

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

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної магістерської роботи

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

**Тема роботи: «РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШВЕЛЕРІВ»**

Виконав:
магістрант групи МЧМ-24-1м _____ Володимир БРИЩЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Нормоконтролер _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Завідувач кафедри _____ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг
2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую

Зав. кафедрою _____

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню магістерську роботу здобувача

_____ **Брищенко Володимир Олександрович** _____

1. Тема роботи: Розробка заходів з удосконалення технологічного процесу виготовлення швелерів _____

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

затверджено наказом по КНУ від «__ 08 __» _____ 07 _____ 2025 р. №__ 502с__

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

3. Вихідні дані до роботи: швелер №8П: ширина дорівнює 40 мм; висота – 80 мм; товщина стінки профілю дорівнює 4,5 мм; товщина полиці – 7,4 мм; довжина швелеру дорівнює від 2 м до 12 м; вага 1 погонного метру дорівнює 7,05 кг; радіус закруглення полиць – 3,5 мм; внутрішній радіус закруглення – 6,5 мм; площа поперечного перерізу профілю дорівнює $8,92 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$.

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

1. Аналіз будови та способів виготовлення металевих швелерів.
2. Удосконалення технології виготовлення швелеру.
3. Техніко-економічна оцінка результатів досліджень.
4. Еколого-санітарна оцінка результатів досліджень.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд швелеру. Конструктивне виконання швелеру. Прокатування швелерів. Технологічні операції з виготовлення швелеру. Способи прокатування швелерів. Побудова розгорнутої калібровки фасонних швелерних калібрів. Розгорнутий швелерний калібр. Розміри чорнового та чистового калібрів. Розрахункові коефіцієнти та параметри.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план

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

Дата видачі завдання: «__08__» _____ 07_____ 2025 р.

Здобувач _____ Володимир БРИЩЕНКО

Керівник випускної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи на тему:

«Розробка заходів з удосконалення технологічного процесу виготовлення швелерів»

Обсяг роботи: пояснювальна записка 83 стор., 10 табл., 13 рис, 26 використаних джерел.

Мета роботи: розробити оновлену технологію виготовлення швелера за рахунок удосконалення режимів обтиснення.

Об'єкт дослідження: прокатування швелерів.

Предмет дослідження: дослідження режимів обтиснення при виготовленні швелера

Методи дослідження: теоретичний аналіз процесів гарячого прокатування, розрахунковий метод режимів обтиснення та калібрування прокатних валків для отримання точних форм та розмірів швелеру, дослідження ефективності процесу

Результати роботи: визначено способи та матеріал для виготовлення швелеру, проаналізовано використане обладнання, його склад та будову, розраховано режими обтиснення та калібрування прокатних валків, що забезпечують отримання вірного профілю, визначено техніко-економічні показники пропонуємих заходів, зроблено санітарно-екологічну оцінку прийнятих рішень.

ШВЕЛЕР, РОКАТУВАННЯ, ПРОКАТНИЙ СТАН, РЕЖИМ
ОБТИСНЕННЯ, КАЛІБРУВАННЯ

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.Р						
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Бриценко			РЕФЕРАТ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко								1	1
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м			
Н. контр.		Чубенко									
Затвердив		Савельєв									

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

Перв. примен.		№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание	
		1							
		2	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.ПЗ	Пояснювальна записка	83			
		3							
		4			Графічна частина				
		5			(Презентація)				
Справ. №		6	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.01	Загальний вигляд швелеру	1			
		7	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.02	Матеріал для виготовлення				
		8			швелеру	1			
		9	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.03	Конструктивне виготовлення				
		10			швелеру	1			
		11	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.04	Прокаткування швелерів	1			
		12	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.05	Технологічні операції по				
		13			виготовленню швелеру	1			
		14	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.06	Способи прокатування швелерів	1			
Підп. и дата		15	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.07	Подбуда розгорнутої калідровки				
		16			фасонних швелерних калідрів	1			
		17	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.08	Розгорнутий швелерних калідр	1			
		18	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.09	Ескіз передчистового калібру та				
Інв. № дубл.		19			розташування лживих фланців	1			
		20	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.10	Розміри чорного та чистового калідрів	1			
		21	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.11	Розрахункові коефіцієнти та параметри	1			
Взам. інв. №		22	A4	КНУ.РМ.136.25.502с-02.12	Техніко-економічні показники	1			
		23							
		24							
Підп. и дата									
Інв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.РМ.136.25.502с-02.В0 Відомість об'єму матеріалів кваліфікаційної роботи Чертеж общего вида		
		Разраб.	Брищенко						
		Проб.	Чуденко						
		Н.контр.	Чуденко						
		Утв.	Савельєв						
		Лит.	Лист	Листов					
		р	м	1	1				
		кафедра МЧМ/В							
		група МЧМ-24-1м							

Копировав

Формат А4

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ.....	5
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ШВЕЛЕРІВ.....	9
1.1 Загальна характеристика швелера.....	9
1.2 Матеріал для виготовлення швелера.....	13
1.3 Способи виготовлення металевих швелера.....	15
1.4 Прокатування швелеру.....	16
1.5 Технологічні операції з виготовлення швелера.....	20
1.6 Обладнання для прокатування швелера.....	22
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ШВЕЛЕРУ.....	28
2.1 Обґрунтування схеми прокатування швелерів.....	28
2.2 Особливості формування профілів.....	33
2.3 Визначення кількості проходів для отримання швелера.....	36
2.4 Калібрування профілю швелера.....	37
2.5 Розрахунок оновленого калібрування.....	46
2.6 Висновки до розділу.....	51
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	52
3.1 Заходи з удосконалення технології виготовлення швелеру.....	52
3.2 Виробнича програма на рік.....	52
3.3 Амортизаційні витрати основних засобів.....	55
3.4 Вартість матеріальних ресурсів, витрачених на виготовлення швелерів.....	57
3.5 Розрахунок фонду заробітної плати.....	58
3.6 Визначення собівартості швелерів.....	61
3.7 Висновки до розділу.....	65
4 САНИТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ....	67
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.3							
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Брищенко			ЗМІСТ				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко									1	1
Рецензент												
Н. контр.		Чубенко							Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м			
Затвердив		Савельєв										

ВСТУП

Одним з головних напрямків розвитку металургії України є необхідність в утворенні прогресивних технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати, підвищити якість та конкурентоспроможність продукції, що виготовляється промисловістю. Металургія, яка є досить металоємною областю, не в змозі часто виконувати масштабне переозброєння, через це технологічні процеси, що створюються, повинні мати довгострокову перспективу збереження досить високого рівня. Поглиблені уявлення про процеси прокатного виробництва дозволяють дати дійсну кількісну оцінку явищам, що мають місце в осередку деформації, що дозволяє проектувати ресурсозберігаючі та енергозберігаючі технології.

Кінцева продукція металургійного виробництва – це металеві вироби, що застосовуються в багатьох галузях народного господарства. До таких виробів відноситься швелер. Такий виріб застосовується в різних сферах промисловості: частіше за все в будівництві, сільському господарстві, меблевій промисловості.

Металевий швелер виготовляється за допомогою обробки металів тиском, а саме прокатуванням.

Прокатування є кінцева стадія усієї металургійної промисловості, що забезпечує виготовлення якісного продукту. Забезпечення вимог споживачів часто викликає додаткові ускладнення при виробництві металопрокату.

До швелера пред'являють високі вимоги з міцності, стійкості, точності розмірів, що забезпечує вірно вибраний матеріал та чітко визначена технологія виробництва. Удосконалення технологічного процесу виготовлення швелерів спрямоване на зменшення енерговитрат, кількості проходів між розкату між прокатними клітьми та зносу валків, що досягається шляхом оптимізації деформації металу.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.ВС						
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Бриценко			ВСТУП			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко							1	2	
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м			
Н. контр.		Чубенко									
Затвердив		Савельєв									

Також покращення стосуються властивостей самого виробу: підвищення міцності шляхом модифікації поперечного перерізу.

При виготовленні швелеру потрібно передбачити розширення технологічних можливостей виробників в частині мінімізації витрат та задоволення зростаючих вимог споживачів на що і спрямовано дану роботу. Тому розробити заходи з удосконалення технології виробництва швелерів – є задача досить актуальна.

Постійно пропонуються нові способи виготовлення швелерів або їх удосконалення за рахунок використання більш досконалих режимів обтиснення, обладнання та інструменту.

Мета роботи: розробити оновлену, технологію виготовлення швелера за рахунок удосконалення режимів обтиснення.

Для досягнення мети потрібно виконати наступні задачі дослідження:

1. Дослідити будову і призначення швелеру.
2. Визначити матеріал для виготовлення швелеру, дослідити його хімічний склад, характеристики та властивості.
3. Обрати обладнання для прокатування швелеру, дослідити його склад, будову та принцип дії.
4. Запропонувати удосконалену технологію з виготовлення швелеру за рахунок оновлення режимів обтиснення
5. Визначити режими обтиснення та калібрування прокатних валків, що забезпечать виготовлення швелера точної форми та потрібних розмірів при мінімальних витратах енергії.
6. Виконати техніко-економічну оцінку пропонуємих заходів;
7. Виконати санітарно-економічну оцінку пропонуємих заходів.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.ВС	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ШВЕЛЕРІВ

1.1 Загальна характеристика швелера

Швелер – це металевий виріб, який має П-подібну форму та виготовляється з низьковуглецевих та низьколегованих сталей. Швелер – це достатньо жорсткий виріб, який витримує згинаючі та стискаючі навантаження, які діють на нього. На даний момент металеві швелери різних типів відносять до більш стійких та довговічних виробів.

Швелер складається зі стінки та двох полиць, які мають перпендикулярне розташування по відношенню до стінки та заокруглені внутрішні переходи від стінки до полиць. Загальний вигляд швелера показано на рис. 1.1, де видно особливості його конструкції.

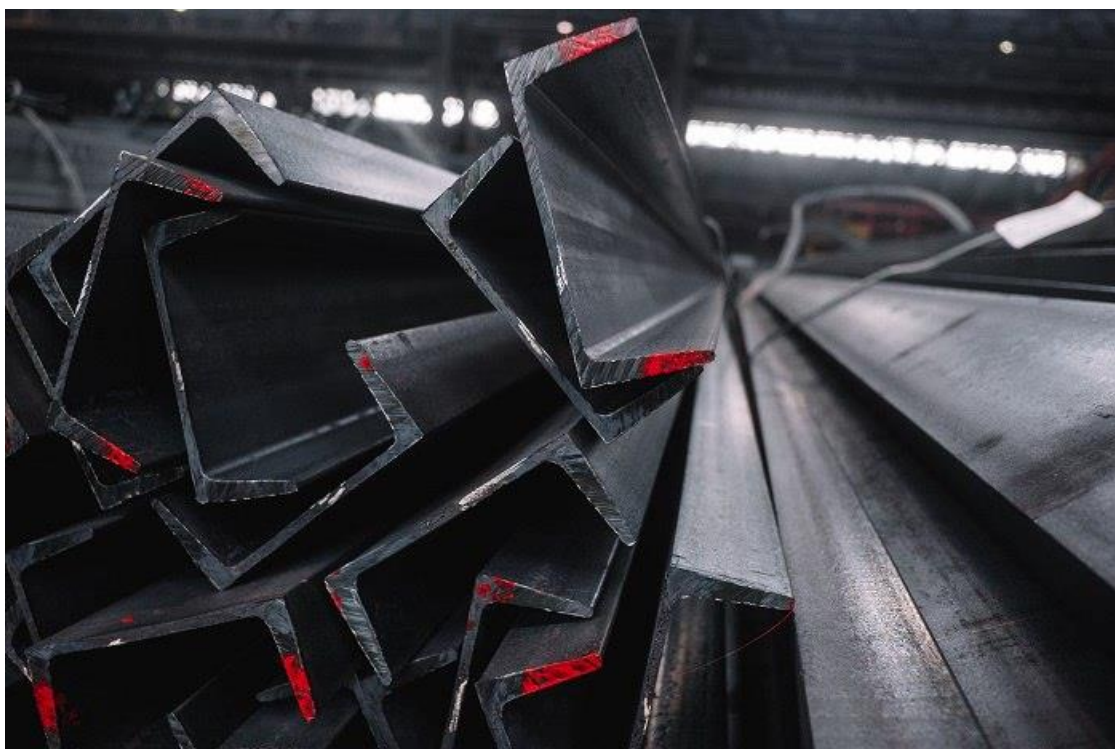


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд швелеру

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ШВЕЛЕРІВ		
Розробив	Бриценко						
Перевірив	Чубенко						
Рецензент							
Н. контр.	Чубенко						
Затвердив	Савельєв				Літ. Аркуш Аркушів 1.1 19 Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м		

Швелери можуть виконуватися з нахиленими гранями полиць та з паралельними (рис 1.2).

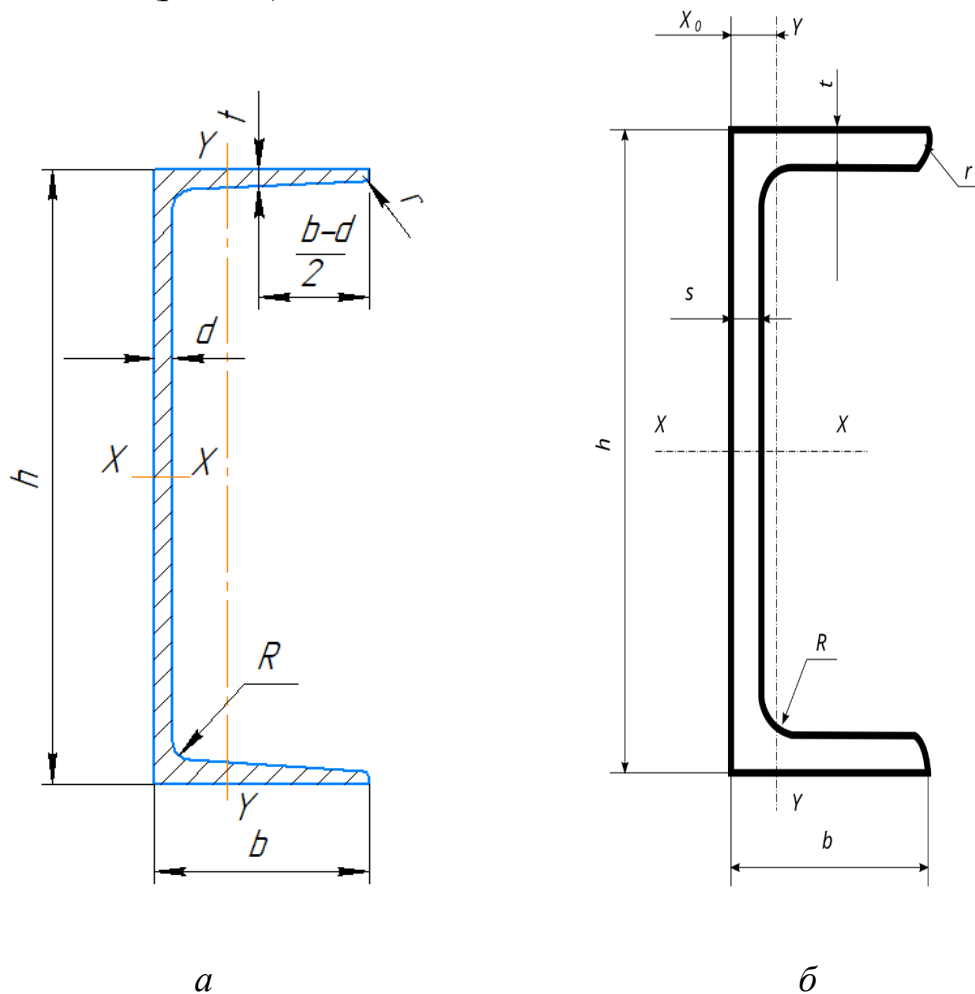


Рисунок 1.2 – Конструктивні виконання швелеру: *а* – з нахиленими гранями полиць; *б* – з паралельними гранями полиць

Відповідно до ДСТУ 8806/ГОСТ 8281 гнутий швелер виготовляється в трьох класах точності:

- А – високій;
- Б – підвищений;
- В – звичайний.

Здатність зварюватись, різатися й клепатися в поєднанні з досить високою жорсткістю та механічною міцністю зумовили широке застосування швелерного прокату в різних галузях та його різноманітний сортамент.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маркують швелер числом, що позначає його висоту в сантиметрах, або трьома числами, що позначають його висоту, ширину і товщину профілю. На особливість профіля вказує літера: У – виконується з ухилом внутрішніх граней полиці, П – швелер має паралельні полиці, Е – економічні профілі, Л – легкої серії, С – спеціальні.

Швелер характеризується наступними показниками:

- висота швелеру: h ;
- товщина полиці швелеру: t ;
- ширина полиці швелеру: b ;
- товщина стінки швелеру: d ;
- радіус закруглення полиці: r ;
- площа поперечного перерізу швелеру: F ;
- радіус внутрішнього закруглення при переході від стінки до полиці: R ;
- відстань від осі Y-Y до зовнішньої грані стінки швелеру: X_0 ;
- момент інерції I_X, I_Y ;
- момент опору W_X, W_Y ;
- радіус інерції i_X, i_Y .

Висота швелеру може бути рівною від 50 мм до 400 мм, що відповідає номерам швелеру від №5 до №40. Від номеру швелера залежить його довжина. Так швелери, що мають номери від №5 до №8 виготовляють довжиною від 5 до 12 м. Швелера, які мають номери від №10 до №18 виготовляють довжиною від 5 до 18 м, а швелера, які мають номери від №20 до №40 виготовляють довжиною від 6 до 19 м.

