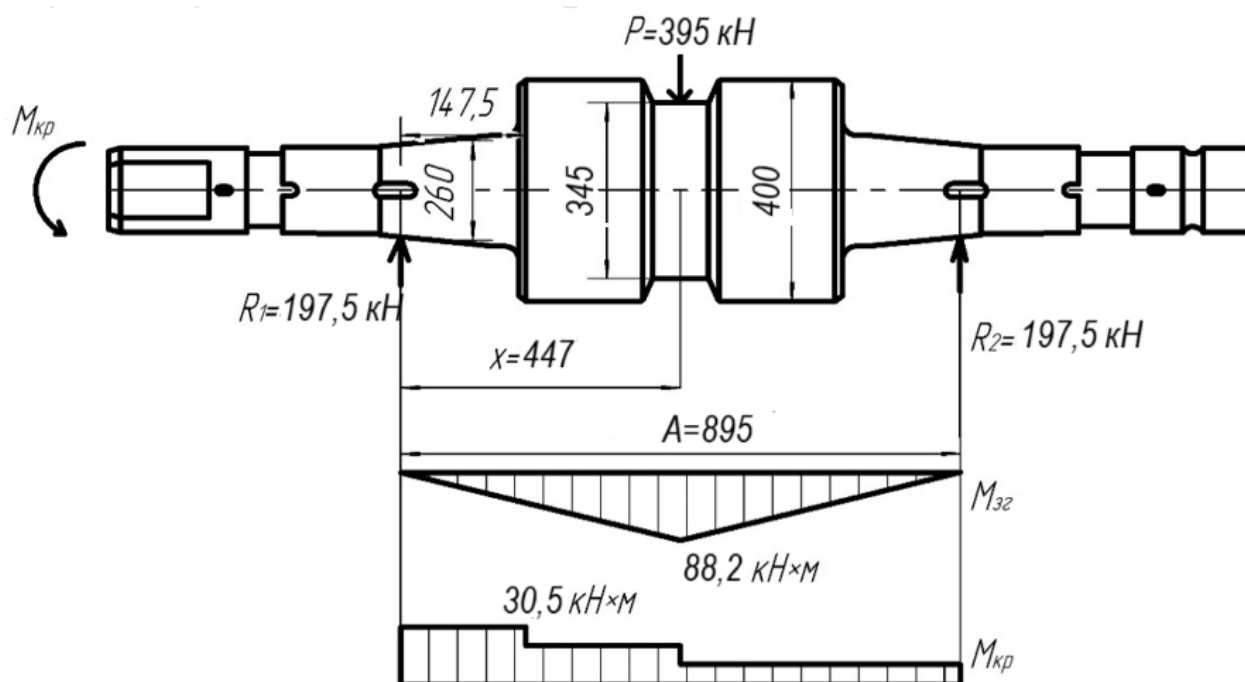


Рисунок 2.5 – Епюри згинаючого та крутячого моментів, що виникають при прокатуванні

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
						2.19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинаюча напруга, що виникає на прокатному валку визначається за формулою:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{0,1 \times D_K^3}, \text{ МПа}; \quad (2.32)$$

$$\sigma_{зг} = \frac{88,2 \times 10^{-3}}{0,1 \times 0,345^3} = 21,5 \text{ МПа.}$$

Напруження згинання на шийці прокатного валка визначається за формулою:

$$\sigma_{зг.ш} = \frac{R_1 \cdot l_{ш}}{0,2 d_{ш}^3}, \text{ МПа}; \quad (2.33)$$

де $d_{ш}$ – діаметр шийки валка;

$$\sigma_{зг.ш} = \frac{197,5 \cdot 0,295 \cdot 10^{-3}}{0,2 \times 0,260^3} = 16,57 \text{ МПа};$$

Напруження від дії крутячого моменту визначається за формулою:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2 d^3}, \text{ МПа}; \quad (2.34)$$

$$\tau_{кр} = \frac{30,5 \times 10^{-3}}{0,2 \times 0,260^3} = 8,6 \text{ МПа.}$$

Визначаємо сумарну напругу в привідній шийці чавунного валка марки СПХН 50 [8]:

$$\sigma_{ш} = 0,375 \sigma_{зг.ш} + 0,625 \times \sqrt{\sigma_{зг.ш}^2 + 4 \tau_{кр.ш}^2}, \text{ МПа}; \quad (2.35)$$

$$\sigma_{ш} = 0,375 \times 16,57 + 0,625 \times \sqrt{16,57^2 + 4 \cdot 8,6^2} = 21,1 \text{ МПа.}$$

Напруженні крутіння, що виникає під дією крутячого моменту визначимо за формулою:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2 \cdot d_2^3 - \frac{b \cdot h (2 \cdot d_2 - h)^2}{16 \cdot d_2}}, \text{ МПа}; \quad (2.36)$$

$$\tau_{кр} = \frac{30,5 \times 10^{-3}}{0,2 \times 0,230^3 - \frac{0,078 \times 0,026 (2 \times 0,230 - 0,026)^2}{16 \times 0,230}} = 13,8 \text{ МПа.}$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
						2.20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прокатні валки на чорнових проходах пропонується виготовляти зі сталі, а на чистових проходах з чавуну. В нашому випадку на чорнових проходах будемо використовувати прокатних валок з легованої сталі 9ХС. Допустима границя міцності для прокатного валка зі сталі 9ХС $\sigma_B=130$ МПа.