Швелер є дуже затребуваним виробом, який важливим елементом опорних конструкцій. Через це швелер використовують в багатьох галузях народного господарства: в будівельній промисловості та машинобудуванні, у автомобілебудуванні та вагонобудуванні, верстатобудуванні, в галузі домашнього господарства, при створенні малих архітектурних форм.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швелер – це той тип металоконструкцій, що здатен витримувати великі вертикальні навантаження.

В будівництві за допомогою швелера будують каркаси стін, який використовується при будівництві гаражів, є основою конструкції при створенні робочих приміщень та складів. Такий каркас добре витримує вертикальні навантаження. Використовуючи швелер монтують покрівлю дахів в багатьох випадках приватного будівництва. Профілі швелерів здатні витримувати досить великі несучі навантаження, які діють на нього під час роботи.

З металевго швелеру можна виготовити міцні рами для вікон та дверей. Швелер незамінимий елемент для створення: бортових та тентових напівпричепів, рефрижераторів, трейлерів. Зі швелерів для цих виробів створюють основу конструкції: підлоги, стін та даху напівпричепів. Також швелер використовується для створення міжповерхових перекриттів різної конфігурації. Швелер широко використовується для армування бетонних конструкцій фундаментів та стін, що дозволяє їх посилити та збільшити їх міцність та зносостійкість. Швелер широко використовується при виготовленні різних опор: опор для ЛЕП, опорних конструкцій в стоянках для автомобілей. Швелер можна використовувати для створення сходових прольотів.

Швелер широко використовують в машинобудуванні та в транспортному устаткуванні. Зі швелерів виготовляють різні елементи верстатів, застосовують при спорудженні підтримувальної структури та в корпусах промислового обладнання, для побудови вагонів та інших елементів залізничного транспорту. Також швелер можна використовувати як елемент конструкцій автомобілів та напівпричепів, для збирання естакад та ферм. Зі швелерів виготовляють пандуси для візки та колясок у супермаркетах та інших приміщеннях. Швелер можна використовувати для створення захисних коробів при побудові інженерних комунікацій.

Швелер застосовують як опору в радіаторі, можна використовувати для створення ложбин для води, для утворення водовідведення.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конфігурація внутрішніх граней швелера має суттєвий вплив на параметри стійкості та жорсткості при статичних і динамічних навантаженнях та деформаціях.

Враховуючи те, що швелер випускається двох видів: з прямими та нахиленими полицями, при створюванні відповідних конструкцій замінювати один вид на інший суворо заборонено, через те, що така заміна може призвести до зменшення міцності швелера, що погіршить службові властивості усього устаткування, або може виникне збільшення вартості конструкції.

1.2 Матеріал для виготовлення швелера

Для виготовлення металевго швелера широко використовується низьковуглецева низьколегована конструкційна сталь марки 09Г2С, відноситься до якісної сталі. Використовується в дуже багатьох сферах народного господарства. Сталь 09Г2С – це конструкційна низьколегована сталь.

Такий матеріал має відмінні фізико-хімічні та механічна властивості. Він відмінно піддається зварюємості, достатньо високу міцність, високу стійкість при роботі на низьких температурах.

У своєму складі така сталь має вміст вуглецю в межах 0,09-0,12 %, що показує низький його вміст, через що дану сталь відносять до низьковуглецевих сталей. Але цей показник є достатнім для забезпечення високої міцності матеріалу швелера.

Також цей матеріал містить у своєму складі марганець і кремній, які забезпечують підвищення міцності виробу.

Ми бачимо, що такий матеріал можна використовувати для виготовлення виробів, що здатні працювати у важких умовах та при низьких температурах. Сталь добре протистоїть корозії, що дозволяє їй працювати в агресивних середовищах. Тому зі сталі 09Г2С можна виготовляти крім швелера також і інші важко навантажені вироби, що можуть працювати в агресивних середовищах, в нафтогазовій промисловості, судно будівництві, будівництві котлів, мості та інших споруд. Відмінна зварюваність цього матеріалу дозволяє використовувати

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

його в складних зварних конструкціях, що будуть довготривало працювати, не утворюючи тріщини або інших дефектів.

Сталь 09Г2С добре витримує як динамічне, так і статичне навантаження.

Але у разі потреби через відсутність даної марки стали можна виконати її заміну на сталь 10ХСНД. Така сталь також відноситься до низьколегованої конструкційної сталі широкого застосування. Ця сталь має низький вміст вуглецю та легуваних компонентів. У своєму складі вона має наступні домішки: хром, нікель, мідь тощо, але їх частка не велика і складає менше 4,5 %.

Сталь 10ХСНД з успіхом можна використовувати як конструкційний матеріал при створенні устаткування, що мають високу ступінь надійності та застосовується в вагонобудуванні, суднобудуванні, вагонобудуванні, енергетиці, хімічному машинобудуванні. Такий матеріал добре застосовується для створення зварних конструкцій, має високу стійкість та добрі хімічні властивості. Така сталь добре зварюється усіма видами зварювання, добре обробляється різальними інструментами.

Хімічний склад сталей марок 09Г2С та 10ХСНД наведено в таблиці 1.1, де показано вміст усіх легуючих елементів, що входять в склад цих марок сталей.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу для виготовлення швелеру

Марка сталі	Fe	C	Ni	Si	Mn	S	P	Cu	Cr	V
09Г2С	96-97	0,12	<0,3	0,5-0,8	1,3-1,8	<0,035	<0,03	0,2-0,3	<0,3	<0,12
10ХСНД	96-97	0,12	0,5-0,8	0,8-1,1	0,5-0,8	<0,035	<0,03	0,4-0,6	0,6-0,9	<0,12

Для розробки удосконаленої технології зупиняємося на марці 09Г2С, яка має наступні механічні характеристики матеріалу:

- межа міцності матеріалу дорівнює 430 МПа;
- межа плинності дорівнює 325 МПа;
- відносне подовження складає 21%.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.6

1.3 Способи виготовлення металевих швелерів

Металевий швелер можна виготовити двома способами:

- спосіб гарячого прокатування крупногабаритних матеріалів (зливків, блюмів, слябів) на прокатних станах з використанням спеціальних прокатних валків;
- спосіб холодної деформації металевої смуги на профілезгинаючих агрегатах.

Спосіб виготовлення металевого швелера має суттєвий вплив на його властивості та характеристики такі, як:

- міцність швелера;
- стійкість до крутіння та згинання;
- жорсткість.

Швелери, які отримані гарячим прокатуванням, мають більш високу міцність, але для його отримання потрібно більш складне устаткування.

Гнуті швелери мають меншу вагу та вартість, виготовляють їх в досить широкому сортаменті, але вони мають не велику міцність, не витримують суттєві навантаження при роботі.

Для здійснення процесу гарячого прокатування металевого швелеру застосовують сортові прокатні стани гарячого прокатування, де відбувається пластична деформація оброблюваного матеріалу. Завдяки здатності матеріалу до пластичної деформації отримується швелер необхідної форми та розмірів. Пластична деформація дозволяє отримати необхідну структуру оброблюваного матеріалу. Це забезпечує отриманий швелер з поліпшеними службовими характеристиками та властивостями міцності.

У випадку виготовлення швелеру методом згинання в холодному стані потрібно використовувати профілезгинальні верстати. В якості вихідного матеріалу використовують та холодно- або гарячекатану рулонна сталь вуглецевих й низьколегованих марок. При використанні цього способу може бути

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримано в структурі оброблюваного матеріалу термічні напруження через які можуть виникнути технологічні дефекти.

Технологія отримання швелеру холодною деформацією має свої особливості, через що профіль гнутого швелеру характеризується наступними чинниками:

- має округлу форму зовнішніх кутів;
- має ідентичну товщину за усім поперечним перерізом;
- має низькі властивості міцності;
- має достатньо високу якість поверхні.

До недоліків гнутих швелерів потрібно віднести те, що вони при певних навантаженнях при певних зовнішніх навантаженнях можуть мати меншу несучу здатність і жорсткість у порівнянні з гарячекатаними швелерами. Через це, їх бажано використовувати в мало навантажених конструкціях.

Для розробки оновленої технології виготовлення металевго швелеру зупиняємося на методі гарячого прокатування на прокатних станах. Такий спосіб дозволить отримати виріб, що має ряд переваг над методом холодної деформації, а саме:

- досить висока міцність та жорсткість;
- висока стійкість до деформації та осьових напружень;
- добра несуча здатність.

Перелічені властивості дозволяють використовувати швелер, який отримано гарячим прокатуванням, при будівництві об'єктів підвищеного рівня безпеки, він може витримувати значні статичні та динамічні навантаження.

1.4 Прокатування швелеру

Процес прокатування – це втягування матеріалу, що оброблюється, в зазор між двома прокатними валками, які обертаються. Процеси прокатування дозволяють отримати вироби, які мають визначену форму, розміри та точність. Прокатування можливе завдяки здатності матеріалу до пластичної деформації.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд прокатування

Процеси прокатування класифікують за декількома ознаками:

- за температурою;
- за взаємним розташуванням осей оброблюємого матеріалу та інструменту;
- за зміною зазору між прокатними валками;
- за наявністю зовнішніх сил.

За температурою процеси прокатування можуть відбуватися у холодному та гарячому стані. У холодному стані прокатування відбувається без попереднього підігрівання матеріалу, при кімнатній температурі. Такий вид прокатування використовується для обтиснення легкодеформуємих металів та сплавів, наприклад, алюмінію, та для прокатування дрібних та тонких виробів, наприклад, прокатування тонколистової сталі.

Для масивних складних виробів, де потрібно виконати великі обтиснення, використовуються гаряче прокатування, яке складається в попередньому нагріванні перед обтисненням. В такому стані матеріал має менший опір

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пластичній деформації, більшу пластичність, легше деформується. Температура нагрівання залежить від марки матеріалу, що обробляється і повинна бути меншу за температуру фазового перетворення.

При прокатуванні швелерів на чорнових проходах виконуються великі, складні, нерівномірні обтиснення, що можна виконати тільки з попереднім нагріванням оброблюваного матеріалу. В зв'язку з цим для отримання швелеру будемо використовувати гаряче прокатування.

За взаємним розташування осей оброблюваного матеріалу та інструменту процеси прокатування поділяють на:

- поздовжнє прокатування;
- поперечне прокатування;
- поперечно-гвинтове або косе прокатування.

При поздовжньому прокатуванні ось прокатних валків розташовано перпендикулярно до осі оброблюваного матеріалу. При цьому виді прокатування валки обертаються назустріч один до іншого, а оброблюваний матеріал рухається тільки вперед. Таким способом прокатується більшість сортових профілів.

При поперечному прокатуванні осі прокатних валків і матеріалу, що деформується, розташовано паралельно. Прокатні валки і оброблюваний матеріал утворюють обертальний рух. Такий спосіб використовується для отримання виробів, що мають циліндричну форму: валів, шестерен, осей, зубчастих коліс, коліс залізничного транспорту, втулок тощо.

Поперечно гвинтове прокатування характеризується тим, що осі прокатних валків перехрещуються на де-який кут. Ось оброблюваного матеріалу поділяє цей кут перехрещення навпіл. Обидва валки здійснюють обертальний рух в один і той же бік. Оброблювана заготовка здійснює як обертальний рух, так і поступальний. Цей вид прокатування широко використовується при виробництві труб для виконання прошивання суцільної заготовки.

Для отримання швелера потрібно використовувати поздовжнє прокатування.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За взаємодією оброблюваного матеріалу та прокатних валків процеси прокатування поділяють на симетричні та не симетричні. У випадку, коли діаметри прокатних валків однакова, силова взаємодія верхнього і нижнього прокатного валку дорівнюють між собою, то прокатування має назву симетричного. У іншому випадку несиметричне.

Для отримання швелера потрібно складна не рівномірна взаємодія прокатного валку та оброблюваного матеріалу.

В результаті прокатування відбувається обтиснення і розширення матеріалу, зменшення його поперечного перерізу, збільшення його довжини, утворюється осередок деформації. Таким чином завдяки процесам прокатування отримуються різні профілі, що входять до сортаменту прокатного стану.

Профілі, що отримано прокатуванням – це стандартизовані профілі, постачаються за різними технічними умовами, які мають визначені вимоги до хімічного складу матеріалу, до його механічних властивостей, мікро- та макроструктури матеріалу, до термічної обробки, до поверхневого шару отриманого виробу, до розмірів та їх граничних відхилень, вказується правила приймання, методи випробування, контролювання, маркування тощо.

Прокатування швелеру – це процес, під час якого нагрітий матеріал обтискається прокатними валками у пластичному стані, де здійснюється пластична деформація, в результаті чого матеріал набуває визначену форму та розміри, надаючи форму швелера.

В результаті прокатування здійснюється пластична деформація завдяки чому отримується П-подібний профіль швелеру.

Розвиток технологічних схем прокатування спрямовано на зменшення глибини врізання калібрів у прокатні валки з метою збільшення їх тривалості роботи без переточування, збільшення куту нахилу полиці в калібрах.

В якості вихідного матеріалу для прокатування використовують дискретні зливки та заготовки, а також безперервно-литі заготовки, що отримані у машині безперервної розливки сталі.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безперервно-литі заготовки є більш сучасними, через те, що їх можна отримати формою та розмірами близькими до розміру готової продукції. Вони забезпечують високу продуктивність процесу та добру якість внутрішнього шару матеріалу, дають можливість уникнути багатьох дефектів. За внутрішньої структурою отримується матеріал, який має менше неметалевих включень, пор та пустот, більш рівномірне зерно в порівнянні з виливком, який отримано дискретної розливко.

Тому при визначені вихідного матеріалу для виготовлення швелеру перевагу надаємо безперервно-литій заготовці. В подальшому потрібно визначити тип машини безперервної розливки сталі, що забезпечить отримання якісного продукту та розрахувати початкові розміри вихідного матеріалу, що дозволить виготовити якісний виріб при мінімальних витратах.

1.5 Технологічні операції з виготовлення швелера

Для виготовлення швелеру використовують наступні технологічні операції:

1. Підготування початкового матеріалу для прокатування, огляд та зачищення його, видалення поверхневих дефектів, розрізання матеріалу на мірні та не мірні довжини. В якості вихідного надіється перевага безперервно-литій заготовці, що отримано на радіальній машині безперервної розливки сталі, де використовується кристалізатор відповідної форми.

2. Нагрівання вихідного матеріалу до температури прокатування, яка залежить від хімічного складу матеріалу. Процес нагрівання здійснюють в методичних печах, де відбувається торцевий посад та видачу заготовок.

3. Транспортування нагрітих заготовок за допомогою підводячого рольгангу до чорновий клітей прокатного стану.

4. Прокатування в чорнових клітях прокатного стані, використовуючи максимально можливі обтиснення, де отримують розрізний профіль швелеру.

5. Прокатування профілю в проміжних фасонних клітях, де поступово формується профіль швелеру.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Прокатування в контрольному калібрі з метою отримання точної полиці швелеру.

7. Прокатування в чистових клітках прокатного стану, де отримують кінцевий профіль точної форми та розмірів з мінімальними відхиленнями.

8. Готову продукцію розрізають на мірні довжини, що дорівнюють 12 м за допомогою пил гарячого розрізання, враховуючи припуск на усадку металу за довжиною під час його охолодження і припуск на здійснення механічної обробки швелеру на металорізальних верстатах.

9. Правка швелеру, яка відбувається на ролик правильних машинах з метою вирівнювання профілю.

10. Охолодження готового швелеру на шлеперних холодильниках. На цьому холодильнику здійснюється уповільнене охолодження та ізотермічна витримка. Уповільнене охолодження здійснюється з метою надання магнітних властивостей матеріалу швелера. Для цього температура охолодження повинна бути не нижчою за 450-500° С. Після того, як відбулося охолодження на холодильнику, готовий швелер за допомогою магнітних кранів завантажують у колодязі, де здійснюється подальше повільне охолодження до температури, яка дорівнює 100-150°С. Тривалість охолодження у колодязях складає до 30 хвилин.

11.3 метою покращення фізико-механічних властивостей швелеру здійснюють його термічну обробку. Вид термічної обробки – нормалізація. Вона складається у повторному нагріванні вже охолоджених швелерів з наступним охолодженням на спокійному повітрі. Такий вид термічної обробки забезпечує зменшення міцності матеріалу та збільшення його пластичності. Для досягнення найбільш якісних показників міцності та пластичності виконують термічну обробку за наступною схемою: ізотермічна витримка, наступне нагрівання, закалювання та відпущення.

12. Правка швелерів, яка здійснюється в холодному стані на ролик правильних машинах.

13. Фрезування торців та свердління отворів.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.13

14. Приймання готових швелерів на інспекторних стелажах, остаточний їх контроль, маркування та здача готового виробу.

1.6 Обладнання для прокатування швелера

При прокатуванні використовується обтискне обладнання, що має назву прокатного стану. Прокатний стан уявляє собою сукупність машин та механізмів, які дозволяють отримати виріб потрібної форми, розмірів та якості за допомогою пластичної деформації.

Прокатне обладнання класифікують декількома ознаками:

- за принципом дії.
- за призначенням;
- за кількість робочих клітей;
- за кількістю робочих валків у прокатній кліті;

За принципом дії прокатне обладнання поділяється на реверсивні, безперервні та напівбезперервні.

Реверсивні прокатні стани здійснюють рух у прямому та зворотному напрямку. До таких станів відносять ті, які випускають крупногабаритну продукцію: блями, сляби, товсті листи тощо.

Безперервні прокатні стани працюють дотримуючись правил секундних об'ємів. При цьому оброблювана смуга може знаходитися у декількох прокатних клітях одночасно. Такі прокатні стани є високопродуктивними та самими сучасними. На такому обладнанні виготовляється переважна більшість сортової продукції.

Напівбезперервні прокатні стани об'єднують реверсивний та безперервний рух. Вони у своєму складі мають дві групи клітей: реверсивну та безперервну. На таких прокатних станах випускається переважно крупносортова та листова продукція.

За призначенням прокатні прокатне обладнання розподіляється в залежності від виду продукції, яку вони виготовляють.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За призначенням прокатні стани поділяють на обтискні, які виконують великі обтиснення, використовують для прокатування блюмів та слябів, крупногабаритних профілів. Для прокатування сортових профілів використовують сортові прокатні стани. Для отримання листів використовують листові прокатні стани. Для отримання труб використовують трубопрокатні агрегати. Для отримання спеціальних профілів використовують спеціальні прокатні стани.

Швелер відноситься до сортових профілів. Тому, для його виготовлення потрібно використовувати сортові прокатні стани.

В залежності від кількості робочих клітей, прокатні стани класифікують на одноклітьові, двоклітьові та багатоклітьові. Одноклітьові та двоклітьові прокатні стани - це реверсивні стани, що забезпечують рух оброблюваного матеріалу в один і зворотній бік, багатоклітьові прокатні стани – забезпечують безперервний рух, або можуть мати у своєму складі декілька груп клітей: і реверсивні і безперервні. У зв'язку з тим, що швелер будемо отримати на безперервному прокатному стані, то використовуємо багатоклітьове обладнання.

За кількістю прокатних валків у робочій кліті, прокатні стани класифікують на двовалкові, тривалкові, чотири валкові, шести валкові, дванадцяти валкові.

Для виготовлення сортового прокату використовують, переважно двовалкові прокатні стани, що цілком підходить для виготовлення швелеру.

Прокатних стан має у своєму складі безліч машин та механізмів, які призначено виконувати визначену роботу для випуску продукції. Усе це обладнання можна поділити на два види: основне та допоміжне устаткування.

Основне обладнання прокатного стану призначено для виконання основних операцій в результаті, яких відбувається формозмінення оброблюваного матеріалу через здатність металів та сплавів до пластичної деформації, власне і відбуваються процеси прокатування. В результаті прокатування оброблюваний матеріал отримує визначену форму, розміри, властивості та якість поверхневого шару. При прокатуванні в основному обладнанні відбувається безповоротна зміна форми та розмірів металовиробу.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.15

До основного обладнання прокатного стану відносять наступні устаткування: робоча кліть, муфти, шпинделі, шестеренна кліть, корінна муфта, редуктор, електричний двигун, головна муфта

Робоча кліть у своєму складі має: дві станини, прокатні валки, які встановлено у підшипники, механізми для установки та фіксації стійкого положення прокатних валків і вертикальній та горизонтальній площинах, привалкову арматуру, пристрої для змащення та охолодження прокатних валків.

Таке обладнання розташовують по лінії, що має назву основної або робочої лінії прокатного стану.

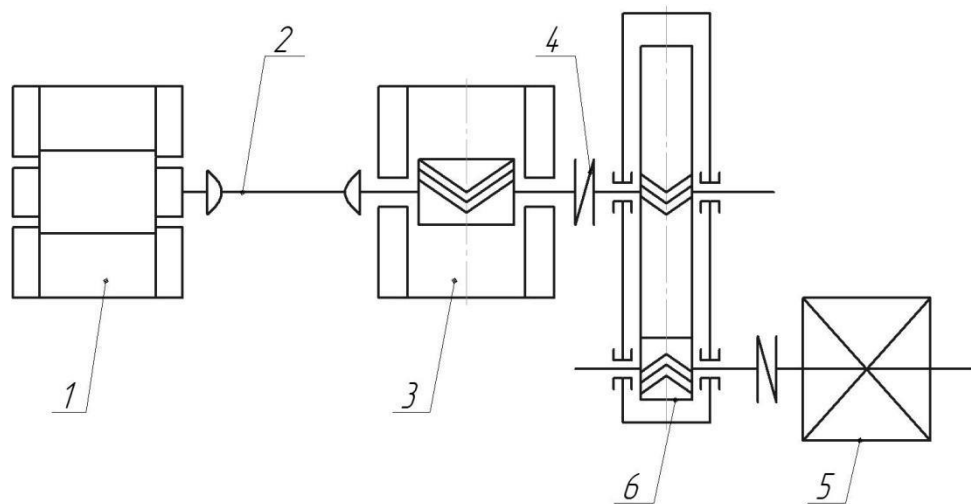


Рисунок 1.4 – Схема основної лінії прокатного стану:

1 – робоча кліть з прокатними валками, 2 – шпинделі з муфтами,
3 – шестеренна кліть, 4 – корінна муфта, 5 – двигун, 6 – редуктор,
7 – головна або моторна муфта

Основним деформуючим інструментом являється прокатний валок. Від є самим навантаженим інструментом при роботі прокатного обладнання через те, що на нього діють всі основні зусилля деформації. Прокатний валок працює у дуже жорстких та важких умовах через те, що на нього діють різкі зміни температурних умов прокатування, великі зусилля прокатування, великі коефіцієнти тертя тощо. Тому потрібно уважно підійти до вибору матеріалу

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.16
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прокатних валків з метою забезпечення довготривалої міцності. Також прокатні валки повинні бути термостійкими.

Їх виготовляють, в залежності від призначення, зі сталі або чавуну. Сталеві валки виготовляють з вуглецевої сталі, легованої та низьколегованої литтям або куванням. Для виготовлення прокатних валків використовується сталь наступних марок: Сталь 50, 60ХН, 9ХС. Для виготовлення чавунних валків використовують марки: СШХН-60, ЛПХН-60 тощо.

Сталевим валки мають достатньо високу міцність та пластичність. Через це вони здатні витримувати великі навантаження, великі зусилля прокатування. Тому, їх бажано використовувати у чорнових прокатних клітках, що мають великі обтиснення.

Чавунні прокатні валки виготовляють литтям. Вони є більш зносостійкими за сталеві прокатні валки, але менш міцними. Через це їх бажано використовувати у передчистових та чистових прокатних клітках, де відбуваються не великі обтиснення і потрібна висока якість оброблюваної поверхні розкату.

Станини можуть бути відкритого та закритого типу. Їх виготовляють литтям зі сталей марок 30-35Л.

Підшипники служать для встановлення та підтримання прокатних валків. Через підшипники передаються усі зусилля деформації, що утворюються під час прокатування.

Натискні механізми служать для переміщення та врівноваження прокатних валків.

Для забезпечення безперебійної роботи основного устаткування прокатного стану використовують допоміжне обладнання, які призначено обслуговувати основне обладнання прокатного стану. При роботі допоміжного обладнання пластична деформація оброблюваного матеріалу не відбувається, але вони забезпечують її виконання.

До допоміжного обладнання відносять два види устаткування: обробне та транспортує.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.17

Транспортує допоміжне обладнання призначено для переміщення оброблюваного матеріалу, транспортування його до робочих клітей прокатного стану, завдяки цьому обладнанню відбувається кантування. До цієї групи допоміжного обладнання відносять рольганги, зливковози, холодильники, маніпулятори, кантувачі, поворотні механізми тощо.

Рольганги забезпечують переміщення оброблюваного матеріалу до прокатної кліті, здійснюють його подачу у прокатні валки, приймають з прокатних валків після обробки, транспортують до ножиць, пилок, холодильників, обробних машин та механізмів.

Температура смуги при гарячому прокатуванні на виході з останньої кліті прокатного стану складає близько 900°C , що є досить високої. Через це оброблюваний матеріал після виходу з останньої прокатної кліті та розрізання його на мірні довжини спрямовують до холодильника для його охолодження до нижчих температур. Холодильник уявляє собою сполучну ланку між прокатним обладнанням та обробними машинами і механізмами.

Для переміщення крупногабаритного матеріалу впоперек цеху використовують шлепери. Вони також здійснюють прибирання матеріалу до прибиральних карманів, або транспортують прокатну продукцію до сусіднього цеху.

Маніпулятори та кантувачі використовують для пересування матеріалу в паралельному напрямку до роликів рольгангу з метою вірного спрямування їх у прокатні валки. Для повертання матеріалу навколо власної осі на визначений кут (90° , 45° тощо) перед задаванням в наступний калібр використовують кантувачі.

До допоміжного обладнання обробної групи відносять ножиці і пили, правильні механізми і преси, моталки та розмотувачі тощо.

Для розрізання готового прокату на мірні довжини, для обрізання його кінців використовують ножиці з паралельними ножами. Їх можна застосовувати для обробки прокату як в гарячому, так і холодному стані.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрізання сортового прокату в холодному стані використовують гільйотинні ножиці. Такі ножиці мають похилі ножи. Вони бувають як відкритого, так і закритого типу.

Для розрізання розкату, який рухається на великій швидкості використовують летючі ножиці. Існують барабанні летючі ножиці, планетарні, маятникові, важільно-кривошипні тощо.

Барабанні летючі ножиці використовують для холодного розрізання смуг та гарячої розрізання сортових профілів, що рухаються за швидкість більше 15 м/с.

Для розрізання товстих смуг використовують важільно-кривошипні летючі ножиці, які мають поступово-рухомі ножі.

Планетарні летючі ножиці використовують для розрізання заготовок, що мають поперечний переріз 80×80 і 120×120, або круглий поперечний переріз 100-140 мм зі швидкістю 7,0 і 3,1 м/с.

Для обрізання кінців смуги та розрізання товстих смуг на декілька тонких використовують дискові ножиці.

Для розрізання профільного прокату використовують дискові пили. Їх поділяють на два види: для гарячого розрізання використовують зубчасті диски, для холодного розрізання використовують гладкі диски, де відбувається розрізання відбувається за рахунок розплавлення металу при тертя диску, який швидко обертається, о оброблюваний матеріал.

Висновок

В даному розділі було визначено будову та призначення швелера, проаналізовано матеріал, його хімічний склад та властивості, розглянуто можливу заміну матеріалу, запропоновано виготовляти швелер з якісної конструкційної низьколегованої сталі марки 09Г2С.

Розглянуто способи виготовлення швелерів та запропоновано спосіб гарячого прокатування. Визначено обладнання для виготовлення продукції, склад основного та допоміжного устаткування. Запропоновано в якості обладнання використовувати безперервний прокатний стан.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.01.АБСВМШ	Аркуш
						1.19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ШВЕЛЕРУ

2.1 Обґрунтування схеми прокатування швелерів

Для отримання швелеру використовують декілька способів прокатування в залежності від особливостей його конструкції.

До цих способів відносять:

- балочний спосіб прокатування;
- коритний спосіб прокатування;
- прокатування в калібрах, що мають збільшений нахил дійсних фланців та з вигнутою стінкою;
- прокатування у розгорнутих калібрах;
- прокатуванням за способом згинання фланців.

При прокатуванні балочним способом (рис. 2.1, а) на перших проходах розрізний та чорнові калібри, які є універсальними для виготовлення балок та швелерів. Ці калібри використовують при прокатуванні виробів, що мають різні номери (різні кінцеві розміри). Цей факт дає підставу для зменшення парку прокатних валків та скорочується час на їх перевалку при переході з прокатування одного номеру швелерів на інший. При використанні цього методу передбачено чергування відкритих та закритих фланців використовувати лживі фланців під час прокатування швелерів в усіх калібрах. Калібри мають дійсні фланці, що створюють профіль швелеру та лживі, які використовують для збереження температури кутів швелеру. Лживі фланці по мірі руху до чистового калібру зменшують поступово зменшують свої розміри і при прокатуванні у останньому чистовому калібрі, вони взагалі, відсутні, чим і забезпечується вірне виконання чистового профілю швелера.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВІІІ		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Бриценко				УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ШВЕЛЕРУ	Літ.	Аркуш
Перевірив	Чубенко						Аркушів
Рецензент						2.1	24
Н. контр.	Чубенко					Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м	
Затвердив	Савельєв						

Отримання швелеру за балочним методом має як свої переваги, так і недоліки. До недоліків можна віднести те, що існує малий ухил зовнішніх фланців. Таке явище призводить до ускладнення процесу переточування калібрів. Також і присутність масивних чорнових лживих фланців призводить до збільшення витрати металу, що витрачається на витяжку, збільшення зусиль прокатування, що викликає збільшення витрат енергії на процес. При прокатуванні за таким способом присутня велика нерівномірність деформації, що призводить до зменшення стійкості смуги, що в свою чергу призводить до погіршення якості виробу. Через такі недоліки цей спосіб використовується не має широкого розповсюдження.

При калібруванні за коритним методом застосовують збільшення випуски у чорнових та чистових калібрах, за цим способом використовують прямо поличні швелерні калібри, що мають пряму стінку та збільшений випуск до 10-15 % у чорнових калібрах та 1,5-2 % у чистовому.

При використанні методу калібрування, де спостерігається збільшення нахилу фланців та вигнута стінка профілю (рис. 2.1, б) також застосовують лживі фланці, але вони мають менші розміри за лживі фланці, що використовують в попередньому випадку. Під час обробки матеріалу за таким методом здійснюється більш інтенсивна пластична деформації, що забезпечує зменшення кількості проходів. При прокатуванні за цим методом використовують калібри зі збільшеним випуском, що забезпечує зменшення його зношення.

При застосуванні схеми калібрувань, що має послідовне згинання фланців (рис. 2.1, в), обтиснення матеріалу відбувається спочатку в калібрах смугового типу, а потім у фасонних калібрах, де і відбувається поступове згинання фланців.

При прокатуванні швелерів за методом згинання фланців, спочатку здійснюється прокатування в калібрах смугового типу а потім процес відбувається у фасонних калібрах, де здійснюється поступове послідовне згинання фланців. Така схема прокатування швелерів має свої переваги, що дозволяє забезпечити рівномірне обтиснення всіх елементів профілю при застосуванні меншої глибини врізання у прокатні валки. Такий факт дозволяє

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшити міцність і зносостійкість прокатних валків. Також для цієї схеми і присутні недоліки через те, що процес згинання прямокутної смуги у швелер є доволі трудомістким процесом, який вимагає дуже великих зусиль та моментів прокатування. Також наприкінці прокатування ускладнено спрямувати оброблюваний матеріал у чистовий калібр, що може знизити якість виробу.

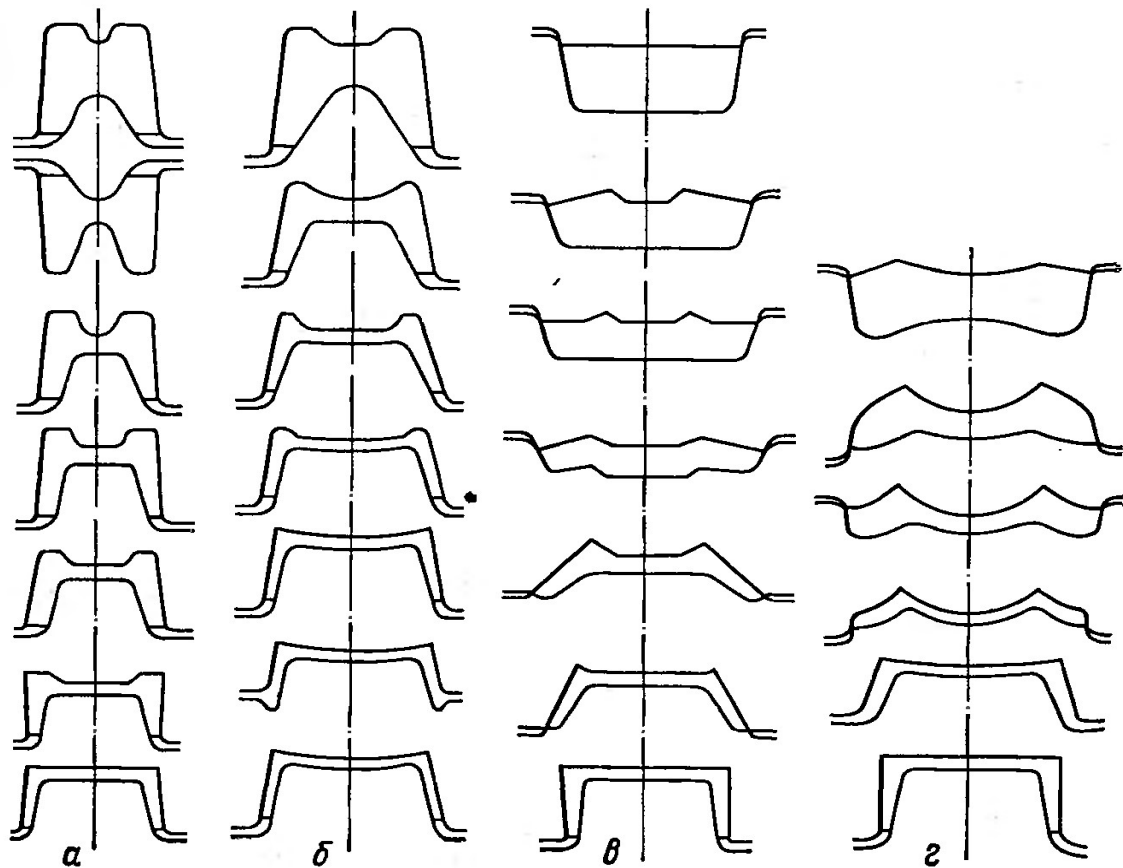


Рисунок 1.2 – Способи прокатуванні швелерів: *a* – балочний спосіб;
б – прокатування в калібрах, що мають збільшений нахил дійсних фланців та з вигнутою стінкою; *в* – прокатування за методом згинання балок;
г – розгорнуте калібрування

При прокатуванні за схемою розгорнутого калібрування спостерігається відсутність бокового обтиснення по фланцям (рис. 2.1, *г*). Це дозволяє зробити процес деформації матеріалу більш інтенсивним, що забезпечує зменшення кількості фасонних калібрів для утворення швелерів, зробити більш рівномірні

обтиснення в усіх елементах профілю та зменшити інтенсивність зношення прокатних валків. Спрощується процес переточування калібрів.