Визначимо запас міцності для прокатного валка, який розраховується за формулою:

$$n = \frac{\sigma_B(\tau_B)}{\sigma_{Зг}(\tau_{кр})}; \quad (2.37)$$

- в бочці валка – $n_6 = \frac{130}{21,8} = 6,97$;
- в шийці валка – $n_{ш} = \frac{130}{16,57} = 8,37$;
- в кінцевій частині валка – $n_{ш} = \frac{130}{16,8} = 8,35$.

За нормативами потрібно витримати п'ятикратний запас міцності. З розрахунків видно, що запас міцності перевищує п'ятикратний. Це свідчить про те, що прокатні валки будуть витримувати навантаження.

Таким чином пропонуємо режим обтиснення дозволяють отримати точний розмір сталевго квадрату за мінімальну кількість проходів не перевищуючі допустимі напруження на прокатний валок.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.02.ІПРОТ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.21

ВИСНОВОК

В дипломній роботі досягнуто мета та виконано основні задачі.

Було досліджено призначення квадратної сталі розміром 26 мм, визначено матеріал для її виготовлення, досліджено його хімічний склад, властивості та механічні характеристики.

Досліджено способи виготовлення сталевого квадрату та віддано перевагу гарячому прокатуванню через зручність його здійснення, можливість отримання точних квадратних виробів і високу продуктивність. Було досліджено будову та принцип дії обладнання для прокатування і надано перевагу безперервному дрібносортному прокатному стану ДС-250, який забезпечує отримання виробів потрібної форми та розмірів з високою продуктивністю процесу. Досліджено його принцип дії, наведено схему, визначено склад основного та допоміжного устаткування.

Досліджено способи виготовлення початкового матеріалу і надано перевагу безперервно-литій заготовці 80×80 мм. Така заготовка дозволить покращити внутрішню структуру матеріалу, скоротити кількість операцій, зменшити їх трудомісткість.

Досліджено способи безперервної розливки сталі на машині безперервного лиття, де було запропоновано для отримання сортової заготовки використовувати радіальну машину безперервної розливки, що забезпечить отримання якісного виробу. Визначено її переваги і недоліки, визначено технологічні параметри, склад машини безперервної розливки та досліджено її роботу.

Запропоновано послідовність операцій, що дозволяють отримати якісний виріб з безперервно-ливої заготовки.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.В						
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Бурлаченко			ВИСНОВКИ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко								1	2
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.		Чубенко									
Затвердив		Савельєв									

Визначено режими обтиснення, які дозволять отримати виріб точних розмірів та форми. Виявлено, що існує можливість скоротити кількість проходів в порівнянні з заводською технологією з 15 до 11 через зменшення маси вихідної заготовки.

Визначено витрати енергії на процес. Розрахунок прокатний валків на міцність довів, що вони витримують усі навантаження, що діють при деформацій.

Використання наведених технологій та обладнання дозволить отримати якісний сталевий профіль зі стороною квадрату 26 мм.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.В	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 136 «Металургія» усіх форм навчання / С.Г. Савельєв, Л.Н. Саїтгарєєв, В.А. Чубенко, Т.П. Ярош, І.Е. Скідін, А.А. Хіноцька. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2022. – 32 с.
2. Чубенко В.А., Хіноцька А.А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 170 с.
3. <http://www.arcelormittal.com/kryviyrih/>.
4. Sharp I.D. Meeting the challenge of small rolling mill design//Iron and Steel internacional. – 1979. – V52. – №2. – P.13-16.
5. Canadians license bar – slitting technology// Iron and Steel internacional. – 1978. – V51. – №1. – P.13-16.
6. Данченко В.М. Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник/ В.М. Данченко, В.О. Гринкевич, О.М. Головка – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
7. 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.
8. 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.
9. Енергетичний баланс та реологічні властивості осередку деформації при прокатуванні штаби гладкими валками. Монографія / М.М. Бережний, В.А. Чубенко, А.А. Хіноцька – Кривий Ріг: Діоніс. – 2011. – 120 с.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.Л				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРА	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Бурлаченко								
Перевірив	Чубенко						1	2	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.	Чубенко								
Затвердив	Савельєв								

10. 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 р. – № 43. – С. 36-41.

11. 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.

12. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: Монографія. – Кривий Ріг: Видавничий Дім, 2010. – 404 с.

13. Конспект лекцій з дисципліни Технологія процесів ОМТ: Основи калібровки валків для студентів напряму 6.050401 – Металургія (Обробка металів тиском) всіх форм навчання / М.М. Штода – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 88 с.

14. Чекмарев А.П. Калибровка прокатных валков: Учебное пособие/ А.П. Чекмарев, М.С. Мутьев, Р.А. Машковцев – Москва: Металлургия. – 1971. – 509 с.

15. ГОСТ 2591 – 2006. Прокат стальной горячекатаный квадратный. Технические требования – Введ. 2009–07 –01 – М.: Межгосударственный стандарт 10 с.

16. Разливка стали на 6-ти ручьевой сортовой машине непрерывного литья заготовок конверторного цеха. Технологическая инструкция. ТИ-189-КК-09-2014. – Кривой Рог: ПАО АрселорМиттал Кривой Рог. – 204 с.

17. Производство проката на непрерывных мелкосортных станах 25901, 2 и 3 СПЦ № 1. //Технологическая инструкция, ТИ 228-П1-01-2004, Кривой Рог, 2004. –106 с.

18. Кекух А.В. Производство проката на сортовой линии 250 прокатного цеха №3 ТИ228-ПЗ-01-2006: Технологическая инструкция/А.В. Кекух. – Кривой Рог: ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 2006. – 52 с.

					КНУ.РБ.136.25.149с-04.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2