Більш детально зупинимося на особливостях кожного способу.

Балочний метод є універсальним, використовують чорнові калібри для отримання балок і швелерів, для різних розмірів, але мають складності в переточуванні, велика нерівномірність деформації.

Для коритного методу присутнє бокове обтиснення фланців, є можливість переточування прокатних валків зі збереженням розмірів калібрів при невеликому знятті металу з діаметру прокатного валка; збільшується термін експлуатації; менша глибина врізання рівчаків у прокатні валки, через що зменшуються витрати енергії та зношення прокатних валків, підвищується їх міцність; присутнє бокове обтиснення фланців.

Особливість способу калібрування прокатних валків зі збільшеним нахилом дійсних фланців і зігнутою полицею є те, що при прокатуванні здійснюється ретельний контроль висоти дійсних фланців за допомогою контрольних чорнового та передчистового калібрів закритого типу. Після кожного контрольного проходу прокатування відбувається у закритому швелерному калібрі, також рекомендується після кожних чотирьох проходів застосовувати контрольний калібр.

Особливості калібрування за методом розгорнутих дійсних фланців та зігнутою стінкою у тому, що досягається максимально рівномірна деформація за шириною профілю; спостерігається мінімальна різниця діаметрів прокатного валка та його калібрів, що забезпечує мінімальне його зношення; зменшуються витрати енергії при прокатуванні; зростає ширина калібру, що призводить зменшення кількості калібрів, яких можна розмістити на одному прокатному валку; погіршуються умови входу смугового профілю в згинальний прямо поличний калібр і умови центрування в ньому.

Особливості методу калібрування за способом згинання у тому, що досягається рівномірність деформації за шириною обробляемого профілю; забезпечується мінімально можливе врізання калібру в прокатні валки, що

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викликає зменшення зношення прокатних валків; зменшуються витрати енергії на прокатування. До недоліків цього способу потрібно віднести те, що зростає ширина калібру, що призводить до зменшення їх кількості на бочці прокатного валка, збільшується сила прокатування та погіршуються умови центрування прямо поличного калібру та входу профіля в згинальний калібр. Цей спосіб широко використовують при прокатуванні дрібних швелерів.

Зупиняємося на способі розгорнутого калібрування через наступне:

- суттєве зменшення нерівномірності деформації при прокатуванні;
- зменшення кількості змінного обладнання, до якого входять прокатні валки;
- зменшення кількості проходів;
- зменшення часу нагрівання заготовки через зменшення її розмірів;
- зменшення зносу прокатних валків через зменшення часу деформації металу в чорновій групі та високу температури в чорновій групі;
- вирівнювання температури по перерізу розкату;
- зменшення витрат енергії в чорновій групі через зниження зусиль деформації.

Але, як було наголошено раніше, основною проблемою прокатування в таких калібрах є процес забезпечення стійкості розкату при його переході від косо розташованих до прямополичних калібрів.

З метою забезпечення точних розмірів полиць готового профілю існує необхідність в суворому дотриманні їх геометричних параметрів під час обтиснення при обробці. Це дотримується завдяки використанню контрольних калібрів швелеру.

Таким чином, існує два способу калібрування прокатних валків за розгорнутим методом:

- 1) з використанням контрольних калібрів;
- 2) без використання контрольних калібрів.

З метою збільшення продуктивності при прокатуванні швелерів бажано зменшити кількість проходів. Щоб це забезпечити, потрібно зменшувати

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількість калібрів. Тому, виникає необхідність в зменшенні числа контрольних калібрів, особливо тих, що мають закриту форму через те, що їх використання призводять до зменшення коефіцієнтів деформації, а це в свою чергу, призводить до збільшення кількості проходів та збільшення висоти початкового матеріалу. Окрім того, наявність калібру, що має прямі полки, потребує глибоких вирізів в калібри прокатних валків, що зменшує їх термін служби, збільшує витрати прокатних валків, скорочує можливість їх переточування.

2.2 Особливості формування профілю

Для отримання вірного профілю швелера з розташуванням фланців до стінки прямим кутом, потрібно на чорнових проходах використовувати разом з дійсними і лживі фланці. Завдяки наявності таких фланців буде довше триматися потрібна температура в кутах профілю.

В якості початковому матеріалу для виготовлення швелерів потрібно обрати прямокутну заготовку. Перевага надається заготовці, що була отримано на машині безперервної розливки сталі.

Для формування розкату, що має наближену форму швелера використовують розрізні калібри. При прокатуванні у таких калібрах даються великі величини обтиснення і виникає дуже велика не рівномірність деформації.

Розрізний калібр, в залежності від його призначення, розмірів, способу розташування на прокатних валках може бути двох виглядів: відкритий, або закритий. У відкритого калібру з роз'єм виконується по середині калібру (рис. 2.1, а). У закритого – роз'єм виконується з краю фланця (рис.2.1, б).

У разі застосування закритих калібрів – виконується глибоке врізання у прокатні валки, що може призвести до зменшення їх міцності, але отримується більша точність розкату. Такий калібр рекомендується використовувати при прокатуванні у прокатних валках, які мають великий діаметр.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.6

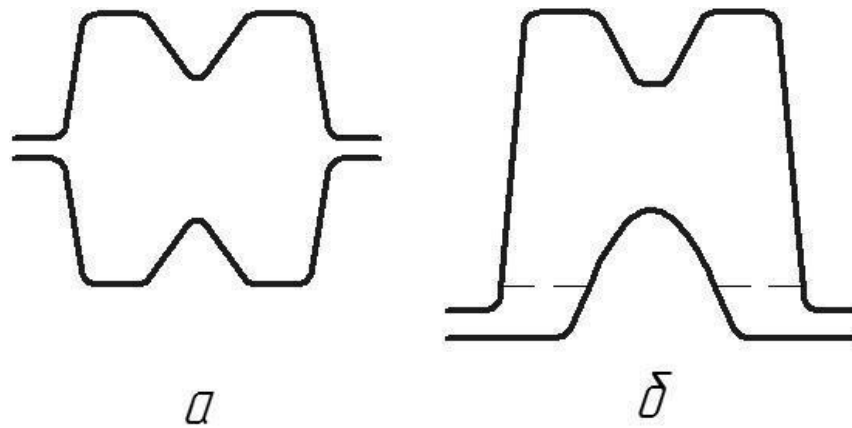


Рисунок 2.1 – Види розрізних калібрів:
 a – відкритий калібр; b – закритий калібр

Далі прокатування відбувається у чорнових калібрах, які мають у своєму складі три елементи (рис. 2.2)

- дійсні фланці;
- лживі фланці;
- стінка.

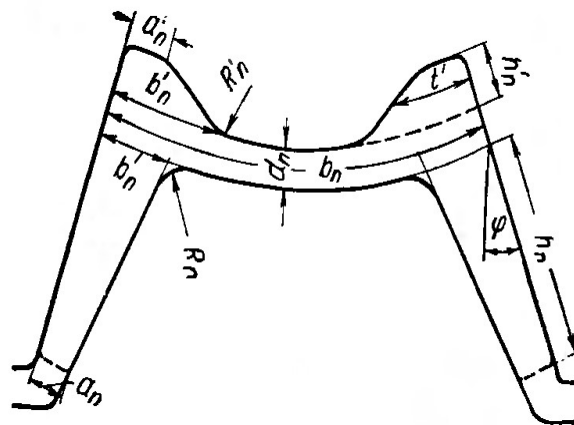


Рисунок 2.2 – Чорновий калібр для прокатування швелерів: a_n – довжина меншої основи дійсного фланцю; b_n – довжина більшої основи дійсного фланцю; a'_n – довжина меншої основи лживого фланцю; b'_n – довжина більшої основи лживого фланцю; b_n – довжина стінки; d_n – товщина стінки; h_n – висота дійсного фланцю; h'_n – висота лживого фланцю; φ – кут нахилу фланця

Під час прокатування у стінки калібру виконується пряме обтиснення профілю. Полки швелеру утворюються в дійсних фланцях двома прокатними валками. Вони є відкритими, закритими вони можуть бути тільки в контрольних калібрах. Дійсні фланці уявляють собою закриті калібри, що утворюються двома валками, в контрольних калібрах вони також мають закриту форму. Характер деформації у відкритих і закритих балочних калібрах однаковий.

Завдяки лживим фланцям утворюється додатковий об'єм металу. При прокатування вони поступово зменшуються за рухом обробки.

Лживі фланці створюють з метою зберігання тепла під час обробки та для забезпечення точних кутів профілю та зберігання і від переохолодження. До недоліків лживих фланців можна віднести те, що через їх присутність відбувається нерівномірність деформації. Щоб цей недолік зменшити при розрахунку калібрування потрібно приймати мінімальні розміри таких фланців. Під час пластичної деформації здійснюється рух металу, де лживі фланці перетікають у стінку та дійсні фланці. Така течія металу забезпечує вірне виконання усіх кутів профілю.

Розрізний калібр має дуже суттєву площу лживих фланців, яка досягає 70 % від площі дійсних фланців.

При подальшому прокатуванні розміри лживих фланців зменшуються і у чистовому калібрі вона дорівнює нулю.

У передчистових калібрах лживі фланці зменшують утягнення зовнішніх кутів профілю. Це може покращити умови праці.

Лживі фланці забезпечують в калібрах наступних клітей кут, що наближається до 90° між полицею і фланцем.

При прокатуванні лживі фланці змінюють своє розташування в напівзакритому та закритому калібрах (рис. 2.3).

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

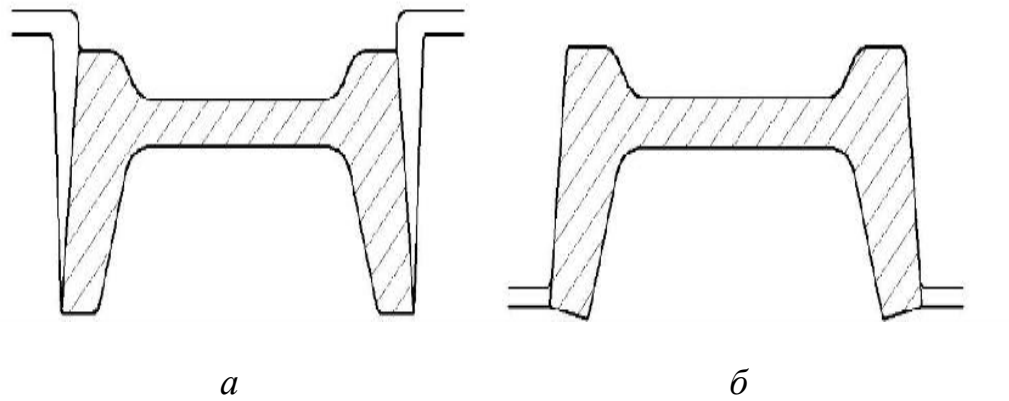


Рисунок 2.3 – Розташування лживих фланців у напівзакритому (а) та закритому (б) калібрах

2.3 Визначення кількості проходів для отримання швелера

Кількість проходів при виготовленні швелерів залежить від, чим визначається кількість фасонних калібрів, залежить від конкретних умов прокатування:

- потужності двигуна прокатного стану;
- номеру прокатуємого профілю
- міцності та довжини бочки прокатних валків;
- способу калібрування швелерів;
- температури прокатування;
- оброблюваного матеріалу;
- умов захоплення металу прокатними валками.

Для визначення кількості проходів будемо використовувати практичні дані, які представлено на рисунку 2.4.

При визначенні кількості проходів потрібно мати на увазі те, що перший калібр буде розрізний, який заготовці квадратного поперечного перерізу надасть перше наближення до форми швелера. Далі будуть розташовані фасонні калібри, що мають в собі дійсні та лживі фланці. Передостаннім буде розташовано контрольний калібр, і останнім чистовий. Далі потрібно визначити розміри цих калібрів.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

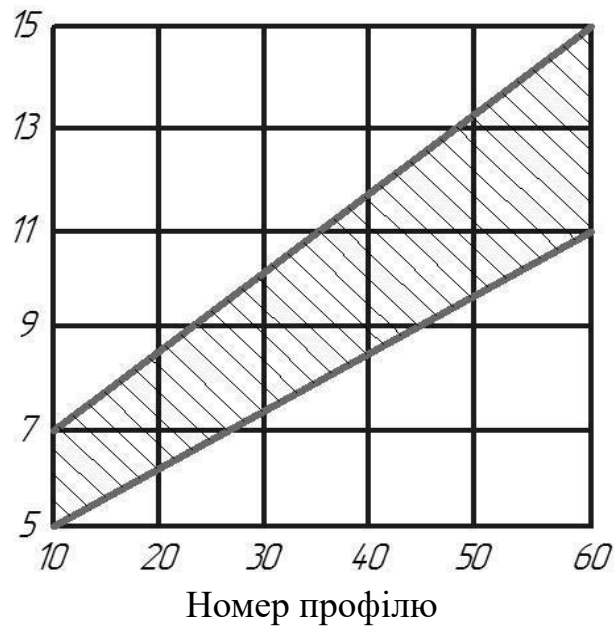


Рисунок 2.4 – Графік для визначення кількості фасонних калібрів при прокатуванні швелерів

2.4 Калібрування профілю швелера

Існує декілька методів розгорнутого калібрування профілю, які можна умовно поділити на три види:

- розрахунок калібрувань за горизонтальними проєкціями з використанням регламентного розкриття полок;
- розрахунок за середньою лінією калібру та по кутам розкриття полиць пропорційно величинам обтиснення;
- розрахунок калібрування за методом відповідної смуги.

Розрахунок калібрувань за горизонтальними проєкціями засновано на використанні перших трьох калібрів балочного типу з відкритими фланцями. Розрахунок виконуються проти руху прокатування, починаючи з чистового калібру. Починаючи з четвертого калібру використовують калібри розгорнутого типу. Величина розширення в розрахунку приймається конструктивно.

Було розроблено новий спосіб калібрування на середньосортовому прокатному стані 550 на ПрАТ «ДМЗ».

В роботі для прикладу виконуємо калібрування швелера №8 і порівнюємо її з існуючою. За існуючим калібруванням такий швелер можна отримати за вісім проходів в фасонних швелерних калібрах. Використовуючи оновлене калібрування достатньо виконати шість проходів в фасонних швелерних калібрах.

Швелер №8П має наступні розміри: ширина дорівнює 40 мм; висота – 80 мм; товщина стінки профілю дорівнює 4,5 мм; товщина полиці – 7,4 мм; довжина швелеру дорівнює від 2 м до 12 м; вага 1 погонного метру дорівнює 7,05 кг; радіус закруглення полиць – 3,5 мм; внутрішній радіус закруглення – 6,5 мм; площа поперечного перерізу профілю дорівнює $8,92 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$.

Схема калібрування швелеру за розгорнутим методом показано на рис. 2.5. При прокатуванні для того, щоб вірно розташувати швелер в калібрі, потрібно повернути на кут 90° . За рахунок такого повороту ширина та висота швелеру міняються місцями, що потрібно враховувати в розрахунках. У цьому випадку ширина полок уявляє висоту калібру, висота швелера уявляє є шириною калібру.

Наприкінці прокатування температура швелеру складає 900°C , що призведе до теплового розширення матеріалу.

Для отримання точних розмірів визначимо висоту швелеру №8 в гарячому стані з врахуванням мінусового допуску за висотою, який дорівнює $-0,2$. Висота швелера буде уявляти собою ширину калібру B_i .

Ширина чистового останнього калібру, де отримується готовий швелер, визначається за формулою:

$$B_r = (h_r - \Delta) \cdot 1,012, \quad (2.1)$$

де h_r – висота готового профілю, яка дорівнює за стандартом $h_r = 80$ мм;

Δ – мінусовий допуск по модулю за висотою, він дорівнює $\Delta = 1,0$;

1,012 – коефіцієнт теплового розширення матеріалу при високій температурі.

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$B_r = (80 - 1,0) \cdot 1,012 = 79,9 \text{ мм.}$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.11

Кінцевий калібр, де формується остаточний профіль має висоту, яка визначається за формулою:

$$H_{\Gamma} = (b_{\Gamma} - \Delta_{\text{в}}) \cdot 1,012, \quad (2.2)$$

де b_{Γ} – висота готового профілю швелеру, яка за стандартом дорівнює $b_{\Gamma} = 40$ мм;

$\Delta_{\text{в}}$ – мінусовий допуск по модулю за шириною швелеру, який дорівнює $\Delta = 1,0$.

Після підстановки відповідних значень отримаємо:

$$H_{\Gamma} = (40 - 1,0) \cdot 1,012 = 39,5 \text{ мм.}$$

Товщина стінки, що отримано в останньому калібрі, визначається з врахуванням теплового розширення:

$$d_{\Gamma} = 4,5 \cdot 1,012 = 4,5 \text{ мм.}$$

Середня товщина фланців, що отримують в останньому калібрі, з врахуванням теплового розширення дорівнює:

$$t_{\Gamma} = 7,4 \cdot 1,012 = 7,5 \text{ мм.}$$

Висота дійсного фланцю, що отримано у останньому калібрі, визначають за формулою:

$$h_{\text{дг}} = H_{\Gamma} - d_{\Gamma}. \quad (2.3)$$

Підставивши потрібно значення, отримаємо:

$$h_{\text{дг}} = 39,5 - 4,5 = 35,0 \text{ мм.}$$

Розміри, які знаходяться у основи дійсних, фланців дорівнюють:

$$b_{\Gamma\text{фл}} = t_{\Gamma} + 0,5 h_{\Gamma} \text{tg } \varphi_{\Gamma}, \quad (2.4)$$

Розміри, що знаходяться у вершини дійсних фланців, дорівнюють

$$a_{\Gamma\text{фл}} = t_{\Gamma} - 0,5 h_{\Gamma} \text{tg } \varphi_{\Gamma}, \quad (2.5)$$

де φ – кут нахилу внутрішньої поверхні фланцю в останньому калібрі, який дорівнює: $\varphi_{\Gamma} = 0,08$.

Підставив відповідні значення в наведені формули, отримаємо:

$$b_{\Gamma} = 7,5 + 0,5 \cdot 35,0 \cdot 0,08 = 8,9 \text{ мм;}$$

$$a_{\Gamma} = 7,5 - 0,5 \cdot 35,0 \cdot 0,08 = 6,1 \text{ мм.}$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.12

Відношення розмірів у основи та вершини фланців у останньому проході дорівнює:

$$\frac{a_{\Gamma}}{b_{\Gamma}} = \frac{6,1}{8,9} = 0,68.$$

Площа поперечного перерізу дійсного фланцю в останньому калібрі знаходиться за виразом:

$$q_{\text{фл}\Gamma} = t_{\Gamma} \cdot h_{\Gamma}. \quad (2.6)$$

Підставив потрібні значення, отримаємо площу:

$$q_{\text{флб}} = 7,5 \cdot 35,0 = 262 \text{ мм}^2.$$

Площа поперечного перерізу чистового калібру дорівнює:

$$q_{\Gamma} = 2 q_{\text{флб}} + B_{\Gamma} d_{\Gamma}. \quad (2.7)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$q_{\Gamma} = 2 \cdot 262 + 79,9 \cdot 4,55 = 889 \text{ мм}^2.$$

Наступним є контрольний калібр. Призначаємо розширення у закритих фланцях контрольних калібрів, яке буде дорівнювати $\Delta h_{\text{пр}} = 1 \text{ мм}$. в контрольному калібрі не будемо виконувати закриті фланці. Це нам дасть можливість уникнути утяжки.

При прокатуванні швелерів відбувається приріст висоти дійсних фланців, який приймаємо $\delta = 2 \text{ мм}$ за усіма фасонними калібрами, за виключенням чистового та контрольного калібрів. В чистовому калібрі розміри фланців, майже не змінюються.

Висота дійсного фланцю в розрізному калібрі знаходиться за залежністю:

$$h_p = h_{\Gamma} - \Sigma \Delta h_{\text{пр}} - \Sigma \delta + \Sigma \epsilon. \quad (2.8)$$

Підставивши відповідні значення отримаємо наступні дані:

$$h_p = 35,0 - 1,0 + 2,0 - 2,0 = 34,0 \text{ мм}.$$

Висоту фланцю за кожним проходом розраховуємо за формулою:

$$h_{i-1} = h_i - \Delta h_{\text{пр}i} - \delta_i + \epsilon_i. \quad (2.9)$$

Для розрахунку загального розширення, що відбувається при прокатуванні швелеру, скористаємося наступною залежністю:

$$\Sigma \Delta B = B_0 - B_6. \quad (2.10)$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.13

Користуючись дослідними даними, отримаємо загальне розширення при прокатуванні, яке дорівнює: $\Sigma\Delta B=20$ мм.

З врахуванням загального розширення, отримаємо початкові розміри безперервно-ливої заготовки, використовуючи залежність:

$$B_0=B_r-\Sigma\Delta B. \quad (2.11)$$

Після підстановки, отримаємо:

$$B_0=79,95 + 20=100 \text{ мм.}$$

Висоту вихідного матеріалу, що отримано на машині безперервної розливки, визначимо за формулами:

$$H_0 = 0,5H_p + 0,5 \frac{B_0 H_p^2}{Q_p}. \quad (2.12)$$

$$H_0 = \frac{B_0}{q_1} \left(H_1 - \frac{0,25k\Delta q}{a_1} \right)^2, \quad (2.13)$$

де k – коефіцієнт, який враховує обмеження при деформації, $k=0,5$;

Δq – приріст площі поперечного перерізу, що знаходиться за формулою:

$$\Delta q = \frac{2a_1(B_0H_1-q_1)}{B_0}. \quad (2.14)$$

Отримаємо, що висота початкового матеріалу дорівнює:

$$H_0 = 75 \text{ мм.}$$

Площа поперечного перерізу початкового матеріалу буде рівною:

$$q_0 = 75 \cdot 100 = 7500 \text{ мм}^2.$$

Це свідчить про те, що потрібно отримати безперервно-ливу заготовку розмірами 100×75 мм.

Визначаємо коефіцієнт витяжки у першому проході в розрізному калібрі дорівнює:

$$\lambda_1 = \frac{q_0}{q_1} = \frac{7500}{4290} = 1,75.$$

Кут захоплення металу прокатними валками при захопленні складає $\alpha=30^\circ$.

Таким чином, визначено форму та розміри початкового матеріалу.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.14

Таким чином, в результаті виконаних попередніх досліджень було встановлено початкові розміри вихідного матеріалу для виготовлення швелеру №8.

Дані розрахунку представлено в таблиці 2.1.

Таким чином, ми отримали розрізний калібр з відповідними розмірами. Його розміри наведено в табл. 2.1

Схему розгорнутого калібрування прокатних валків для отримання швелеру представлено на рисунку 2.5.

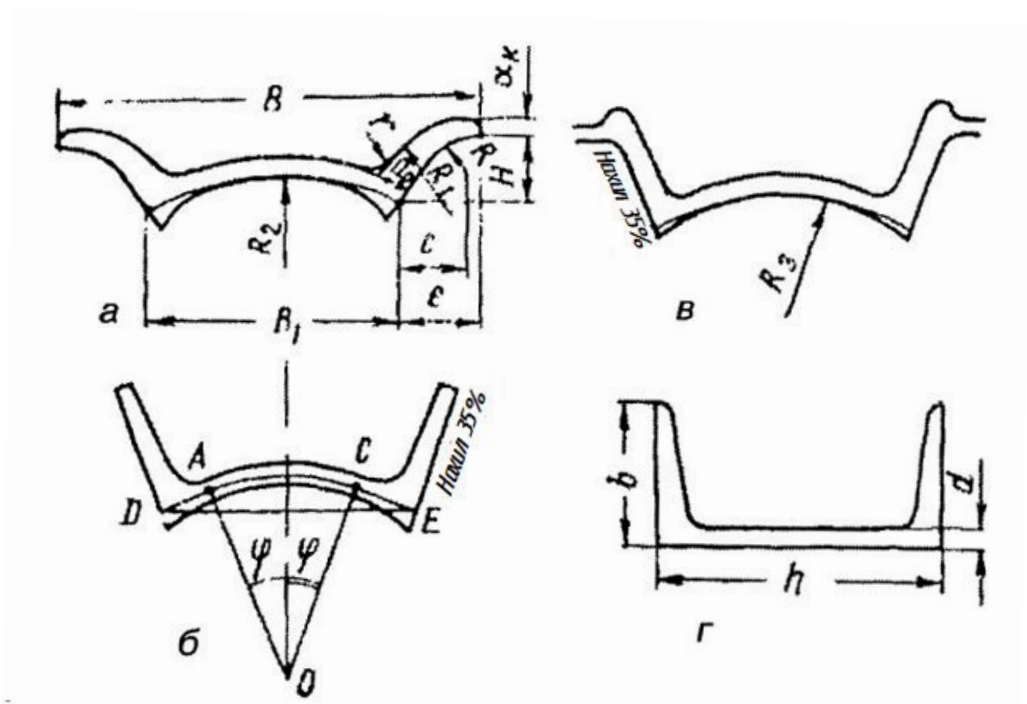


Рисунок 2.5 – Побудова розгорнутої калібровки фасонних швелерних калібрів: *a* – криволінійний розгорнутий калібр; *б* – передчистовий калібр; *в* – розгорнутий калібр; *г* – готовий профіль

З таблиці видно, що відбувається розширення профілю, але зменшується товщина стінки і площа чистового фланцю. В чистовому калібрі лживий фланець відсутній.

З рисунку 2.5 видно послідовність проходів через які рухається смуга з метою одержання чистового калібру розгорнутим калібруванням

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Розміри розрізного і чистового калібру

Назва калібру	Товщина стінки, мм	Ширина калібру, мм	Дійсний фланець				Лживий фланець			
			площа поперечного перерізу фланцю, мм ²	висота фланцю, мм	довжина більшої основи, мм	довжина меншої основи, мм	площа поперечного перерізу фланцю, мм ²	висота фланцю, мм	довжина більшої основи, мм	довжина меншої основи, мм
Розрізний калібр	22,8	100	928,2	27,80	32,50	22,10	417,0	27,4	32,50	22,10
Чистовий калібр	4,50	79,90	262,0	34,90	8,90	6,10	-	-	-	-

КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ

На початковій стадії для отримання швелерів розгорнутим калібруванням використовувався напівзакритий контрольний калібр в передчистовій кліті (рис. 2.6).

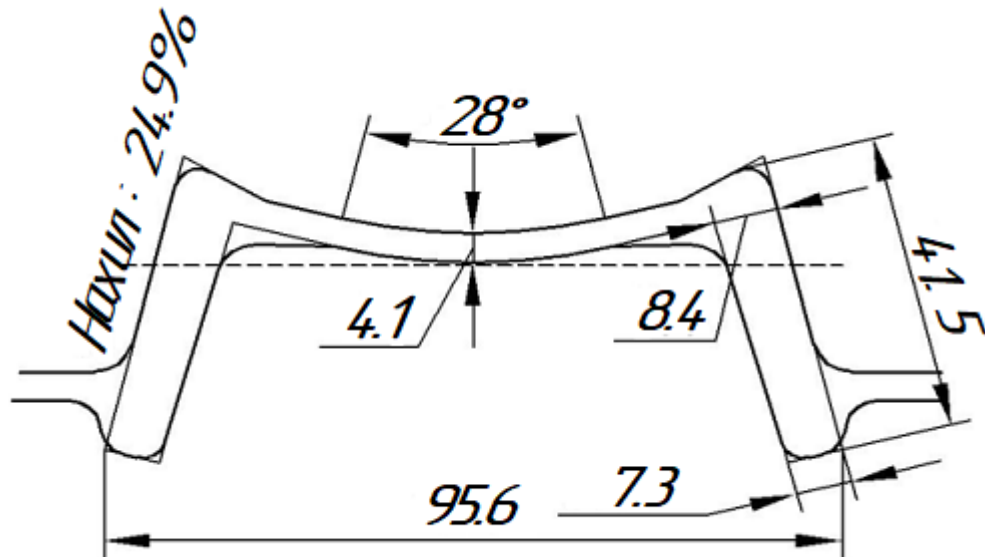


Рисунок 2.6 – Ескиз передчистового калібра для прокатки швеллера №8

Результати дослідження показали, що використання контрольного напівзакритого калібру має свої недоліки через, те, що для забезпечення потрібної висоти полиці у цьому калібрі утворюється переповнення рівчаку калібру нижнього прокатного валка. Таке явище, у свою чергу, призводить до підвищення зношення наступного чистового калібру. У даному випадку прокатування деформації полиці не здійснюється під час обтиснення по її кінцю. Таке явище у свою чергу потребує виконувати підвищенні обтиснення в наступних калібрах. Використання таких калібрів не забезпечує вирішення задачі центрування розкату при переході від косо розташованих до прямо поличних калібрів.

Пропонується новий спосіб розгорнутого калібрування прокатних валків з використанням в якості контрольного калібру – відкритий прямополичний передчистовий калібр, конструкція якого показана на рис. 2.6.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

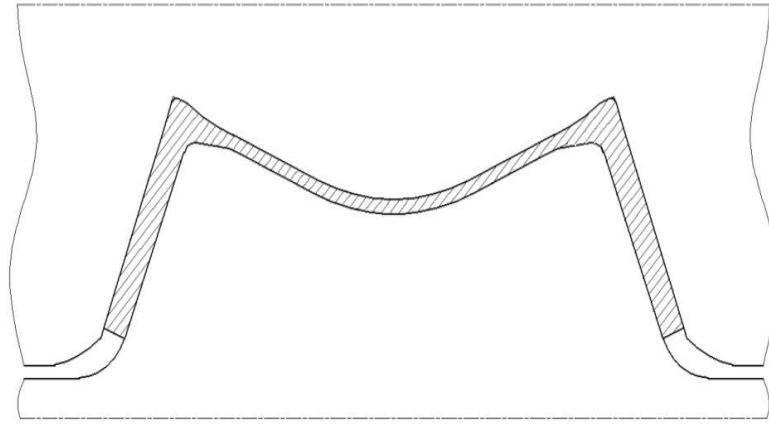


Рисунок 2.7 – Форма передчистового відкритого розгорнутого калібру

Чистовий калібр за такою схемою калібрування має нахил граней зовнішніх фланців 3,25 %. Після того як відбудеться правка в ролик правильній машин нахил зменшується до 1,25%.

Передчистовий калібр – це контрольний калібр. Він є напівзакритим, має нахил 40 % та згинається за визначеним радіусом. У ньому відбувається обтиснення висоти прямих фланців, що забезпечує постійність висоти за довжиною розкату. Таке явище дозволяє виконати процес прокатування з високою точністю.

Третій проти руху прокатування калібр також має прямі фланці, нахил яких дорівнює 39 %, що є трохи менше за попередній калібр. Такий нахил потрібен для того, щоб при вході в передчистовий калібр на відбувалося захоплення кінців фланців буртами цього калібру.

У відкритому передчистовому калібрі з прямими полицями відбувається бічне обтиснення кінців полиць, обтиснення стінки за висотою та остаточне випрямлення ложних фланців.

Було визначено обмежений інтервал коефіцієнтів витяжки складових елементів профілю калібрів для відкритого прямополичного передчистового та останнього чорнового привополичного калібру.

2.5 Розрахунок оновленого калібрування

Виявлено, що коефіцієнт обтиснення стінки калібру знаходиться в межах від 1,25 до 1,29. Відношення коефіцієнта обтиснення стінки до коефіцієнтів обтиснення елементів профілю приймає наступні значення:

- у основи полиці це відношення знаходиться у межах від 1,06 до 1,09;
- на кінці полиці – від 0,95 до 1,05.

В іншому випадку спостерігалось порушення потрібної форми, перекошення калібру.

У чистовому калібрі відбувається висотне обтиснення стінки за шириною, остаточне згладжування лживих фланців. В цьому калібрі утворюється кут між вертикаллю та прямолінійною поверхнею полиць, який знаходиться у межах $16^0 \dots 18^0$.

З метою отримання остаточного вірного профілю, потрібно виконати його правку в холодному стані на роликотправильній машині.

Для розрахунку точної калібровки, потрібно визначити геометричні розміри стінок, полиць калібру, визначити їх радіуси закруглень в усіх проходах, чітко визначити вимоги до коефіцієнтів обтиснення основних елементів розкату.

Після цього будуюмо розгорнутий калібр (рис. 2.7).

Для побудови розгорнутого калібру розрахуємо розширення калібру за середньою лінією за формулою:

$$\Delta b_n = n - 1, \quad (2.1)$$

де n – кількість проходів при прокатуванні (визначається за графіком на рисунку 2.3).

За оновленою схемою калібрування кількість проходів дорівнює 4.

Відповідно розширення буде дорівнювати: $\Delta b_n = 4 - 1 = 3$.

Розмір криволінійної стінки профілю залежить від номери швелеру. Для номерів до 12 го розрахунок виконується за формулою:

$$l_{крив} = B_{\Gamma} + 10, \text{ мм} \quad (2.2)$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де B_T – ширина калібру;

10 мм дається на врахування лживих фланців.

Для швелерів, що мають номери від 12 до 30 використовують залежність:

$$l_{крив} = B_T, \text{ мм.} \quad (2.3)$$

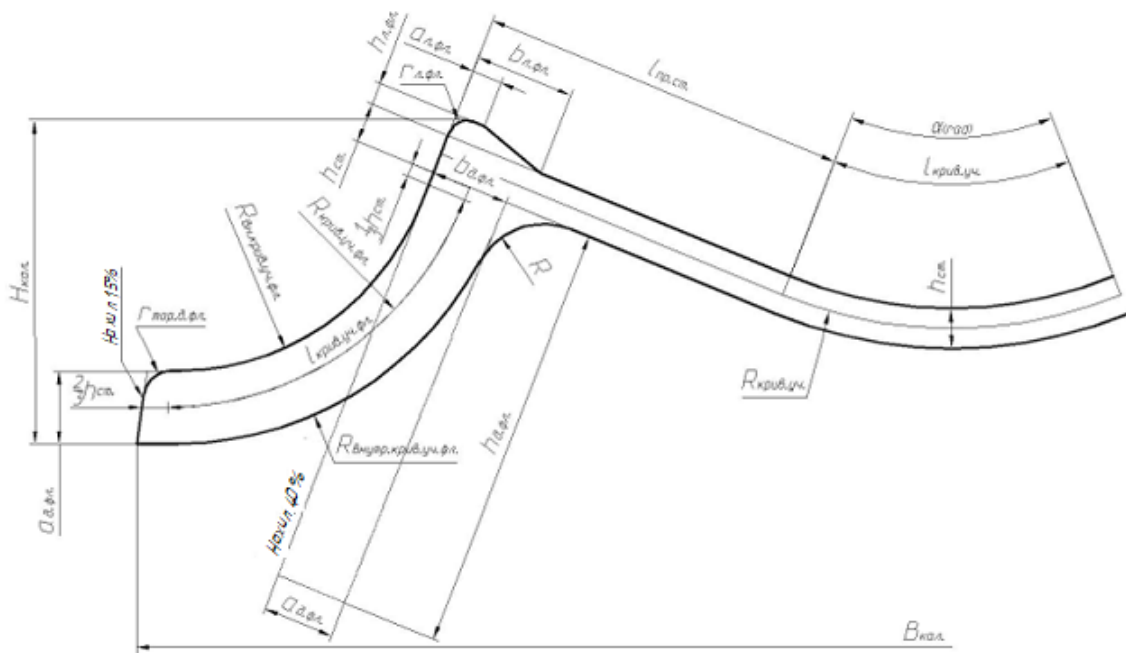


Рисунок 2.7 – Розгорнутий швелерний калібр

Для швелерів, що мають номери більше 30 використовують залежність:

$$l_{крив} = B_T - 20, \text{ мм.} \quad (2.4)$$

В дослідженнях використовувався швелер № 8. Значить в розрахунках потрібно використовувати для визначення розміру криволінійної стінки формулу (2.2).

$$l_{крив} = 79,9 + 10 = 89,9 \text{ мм.}$$

Для визначення радіусу кривизни стінки використовують наступну залежність:

$$R_{кр.ст} = \frac{l_{крив}}{\alpha}, \quad (2.5)$$

де α – кут кривизни, рад; $\alpha = 0,698$.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після підстановки, отримаємо:

$$R_{\text{кр.ст}} = \frac{89,9}{0,698} = 128,8 \text{ мм.}$$

Кількість проходів можна визначити з залежності:

$$N_{\text{прох}} = \frac{30}{h_{\text{ст } 1}} + 1, \quad (2.6)$$

де $h_{\text{ст } 1}$ – висота стінки в першому проході.

Після підстановки, отримаємо:

$$N_{\text{прох}} = \frac{30}{10,0} + 1 = 4.$$

Приймаємо 4 фасонні проходи.

Загальний коефіцієнт обтиснення стінки визначається за формулою:

$$\sum_N^1 \mu_{\text{ст}} = \frac{h_{\text{ст } 1}}{h_{\text{ст } N}}, \quad (2.7)$$

де $h_{\text{ст } N}$ – товщина стінки в останньому проході.

Після підстановки:

$$\sum_N^1 \mu_{\text{ст}} = \frac{10}{4,5} = 2,22.$$

Коефіцієнти обтиснення стінок в розгорнутому калібрі визначаються за формулами:

$$\sum_N^3 \mu_{\text{ст}} = \sum_N^1 \mu_{\text{ст}} / (\mu_{\text{ст } 1} \mu_{\text{ст } 2}), \quad (2.8)$$

де $\mu_{\text{ст } 1}, \mu_{\text{ст } 2}$ – відповідно коефіцієнт обтиснення в першому та другому проході.

Після підстановки, отримаємо:

$$\sum_N^3 \mu_{\text{ст}} = 1,22.$$

Коефіцієнт обтиснення у основи дійсних фланців дорівнює коефіцієнту обтиснення стінки в n проході:

$$\mu_{\text{осн фл } n} = \mu_{\text{ст } n}. \quad (2.9)$$

Коефіцієнти обтиснення кінців дійсних фланців знаходять з відношення:

$$\mu_{\text{к фл } n} = \mu_{\text{осн фл } n} \cdot 0,95. \quad (2.10)$$

Коефіцієнти обтиснення у основи полиць знаходять з виразу:

$$\mu_{\text{осн пол } n} = \mu_{\text{ст } n} \cdot 1,09. \quad (2.11)$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.21

Коефіцієнти обтиснення кінців полиць в кривополичних калібрах:

$$\mu_{\text{пол } n+1} = 1,3\mu_{\text{пол } n}. \quad (2.12)$$

Підставив відповідні значення, отримаємо:

- коефіцієнт обтиснення дійсних фланців:

$$\mu_{\text{к фл } n} = 1,22 \cdot 0,95 = 1,16;$$

- коефіцієнт обтиснення у основи полиць: $\mu_{\text{осн пол } n} = 1,22 \cdot 1,09 = 1,33;$

- коефіцієнт обтиснення у кривополичних калібрах:

$$\mu_{\text{пол } n+1} = 1,3 \cdot 1,16 = 1,5.$$

В наступних калібрах висота фланців визначається виходячи з розмірів довжини стінки та ширини профілю, нахил торців полиць приймаємо рівним 15 %.

Довжина криволінійної частини дійсного фланцю дорівнює:

$$l_{\text{кр фл } 3} = h_{\text{дз}} - h_{\text{ст } 3}, \quad (2.13)$$

де $h_{\text{дз}}$ – висота дійсного фланцю;

$h_{\text{ст } 3}$ – висота стінки.

Після підстановки, отримаємо:

$$l_{\text{кр фл } 3} = 35,0 - 4,5 = 30,5.$$

Радіус криволінійної частини дійсного фланцю:

$$R_{\text{кр.ст}} = \frac{2l_{\text{кр } 3}}{\pi - \alpha}. \quad (2.14)$$

Підставив відповідні значення, отримаємо:

$$R_{\text{кр.ст}} = \frac{2 \cdot 30,5}{3,14 - 0,698} = 23,1 \text{ мм.}$$

Визначити положення кінцю фланця можна за допомогою проекцій X та Y.

Ширина проекції на вісь X в наступних калібрах буде постійною і дорівнює:

$$B_{\text{кал}} = B_{\text{кал } 3} - 2, \text{ мм.} \quad (2.15)$$

Висота проекції на вісь Y дорівнює:

$$H_{\text{кал } n+1} = H_{\text{кал } n} + 7, \text{ мм.} \quad (2.16)$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота лживих фланців дорівнює:

$$h_{\text{лфл } n} = 0,6h_{\text{стн-1}}, \quad (2.17)$$

де $h_{\text{стн-1}}$ – висота стінки в попередньому проході.

Після підстановки, отримаємо:

$$h_{\text{лфл } n} = 0,6 \cdot 4,5 = 2,7 \text{ мм.}$$

Ширина лживих фланців у основи

$$b_{\text{лфл } n} = 1,3b_{\text{дфл } n}, \quad (2.18)$$

де $b_{\text{дфл } n}$ – ширина дійсного фланцю в n-му проході.

Після підстановки, отримаємо:

$$b_{\text{лфл } n} = 1,3 \cdot 7,5 = 9,75 \text{ мм.}$$

Ширина лживих фланців на кінці:

$$a_{\text{лфл } n} = 0,4b_{\text{дфл } n}. \quad (2.19)$$

$$a_{\text{лфл } n} = 0,4 \cdot 7,5 = 10,5 \text{ мм.}$$

Радіус закруглення ложного фланцю дорівнює:

$$r_{\text{лфл } n} = h_{\text{лфл } n} - 1. \quad (2.20)$$

$$r_{\text{лфл } n} = 2,7 - 1 = 1,7 \text{ мм.}$$

Результати розрахунку елементів профілю показано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розміри елементів профілю

№ проходу	Швелер		Дійсний фланець		Лживий фланець		Стінка	
	площа поперечного перерізу, мм ²	коефіцієнт витяжки	площа поперечного перерізу, мм ²	коефіцієнт витяжки	площа поперечного перерізу, мм ²	коефіцієнт витяжки	площа поперечного перерізу	коефіцієнт витяжки
1	2269,1	1,37	557,6	1,29	230,0	1,53	11,92	1,38
2	1656,2	1,37	432,0	1,29	150,0	1,2	8,63	1,38
3	1209	1,37	335,0	1,29	125	-	6,25	1,38
4	888,9	1,36	262,0	1,22	-	-	4,55	1,376

Використання розгорнутого калібрування дозволяє зменшити навантаження на прокатні кліті на 20...25 %, що забезпечує зменшення витрат прокатних валків в 2 рази. Такі заходи дозволяють на 25 % збільшити випуск продукції.

Ефективність пропонуємого процесу забезпечується тим, що в передчистовому прямополичному калібрі виявлено коефіцієнти деформації елементів профілю, що забезпечують стійкість металу в калібрі та дозволяють підвищити точність геометричних розмірів полок швелеру, що дозволяють зменшити кількість відділочних операцій.

2.6 Висновки до розділу

Аналіз способів калібрування швелерів визначив переваги та недоліки кожного. В результаті цього аналізу було надано перевагу розгорнутому калібруванню через те, що при прокатуванні за цим способом досягається найбільша рівномірність деформації за шириною профілю, зменшується кількість фасонних проходів з 6 до 4-х, зменшується зношення прокатних валків майже в 2 рази через мінімальну різницю діаметрів валків у калібрі, скорочується витрата енергії на 20 – 25 %, але погіршуються умови входу смуги в згинаючий прямо поличний калібр.

Використанні відкритого прямо поличного калібру в якості контрольного дозволяє покращити умови входу смуги в згинаючий прямо поличний калібр та збільшити точність кінцевого продукту, що дозволяє зменшити кількість обробних операцій.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.02.УТВШ	Аркуш
						2.24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Заходи з удосконалення технології виготовлення швелеру

В роботі було проаналізовані схеми калібрування прокатних валків, що використовують для гарячого прокатування швелера і надано перевагу розгорнутому калібруванню. Було виявлено, що при прокатуванні за цим способом досягається найбільша рівномірність деформації за шириною профілю, що дозволяє зменшити зусилля на деформацію. При обробці швелеру таким способом зменшується кількість фасонних швелерних калібрів з 6 до 4-х, що дозволяє зменшити час прокатування на 15 %, уповільнюється зношення прокатних валків майже в 2 рази через мінімальну різницю діаметрів валків у калібрі, скорочується витрата енергії на 20 – 25 %, але погіршуються умови входу смуги в згинаючий прямо поличний калібр.

З метою уникнення такого недоліку пропонується використовувати відкритий прямо поличний калібр в якості контрольного. Це дозволяє покращити умови входу розкату в згинаючий прямо поличний калібр та збільшити точність кінцевого продукту, що дозволяє зменшити кількість обробних операцій, що забезпечує зменшення часу на їх виконання на 5 %.

Таким чином нам вдалося скоротити час на виготовлення швелере на 20 %, зменшити витрати енергії на 20 %.

3.2 Виробнича програма на рік

Річна виробнича програма показує обсяг продукції, яка виготовляється за рік з врахуванням річного фонду робочого часу обладнання, що використовують, та його питомої продуктивності.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Брищенко				ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	Літ.	Аркуш
Перевірив	Бондарчук						3.1
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м	
Н. контр.	Чубенко						
Затвердив	Савельєв						
						Аркушів	15

Річну виробничу програму виготовлення швелерів можна визначити за формулою:

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

де Q – річна виробнича програма, т;

T_Φ – фактичний час роботи обладнання в поточному році, год;

P_T – годинна технічна норма продуктивності прокатного стану, де прокатують швелери, т.

Для визначення фактичного часу роботи прокатного стану, визначимо його час роботи за календарем і врахуємо тривалість капітальних ремонтів та профілактичних робіт.

Фактичний час роботи обладнання з випуску швелерів протягом року визначається за формулою:

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

де T_K – календарний час роботи обладнання з випуску швелерів, діб;

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

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

$T_{к.р}$ – кількість днів, коли виконувалися ремонтні роботи на цьому обладнанні, днів;

r – кількість робочих змін на одну добу;

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

$T_{нр}$ – час, що витрачається на ремонт обладнання у випадку аварійної ситуації.

Після підстановки усіх перерахованих даних, отримаємо, що час роботи обладнання х випуску швелерів дорівнює:

$$T_\Phi = 7425 \text{ год.}$$

Технічна норма продуктивності з випуску швелерів розраховується за формулою:

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

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M – маса початкової заготовки для отримання швелеру, яка визначається за формулою:

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

де H, B, L – відповідно висота, ширина, довжина початкової заготовки;

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

t – такт обробки металу при виготовленні швелерів, що враховує усі основні та допоміжні операції.

До впровадження нових рішень такт обробки дорівнював $t_{до} = 520 \text{ с}$.

Для отримання швелеру № 8П будемо використовувати безперервно-литу заготовку, що має наступні розміри:

- висота $H = 0,75 \text{ м}$;
- ширина $B = 1 \text{ м}^2$;
- довжина $L = 6 \text{ м}$.

Тоді маса початкового матеріалу дорівнює:

$$M_I = 0,75 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 7850 = 35325 \text{ кг}.$$

Після удосконалення технології виготовлення продукції, отримаємо, що такт обробки зменшився на 20% і буде дорівнювати:

$$t_{після} = 520 - (520 \cdot 0,2) = 520 - 104 = 416 \text{ с}.$$

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

$$P_{Tдо} = 3600 \cdot 35325 / 520 = 244557,7 \text{ кг/год} = 244,56 \text{ т/год}.$$

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

$$P_{Tпісля} = 3600 \cdot 35325 / 416 = 305697 \text{ кг/год} = 305,7 \text{ т/год}.$$

З розрахунку видно, що після впровадження нових технічних рішень технічна норма продуктивності збільшилася на 61139,3 кг.

Це явище викликає збільшення річного обсягу виробництва швелерів, який буде дорівнювати:

$$Q_{до} = 244,56 \cdot 7425 = 1815858 \text{ т/рік}.$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.3
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{після}} = 305,7 \cdot 7425 = 2269822,5 \text{ т/рік.}$$

Таким чином річний обсяг виробництва швелерів після впровадження нових рішень збільшився на:

$$\Delta Q = Q_{\text{після}} - Q_{\text{до}} = 2269822,5 - 1815857 = 453965,5 \text{ т.}$$

Таке збільшення складає: 25 %.

3.3 Амортизаційні витрати основних засобів

Склад основних засобів, що використовують для виготовлення швелерів, їх вартість та амортизаційні відрахування наведено в таблиці 3.1.

Відрахування на амортизацію основних засобів при прокатуванні швелерів AB визначається за формулою:

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

де H_a – це встановлена норма амортизаційних відрахувань, яка дорівнює:
 $H_a = 0,05$;

$B_{\text{зал}}$ – залишкова вартість обладнання, яка визначається за формулою:

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

$B_{\text{поч}}$ – початкова вартість устаткування, визначається за прейскурантами.

Визначимо амортизаційну вартість на одну тону виготовлених швелерів:

– до використання нової технології:

$$AB_{\text{до}} = \sum AB / Q_{\text{пл}} = 17100000 / 1815858 = 9,41 \text{ грн./т.}$$

– після впровадження:

$$AB_{\text{після}} = 17106000 / 2269822,5 = 7,54 \text{ грн./т.}$$

Визначимо як змінилася амортизаційна вартість однієї тони швелерів.

$$\Delta AB = AB_{\text{після}} - AB_{\text{до}} = 7,54 - 9,41 = -1,87 \text{ грн.}$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Амортизаційні витрати на основні засоби при прокатуванні швелеру

Основні засоби	Початкова вартість, млн. грн	Амортизаційні витрати, млн. грн.	Залишкова вартості, млн. грн.
Вартість будівель та споруд			
Вартість будівлі	72,52	3,63	68,89
Склади вихідних матеріалів, напівфабрикатів та готової продукції	50,25	2,51	47,74
АПП	55,55	2,78	52,77
Основне обладнання прокатного цеху			
Нагрівна піч	52,5	2,6	49,92
Рольганг	8,55	0,43	8,12
Холодильник	20,2	1,01	19,19
Прокатні кліті	30,5	1,25	28,98
Допоміжне обладнання прокатного цеху			
Система охолодження	5,5	0,275	5,225
Ножиці	16,0	0,8	14,2
Мостовий кран	30,5	1,5	28,5
Σ_b	342,07	17,1	324,97
Переточка прокатних валків	0,05	0,0025	0,00475
$\Sigma_{нт}$	342,12	17,106	324,98

З розрахунку видно, амортизаційна вартість зменшилася, не дивлячись на те, що потрібно здійснити додаткові витрати на переточування прокатних валків при переході на нове калібрування. Це стало можливе завдяки збільшенню обсягу випущеної продукції.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Вартість матеріальних ресурсів, витрачених на виготовлення швелерів

Складові елементи матеріальних ресурсів на виготовлення швелерів та їх вартість наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість матеріальних ресурсів витрачених на виготовлення швелерів

Назва матеріалу, що використовується для виготовлення швелерів	Норма використання, натуральних од.	Ціна, грн.	Витрати за базовою техн., грн.	витрати за новою техн., грн.
	за базовою техн. /за новою техн.			
Основні матеріали: сталь 9ХГС2	1,00	9000	9000	9000
Допоміжні матеріали: Витрати енергії на прокатування, кВт·год.	25,0/20	5,5	137,5	110,0
Витрати води на один м ³	10	32,0	320	320
Σ витрат на 1 т швелерів, грн./т			9457,5	9430
Річний обсяг швелерів, т.			1815858,0	2269822,5
Σ на 1 рік, тис. грн.			17173496	21404402,6

З таблиці видно, що вартість матеріальних ресурсів збільшується через збільшення обсягу виробництва швелерів, хоча витрати на одну тону зменшуються.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Розрахунок фонду заробітної плати

Фонд заробітної плати основних та допоміжних робітників відповідає штатному розкладу. Штат робітників з випуску швелерів наведено в табл. 3.3. з таблиці видно, що всього потрібно 28 робітників за базовою та новою технологією.

Фонд заробітної плати слюсарів визначається погодинно-преміальною системою оплати праці. Також, робітники отримують премію при якісному виконанні плану з виготовлення швелерів.

Календарний час роботи основних робітників з випуску швелерів у 2025 році складає 365 днів.

Режим роботи – однозмінний. Зміна триває 8 годин. Робітники мають два вихідних протягом одного тижня. Загальна кількість вихідних днів і 2025 році склала 115 діб. Усі робітники мають раз на один рік відпустку, яка триває протягом 27 календарних діб. Врахувавши це явище, визначили, що кількість робочих днів у кожного робітника з випуску швелерів у 2025 році буде дорівнювати 180 діб.

Робітники, які задіяні у цеху з випуску швелерів, мають основну заробітну плату та преміальні, які виплачують робітникам при умові якісного та своєчасного виконання плану, які складають 30 % від основної заробітної плати. При роботі у нічний час усі робітники отримують додаткову заробітну плату, яка нараховується за роботу у нічний час. Така додаткова заробітна плата складає 20 % від окладу. Також на підприємстві присутня і виплата додаткової заробітної плати, яка складає 20 % від фонду заробітної плати.

Усім робітникам нараховуються виплати у розмірі 22 % на соціальне страхування.

Перелік працівників, що задіяні у виробництві швелерів та їх фонд заробітної плати наведено в таблиці 3.3.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Штат робітників і фонд їх заробітної плати, що необхідні для виготовлення швелерів

Професії робітників, що задіяні в отриманні швелерів	Штат, осіб		Тарифна ставка, грн.		Кількість відпрацьованих змін	ФОП, тис. грн.
	до	після	погодинна	за зміну		
Оператор	6	6	125,0	1000	180	1080
Слюсар	4	4	110,0	880,0	180	633,6
Настроювальник	4	4	120,0	960	180	691,2
Прибиральник гарячого металу	4	4	120,0	960	180	691,2
Вальцівник	4	4	115,0	920	180	662,4
Ремонтник з налагодження обладнання	6	6	120,0	960	180	1036,8
Всього	28	28				4802,4
Премії (30% від основної)						1440,72
Доплати за роботу в нічний час (20 % від окладу)						960,4
Всього основна заробітна плата						7203,12
Додатковий ФЗП (20%)						1440,6
Всього загальний річний ФЗП						11313,72
Відрахування на соцстрах (22 % від усього)						2489,0
Σ						13802,7

З таблиці видно, що фонд заробітної плати до і після впровадження нових технічних рішень не змінився.

Фонд заробітної плати робітників, що задіяні у виготовленні однієї тони швелерів за базовою технологією дорівнює:

$$\Phi ЗП_{1\text{т до}} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}}) / Q_{\text{пл}} = 13802700 / 1815858 = 7,6 \text{ грн./т.}$$

Після впровадження нових технічних рішень фонд заробітної плати для виготовлення однієї тони швелерів став дорівнювати:

$$\Phi ЗП_{1\text{т після}} = 13802700 / 2269822,5 = 6,8 \text{ грн./т.}$$

З розрахунків видно, що фонд заробітної плати при впровадженні оновленої технології зменшується.

Середня заробітна плата за один місяць для одного робітника при виробництві швелерів визначається за формулою:

$$ЗП_{\text{роб}} = \text{ОЗП}_{\text{всього}} / n \cdot 12,$$

n – кількість робітників.

$$ЗП_{\text{роб}} = 13802700 / 28 \cdot 12 = 41079,5 \text{ грн.}$$

При використанні нових рішень місячна заробітна плата одного робітника не змінилася.

Нарахування заробітної плати керуючого та обслуговуючого персоналу, що задіяні у випуску швелерів представлено в таблиці 3.4.

З таблиці видно, що для утримання адміністративно-обслуговуючого персоналу потрібний загальний фонд заробітної плати 7810732,8 грн, який не змінився після впровадження нових технічних рішень з випуску швелерів.

$$\text{Середньомісячна зарплата дорівнює: } 7810732,8 : 12 : 12 = 54241,2$$

На одну тону швелерів цей фонд дорівнює:

$$\Phi ЗП_{1\text{до}} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}}) / Q_{\text{плдо}} = 7810732,8 / 1815858 = 4,3 \text{ грн./т.}$$

$$\Phi ЗП_{1\text{після}} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}}) / Q_{\text{плпісля}} = 7810732,8 / 2269822,5 = 3,44 \text{ грн./т.}$$

З розрахунків видно, що при впровадженні оновленої технології фонд заробітної плати на одну тону швелерів зменшився.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Фонд заробітної плати адміністративно-обслуговуючого персоналу, що задіяні у випуску швелерів

Посада	Кількість, осіб	Оклад, грн.	ФЗП, грн.
Начальник прокатного цеху	1	44000	528000
Заступник начальника сортопрокатного цеху	1	40000	480000
Майстер	4	30000	1440000
Технолог	4	30000	1440000
Прибиральник ділянки	2	9000	216000
Всього	12		4104000
Премії (30%)			1231200
Всього основна зар. плата			5335200
Додаткова зар.плата			1067040
Всього		-	6402240
Відрахування на соцстрах (22%)			1408492,8
Σ			7810732,8

3.6 Визначення собівартості швелерів

Собівартість швелерів враховує наступні статті витрат [22-23]:

1. Заробітна плата основних робітників, які обслуговують устаткування з випуску швелерів і адміністративно-обслуговуючого персоналу, де відбувається врахування усіх доплат та соціальних виплат.
2. Вартість електричної енергії на виробництво швелерів.
3. Вартість початкових матеріалів на виробництво швелерів.
4. Вартість обслуговування та ремонту обладнання з випуску швелерів, яка приймається на рівні 10% від вартості такого обладнання.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
						3.10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Амортизаційні відрахування на устаткування з випуску швелерів.

6. Накладні витрати з виробництва швелерів, які дорівнюють 10 % від вартості виробничої бази цеху з виготовлення швелерів.

Калькуляція визначення собівартості отриманих швелерів наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Калькуляція собівартості швелерів

№ з/п	Статі витрат на виготовлення швелерів	Величина витрат, грн.	Витрати на 1 т, грн.
1	Амортизаційні відрахування: - за баз. вар. - за нов. вар	17100000 17106000	9,41 7,54
2	Заробітна плата робітників та обслуговуючого персоналу: - за базовим вар. - за новим вар.	21613433 21613433	11,9 9,5
3	Сировина та вихідні матеріали - за баз. вар. - за нов. вар.	17173496000 21404402600	9457,5 9430,0
4	Обслуговування та ремонт обладнання (10% від його вартості) - за баз. вар. - за нов. вар.	32497000 32498000	17,9 14,3
5	Накладні витрати - за баз. вар. - за нов. вар.	32497000 32498000	17,9 14,3
6	Всього: - за баз. вар. - за нов. вар.	17277203400 21511547200	9514 9476

Визначення ціни отриманих швелерів здійснюється за формулою:

$$Ц = 1,2 \cdot C, \text{ грн./т,}$$

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

З таблиці 3.5 видно, що собівартість випуску 1 тони швелерів за новою технологією зменшилася і дорівнює за базовою технологією $C_{до} = 9514$ грн, за оновленою технологією $C_{після} = 9477$ грн.

Ціна 1 тони швелерів дорівнює:

$$Ц_{до} = 1,2 \cdot 9514 = 11416 \text{ грн./т.}$$

$$Ц_{після} = 1,2 \cdot 9476 = 11372 \text{ грн./т.}$$

Сумарна величина коштів, що отримано від продажу швелерів визначається за формулою:

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

$$Д_{до} = 11416 \cdot 1815858 = 20729834900 \text{ грн.}$$

$$Д_{після} = 11372 \cdot 2269822 = 25812415784 \text{ грн.}$$

В цеху з виготовлення швелерів отримують балансовий прибуток, який визначається за формулою:

$$П_{баз} = Д_{заг} - ОПБ - С,$$

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

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

За базовою технологією:

$$П_{бал до} = 20729834900 - 2072983490 - 17277203400 = 137964010 \text{ грн.}$$

За новою технологією:

$$П_{бал після} = 25812415784 - 2581241578 - 21511547200 = 1719627006 \text{ грн.}$$

Податок на додану вартість при виготовленні швелерів визначається за формулою:

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

Податок на додану вартість за базовою технологією:

$$ПДВ_{до} = 20729834900 \cdot 5 / (100 + 5) = 987134995 \text{ грн.}$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.12

За новою технологією дорівнює:

$$ПДВ_{\text{після}} = 25812415784 \cdot 5 / (100 + 5) = 1229162656 \text{ грн.}$$

Прибуток при виготовленні швелерів, який залишається в цеху, визначається за формулою:

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

де $ПП$ – податок на прибуток за існуючими на підприємстві ставками, який дорівнює 25 % від балансового прибутку цеху.

Податок на прибуток визначають за формулою:

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

$$ПП_{\text{до}} = 0,01 \cdot 25 \cdot 137964010 = 34491002,5 \text{ грн.}$$

$$ПП_{\text{після}} = 0,01 \cdot 25 \cdot 137964010 = 429906751,5 \text{ грн.,}$$

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

За базовою технологією прибуток дорівнює:

$$П_{\text{до}} = 137964010 - 34491002,5 = 103473007,5 \text{ грн.}$$

Після впровадження нових технічних рішень дорівнює:

$$П_{\text{після}} = 1719627006 - 429906751,5 = 2189720254,5 \text{ грн.}$$

З розрахунку видно, що при використанні нових технологічних рішень, величина прибутку збільшилася.

Рентабельність виготовлення швелерів:

$$R = П_{\text{бал}} \cdot 100 / C.$$

Рентабельність виготовлення швелерів за базовим варіантом дорівнює:

$$R_{\text{до}} = 137964010 \cdot 100 / 17277203400 = 7,9 \text{ \%}.$$

Рентабельність виготовлення швелерів за новим варіантом:

$$R_{\text{після}} = 1719627006 \cdot 100 / 21511547200 = 8,0 \text{ \%}.$$

Граничний рівень витрат від реалізації швелерів визначається за формулою:

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

За базовим варіантом дорівнює:

$$C_{\text{гр до}} = 17277203400 / 20729834900 = 0,83 \text{ грн./грн.}$$

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.13

Після застосування нової технології:

$$C_{\text{гр після}} = 21511547200 / 25812415784 = 0,812 \text{ грн./грн.}$$

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

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

де $Ч$ – чисельність робітників за спискам.

До впровадження оновленої технології:

$$ПП_{\text{п до}} = 20729834900 / 28 = 740351246 \text{ грн./особу.}$$

Після впровадження нових рішень:

$$ПП_{\text{п після}} = 25812415784 / 28 = 921871992 \text{ грн./особу.}$$

Продуктивність праці на одну особу по масі швелерів

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

$$ПП_{\text{п до}} = 1815858 / 28 = 64852 \text{ т/особу.}$$

$$ПП_{\text{п після}} = 2269822 / 28 = 81065 \text{ т/особу.}$$

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

3.7 Висновки до розділу

Розрахунок техніко-економічних показників виготовлення швелерів показав, що застосування розгорнутого калібрування, де є відкритий прямополічний калібр, за рахунок зменшення часу на виробництво на 20 % і зменшення витрат енергії на 20 %, досягається збільшення річного обсягу виробництва швелерів і річна продуктивність процесу на 25 %, при цьому збільшуються виробничі фонди на 0,17 %.

Чисельність працівників та їх заробітна плата за оновленою технологією не змінюється. Собівартість готової продукції зменшується на 0,39 %. Рентабельність виробництва збільшується на 0,1 %.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.03.ТЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3.14

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні показники з виготовлення швелерів

Показники	Од. виміру	До оновлення	Після оновлення	Відхилення	
				абс.	відн., %
Річний обсяг виробництва швелерів	т	1815858	2269822	453965,5	25
Годинна продуктивність	т/год.	244,5	305,7	61,2	25
Виробничі фонди	грн.	345774402	34638440 2	610000	0,17
Чисельність персоналу	осіб	28	28	0	0
Продуктивність праці	т/особу грн./осо бу	64852 740351246	81065 92187199 2	16213 291174	25 24,5
Середньомісячна зарплата одного - робітника - адмін.перс	грн.	41079,5	41079,5	0	0
		54241	54241	0	0
Собівартість швелеру	грн. 1 т	9514	9476	-38	0,39

4 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Металургійна галузь є дуже небезпечною. Через це потрібно особливу увагу приділяти санітарно-екологічному середовищу на металургійних підприємствах, передбачати низку заходів з охорони праці та навколишнього середовища, дотримуватися пожежної безпеки при отриманні металопродукції.

Робота націлена на удосконалення технології виготовлення швелеру, який запропоновано виготовляти гарячим прокатуванням.

Технологію оновлено за рахунок впровадження розгорнутого калібрування профілів, що дозволяє скоротити кількість фасонних проходів та змінити форму передчистового контрольного калібру, що дозволить підвищити якість швелеру. В таких умовах потрібно також і передбачити усі заходи, що дозволяють безпечно працювати.

При роботі на машинах безперервної розливки сталі, де отримують початковий матеріал для виготовлення швелерів, на прокатних станах, де отримують кінцевий профіль, потрібно дотримуватися усіх норм та вимог з охорони праці на металургійному виробництві.

Потрібно передбачити заходи, що захищають робітників від негативних чинників, які призводять до погіршення санітарно-екологічного середовища. Стан засобів індивідуального та колективного захисту робітників, принцип роботи прокатного та нагрівного обладнання, машин безперервної розливки сталі повинні сприяти захисту робітників від негативних факторів на підприємстві.

Для забезпечення сприятливих умов праці в прокатному цеху та на підприємстві необхідно мати злагоджену організацію роботи підприємства і цілому та кожного цеху, що досягається правильною побудовою приміщень цеху,

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Брищенко				САНІТАРНО- ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	Літ.	Аркуш
Перевірив	Шаповалов						4.1
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м	
Н. контр.	Чубенко						
Затвердив	Савельєв						
						Аркушів	12

створення необхідної вентиляції, потрібного освітлення тощо. Необхідно передбачити заходи, що дозволять уникнути професійних захворювань та нещасних випадків на підприємстві.

На металургійному підприємстві знаходяться гарячі цехи: доменні, сталеплавильні, прокатні, які повинні бути пов'язані між собою з дотриманням вимог пожежної безпеки та санітарно-екологічних умов.

На металургійному підприємстві при виробництві швелерів повинно бути забезпечено раціональне розташування усіх цехів, починаючи з виробництва початкових матеріалів до виготовлення готової продукції, де потрібно використовувати оптимальний транспортний зв'язок між цими цехами з застосуванням прогресивних видів транспорту, вантажопотоків, що не допускають затримань та простоїв при перевезенні вантажів та забезпечують можливість максимального використання усієї виробничої ділянки цеху.

В якості транспортних засобів при виробництві і транспортуванні швелерів використовують залізничний, конвеєрний транспорт. Велика кількість вантажів у прокатних цеха переміщується за допомогою електричних мостових кранів, рольгангів, транспортерів, штовхачів, маніпуляторів тощо.

В якості початкового матеріалу при виробництві швелерів використовують безперервно-литу заготовку, яку підігрівають перед гарячим прокатуванням. під час нагрівання можуть відбуватися такі негативні явища, як викиди гарячого шлаку, що є суттєвою небезпекою.

В плані прокатного цеху потрібно передбачити можливість розширення та реконструкції як цеху з випуску швелерів, так і усього металургійного підприємства.

Ділянка прокатного цеху, де відбувається прокатування швелерів, повинна відповідати усім Положенням основ земельного законодавства України, задовольняти вимоги санітарії що до природньої та штучної вентиляції, природнього та штучного освітлення усіх приміщень та цехів.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібно при спорудженні цеху передбачити водоспуск та водозбір, що потрібно розташовувати у місцях погоджених з органами санітарного нагляду.

Виходи та входи на територію підприємства, де відбувається виготовлення швелерів, потрібно розташовувати з боку підходів працівників, що задіяні у виробництві.

У прокатному цеху з виготовлення швелерів, об'єм виробничого приміщення повинен складати не менш за 15 м³ на одного працівника. Будівля повинна мати висоту більше 3,2 м. Рух працівників по цеху повинен здійснюватися по намічених проходах та по пішохідних тунелях. Працівники на підприємстві повинні рухатися до робочих місць з урахуванням усіх вимог з техніки безпеки та технічної санітарії, що стосується даного виробництва.

Адміністративно-побутовий корпус повинен бути розміщений на відстані від основних цехів не більше як 100 м.

Побутові приміщення, які мають у своєму складі їдальні, гардеробні, туалети, душові кабінки, медичні пункти, потрібно розташовувати на відстані від робочого місця з не більше 300 м дотриманням усіх санітарних норм та вимог.

Для працівників прокатних цехів з випуску швелерів, відповідно до нормативів СН-245-11, потрібно передбачати душові кабінки, що оснащені усім необхідним (полицями з вішалками та гаками, гумовими ковдрами). Кількість цих душових кабінкок залежить від кількості працівників і дорівнює одна кабінка на три працівника, що працюють в найбільш чисельній зміні. Відстань між кабінками повинна бути не меншою як два метри одна від одної. Також потрібно передбачити вмивальники в кількості, яка дорівнює 1 вмивальник на 15 робітників.

Для жінок необхідно створити особисті кімнати гігієни. Для зберігання взуття та спеціального робочого одягу, чистого одягу потрібно передбачити спеціальні шафи в кількості працюючих відповідно штатному розкладу. Розміри цих шаф дорівнюють 50×150 см, відстань між шафами винна бути 2 м.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4.3

Навколо прольоту прокатного стану повинна бути передбачена санітарно-захисна зона, яка буде служити захисним бар'єром для населених пунктів від шуму, пилу, від негативного впливу високих температур. Ця зона, відповідно санітарним нормам складає за шириною близько 1000 м.

Розташовувати вбиральні потрібно на відстані 100 м від робочого місця, питну воду та автомати з газованою водою потрібно встановлювати на відстані 75 м від робочого місця.

Прокатні стани, що виготовляють швелери – є складним обладнанням, що оснащене електричними і механічними устаткуваннями та пристроями при обслуговуванні яких потрібно дотримуватися усіх правил, вимог та норм з виробничої санітарії. Умови роботи на такому обладнанні є дуже шкідливими, є безліч небезпечних чинників таких як запиленість, загазованість, теплове випромінювання, шум та вібрація, що дуже шкідливо впливають на робітників та оточуюче середовище.

При виконанні технологічних операцій при виготовленні швелеру виникає дуже багато різних негативних чинників, що мають суттєвий вплив на стан робітників, які задіяні у виробництві. Можуть призвести до їх травмування та виникненню професійних захворювань. При роботі на прокатному стані з виготовлення швелерів виникають наступні небезпечні чинників: переміщення гарячих розкатів по рольгангу, велика швидкість обертання прокатних валків, їх безперервний рух, висока температура прокатування.

З метою уникнення впливу перелічених шкідливих чинників потрібно використовувати захисні засоби.

Один з дуже важливих таких засобів – це освітленість робочих місць, яка повинна відповідати санітарним нормам і залежати від призначення та розташування робочого місця. Також потрібно, щоб рівень шуму не перевищував допустимі норми, який для прокатного цеху не повинен перевищувати 75 Дб.

Для нагрівання матеріалу перед прокатуванням в нагрівній печі використовується природний газ, який є доволі небезпечним. Якщо працювати на

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4.4

нагрівній печі без дотримання належних умов, може відбутися її возгорання. Температура нагрівання матеріалу перед прокатуванням залежить від його хімічного складу і дорівнює 1100...1250°C, що є доволі небезпечним, може викликати порушення терморегуляції організму робітника, погіршенню координації його рухів та рефлекторну діяльність організму.

Дуже небезпечним чинником при роботі нагрівної печі є теплове випромінювання. Про рівень безпеки при роботі нагрівної печі свідчать наступні дані (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Теплове випромінювання

№ з/п	Робоче місце	Величина теплового випромінювання, °C	
		Фактична	Нормативна
1	При роботі на керувальних постах	25	22-24
2	У нагрівних методичних печей	25	23-24
3	При роботі робочих клітей прокатного стану	30	20-27
4	При обробці готового прокату	30	15-26

Такі дані мають негативний вплив на роботу серцево судинної системи працівника, викликає перегрів організму, до виникнення простуди.

У випадку доторкання робітника до гарячого металу можуть виникнути опіки.

При нагріванні металу утворюються окалини, яка має негативний вплив на організм працівника під час прокатування виробу на прокатному стані. При цьому утворюється пил, що негативно впливає на легені робітників. У випадку, коли пил має розмір менший за 60 мкм, він може проникати в легені робітника і повністю там затримуватися, що може призвести до бронхітних захворювань. Окрім цього, дрібні частинки пилу обмежують видимість робітників, що погіршує

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

орієнтацію людини в межах робочої зони. Також пил може викликати підвищене зношення прокатного обладнання, що призводить до його руйнування. Пил може підвищувати вибухонебезпечність і здатний бути додатковим джерелом статичних зарядів електрики.

Дуже небезпечним є ураження робітника електричним струмом під час роботи прокатного стану. така небезпечність може бути викликана наступними чинниками:

- доторканням робітника до оголеного проводу;
- доторканням робітника до корпусів машин та механізмів, частин агрегатів, де було ушкоджено ізоляцію.

При розробці технологічних процесів з виготовлення швелерів потрібно зосереджуватися на нешкідливих умовах праці, особливу увагу потрібно приділяти при роботі з електричним устаткуванням, яке знаходиться під 1000 V. Для такого обладнання потрібно створити заземлюючі устаткування та виконати заземлення усіх корпусів електричного обладнання.

Потрібно уважно слідкувати за ступенем забруднення повітря, для боротьби з цим явищем потрібно передбачити аерацію та вентиляцію, яка може бути як природньою, так і штучною. Влітку потрібно забезпечити надійне надходження повітря до робочих місць через аерозійні прорізи, які розміщують у стінах будівлі підприємства.

В кабінах керування електричними мостовими кранами, як і на постах керування необхідно встановити вентилятори або кондиціонери для штучної вентиляції повітря.

Для очищення газів, які забруднюють зону навколо прокатного стану, потрібно встановлювати циклони та ділянки першої групи очисних механізмів.

Потрібно унеможливити викид полум'я та газу з методичної печі. Для цього передбачають суцільне прилягання затвірок оглядових вікон до рам нагрівного обладнання. Під час роботи нагрівної печі потрібно ретельно стежити за тиском у печі, щоб він не перевищував 2,8 мм водяного стовпу.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На тих робочих місцях, де спостерігається підвищення вмісту пилу в повітрі, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту такі, як респіратори «Пелюсток». Ці ж респіратори потрібно використовувати при виконанні усіх робіт, де існує суттєва запиленість повітря.

Для того, щоб робота працівників прокатного стану з випуску швелерів була безпечною, потрібно використовувати спеціальний одяг та взуття, рукавиці та каски для працюючих.

За правилами Санітарних норм, один раз на рік видається спеціальний одяг зі спеціальними захисними властивостями, що відповідають вимогам стандартів та технічних умов, який дозволяє уникнути нагрівання працівника з середини.

При роботі працівника прокатного стану з виготовлення швелерів потрібно забезпечити уникнення можливості його переохолодження. З цією метою створюються спеціальні мікрокліматичні умови у прокатних станах, що дотримуються спеціальних санітарних норм.

Прокатування швелерів здійснюється на великій швидкості, яка може досягати 10 м/с, що є доволі небезпечним у випадку аварійного викиду металу з прокатних клітей. через це на прокатному стані потрібно передбачати захисні стінки. Для уникнення травматизму працівників деталями прокатних станів, які рухаються з великою швидкістю, потрібно встановлювати перехідні містки та огородити устаткування захисними металевими кожухами.

При виникнення небезпек при роботі прокатного стану, потрібно використовувати звукову та світлову сигналізацію для оповіщення робітників.

Потрібно передбачати теплову ізоляцію стін та зводів у прокатних цехах, яка дозволяє зменшити теплове випромінювання під час прокатування швелерів та їх транспортування.

Навколо прокатного стану потрібно розташувати санітарно-захисну зону, яка буде служити надійним бар'єром від попаданню пилу на робітників, від негативного впливу на них шуму та вібрацій, що створюються під час роботи прокатного стану. така захисна зона дозволить зменшити шкідливу дію високої

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури. Санітарно-захисна зона повинна мати розміри, що відповідають санітарним нормам.

Для захисту усіх каналів та проїздів від негативного впливу випромінювання та різних викидів, потрібно використовувати спеціальні плити та листи, що здатні захищати працівників.

При прокатуванні швелерів потрібно контролювати рівень забруднень робочих місць, проходів, проїздів з метою уникнення шкідливого впливу.

У зимовий час для уникнення травмування працівників, потрібно усі проходи поза приміщення посипати піском або виробничими шлаками. Для проходів, що розташовано під кутом нахилу більше 20° , потрібно передбачити похилі сходи, що мають огороженнями. Такі проходи, відповідно до санітарних норм повинні мати розміри: ширину – більше 0,6 м і висоту більшу за 1,8 м для вільного руху працівника.

При роботі на прокатному стані потрібно передбачити природню освітленість через віконні рами, рівень якої залежить від розмірів прокатного стану.

Для виготовлення швелерів використовують прокатних стан, який встановлено в прольоті, що має розміри: довжина 150 м; ширина 30 м.

Для нормального освітлення при роботі на такому обладнанні при середніх запиленості та задимлені, відповідно до санітарних норм, мінімальна освітленість повинна дорівнювати 75 лк. Такий рівень освітлення забезпечується світильниками прямого світла, які працюють під напругою 220 V та мають потужність ламп 500 Вт.

Прокатний цех з випуску швелерів має велику пожежонебезпечність. Через це потрібно регулярно здійснювати пожежну профілактику в цеху з метою своєчасного попередження можливості створення та розповсюдження пожежі під час прокатування профілів.

За ступенем пожежної небезпеки прокатне обладнання відносять до категорії «Г» через, те що прокатування швелерів відбувається при температурі,

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яка може перевищувати 1000°C. Таке обладнання має 11-ту ступень вогнестійкості.

До місць, що мають високу пожежну небезпеку в цеху відносять машинні зали, склади мастил, лінії передачі електричної енергії, газові комунікації та пости керування, можливі випадки займання в місцях проходження розжареного металу.

Під час прокатування швелерів потрібно обережно поводитися з вогнем, ретельно спостерігати за роботою усіх теплових устаткувань, що розміщено в потоці головної лінії прокатного стану, спостерігати за роботою електричного двигуна, приділяють увагу безперебійній роботі мереж електропостачання. Потрібно ретельно слідкувати за роботою газових устаткувань з метою уникнення вибухів вибухонебезпечних газів, що можуть викликати пожежу.

При роботі цеху, потрібно передбачити засоби швидкого гасіння пожежі. В якості таких засобів пропонується використовувати гідранти. Для забезпечення надійного захисту необхідна кількість таких гідрантів складає 19 штук. Розміщують їх на відстані 50 м один від іншого. Для надійного знешкодження джерела пожежі, необхідно мати тиск води в магістралі більший за 5...6 Атм.

Для швидкого пожежогасіння потрібно зручно розташовувати протипожежний інвентар, до якого відносять: лопати, сокири, ящики з піском місткістю 0,5 м³. Такий інвентар повинен знаходитися на кожному пожежному щитку в кількості – дві штуки. В безпосередній близькості до прокатного стану потрібно розташувати ящики з піском. На холодильному устаткуванні необхідно розташувати систему форсунок з водою.

Велику пожежну небезпеку складають маслоприводи, що необхідні для нормальної роботи прокатного стану з випуску швелерів. Для уникнення пожежі маслоприводи необхідно обладнати автоматичними системами, що дозволяють своєчасно погасити пожежу.

У разі виникнення пожежі, необхідно негайно оповістити пожежну охорону, вказати адресу, де відбулася пожежа, кількість поверхів будівлі, назвати місце возгорання, обставини, що викликали пожежу, поточний стан пожежі,

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількість людей, що знаходяться у приміщенні. Потрібно забезпечити швидкій та вільний шлях підрозділам з пожежної охорони. Працівників необхідно швидко евакуювати з місця пожежі відповідно плану евакуації.

Особливо небезпечним середовищем для виникнення пожежі є відділення нагрівних печей, де відбувається нагрівання матеріалу перед прокатуванням до високої температури.

Велику пожежну небезпеку мають склади мастил та машинні зали. Через це потрібно ретельно слідкувати за тим, щоб не відбувалося випаровування мастил та передбачити надійну систему пожежогасіння. Така система для надійної роботи повинна мати і своєму складі 12 кранів приєднаних до пожежних рукавів, завдяки яким у разі виникнення пожежі подається вода під тиском від 6 до 8 Атм.

У разі виникнення пожежі від мастила, потрібно передбачити хімічно-пінні вогнегасники ВХП-10 та вуглецеві вогнегасники ВВ-2 та ВВ-5.

Для захищення будівель від враження блискавкою, потрібно передбачити стрижневі громовідводи, які споруджені у вигляді конусу з радіусом утворюючої. Розміри такої споруди залежить від висоти будівлі і складають: радіус дорівнює $r = 1,5h$ м, висота приймається рівною $h=150$ м. Кількість таких громовідводів N визначається з відношення $N=25xp$, де p кількість прольотів.

Потрібно забезпечити нормальну вентиляцію цеху.

Визначимо необхідний воздухообмін для видалення надлишку температури та пилу.

Надлишкові теплові виділення в приміщенні прокатного цеху складають $Q_{\text{надл}}=1,5$ млн. ккал/год. Температура зовнішнього повітря влітку буде дорівнювати $t_{\text{зовн}}=24^{\circ}\text{C}$. Висота від підлоги до центру витяжних фрамуг складає $H=22$ м.

В робочій зоні прокатного цеху з виготовлення швелерів температура повітря за нормами не повинна перевищувати температуру зовнішнього повітря більше як на $3-5^{\circ}\text{C}$, що дорівнює: $t_{\text{р.з.}}=t_{\text{зовн}}+3^{\circ}=24+3=27^{\circ}\text{C}$.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
						4.10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура повітря, яке відходить з приміщення визначається за формулою:

$$t_{відх} = t_{p.з.} + k \cdot (H - h), \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт, який показує зростання температури за висотою приміщення – має назву температурний градієнт, що для цехів гарячого прокатування швелерів знаходиться в межах $1 \dots 1,5$. Приймаємо $k=1$.

h – висота робочої зони, м. Для прокатування швелерів приймаємо близько 2 м.

Тоді, температура повітря, що відходить, дорівнює:

$$t_{відх} = 27 + 1 \cdot (22 - 2) = 47^\circ\text{C}.$$

Необхідний вентиляційний воздухообмін розрахуємо за формулою:

$$G = \frac{Q_{надл}}{c \cdot (t_{відх} - t_{зовн})}, \quad (4.2)$$

де c – теплоємність сухого повітря, ккал/кг·град ($c=0,24$ ккал/кг·град).

Підставив відповідні значення, отримаємо:

$$G = \frac{1500000}{0,24 \cdot (47 - 24)} \approx 271740 \text{ кг/год} \approx 75,5 \text{ кг/с}.$$

Отже необхідний вентиляційний воздухообмін 271740 кг/год або приблизно 75,5 кг/с.

З метою зменшення шкідливих викидів, що створюються під час прокатування швелерів використовують гідравлічне обезпилення робочих клітей прокатного стану, яке регламентують стандартом РД 52.04.52-85.

Для забезпечення надійної роботи таких гідросистем, потрібно використовувати велику кількість рідини, що може утворити суттєві стоки води, які знаходяться в границях від 3 до 16,5 м³ на одну тонну швелерів.

Такі стоки води потрібно очищувати від забруднень, для чого використовується метод оберненого водопостачання, завдяки якому вода може відстоюватися у відстійниках.

Забруднену воду потрібно очищати у декілька рівнів.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4.11

На першому рівні використовують відстійник для окалини. Цей рівень має назву первинного, де затримуються грубодисперсні частки окалини.

На другому рівні для очищення води використовують горизонтальні відстійники, які є вторинними очисниками окалини. Тут очищення відбувається за допомогою грейферних кранів.

На третьому рівні рідина надходить до охолоджувальних градирень, де відбувається її інтенсивне охолодження та остаточне очищення.

Після цього, очищена рідина поступає до прокатного стану і створює оборотний цикл.

Відходи прокатного виробництва, які утворилися при виготовленні швелерів, використовують у багатьох галузях промисловості та народного господарства. З них виробляють цеглу для будівної галузі, добрива для потреб народного господарства, оксиди заліза використовують в порошковій металургії, з окалини виготовляють пігменти для лакофарбної промисловості тощо.

Таким чином в даному розділі було проаналізовано небезпечні чинники, що виникають при виготовленні швелерів, запропоновано заходи щодо їх зменшення. При впровадженні нової технології санітарно-екологічна обстановка не змінилася.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.04.СЕОРД	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4.12

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.В				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Брищенко			ВИСНОВКИ	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів		Чубенко					1	2	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м			
Н. контр.		Чубенко							
Затвердив		Савельєв							

Розрахунок техніко-економічних показників показав, що досягається збільшення річного обсягу виробництва швелерів і річна продуктивність процесу на 25 %, при цьому збільшуються виробничі фонди на 0,17 %.

Чисельність працівників та їх заробітна плата за оновленою технологією не змінюється. Собівартість готової продукції зменшується на 0,39 %. Рентабельність виробництва збільшується на 0,1 %.

Було проаналізовано небезпечні чинники, що виникають при виготовленні швелерів, запропоновано заходи щодо їх зменшення. При впровадженні нової технології санітарно-екологічна обстановка не змінилася.

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.В	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.Л						
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Брищенко			ЛІТЕРАТУРА			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Чубенко								1	3
Рецензент											
Н. контр.		Чубенко						Кафедра МЧМЛВ гр. МЧМ-24-1м			
Затвердив		Савельєв									

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

10. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: [підручник для студ. вищ. навч. закл.]. 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, Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Глінкін А.// 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. Грінкевич, О.М. Головка, П.В. Дрожжа. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2002. 40 с.

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

15. 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.

16. 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>.

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

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

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

19. Григоренко В.У., Заболотній О.М. Аспекти з розвитку методів калібровки валків сучасного виробництва сортових профілів. Проблеми і перспективи розвитку сучасних технологій в контексті відбудови і сталого розвитку України: тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 28-29 листопада 2023 р. Дніпро: ДВНЗ «ПДТУ», 2023. С. 50-52.

20. Григоренко В.У., Заболотній О.М. До розробки методу розрахунку калібрування валків горячої прокатки фасонних профілів зі зниженою нерівномірністю деформації. Університетська наука-2024: тези доп. Міжн. наук.-техн. конф., м. Дніпро, 23-24 травня 2024 р. Дніпро: ДВНЗ «ПДТУ», 2024. Т. 1. С. 29-30.

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

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

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

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

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

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

					КНУ.РМ.136.25.502с-02.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3