

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

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

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

Тема роботи: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ РЕЙКИ Р38»

Виконав:

студент групи МТ-21-1

Олександр ТЕРЕХІН

Керівник випускної роботи

Дмитро БАБОШКО

Нормоконтролер

Дмитро БАБОШКО

Завідувач кафедри

Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг
2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Затверджую

Зав. кафедрою _____

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускну атестаційну роботу бакалавра

Терехіна Олександра Васильовича**1. Тема роботи:** Дослідження та розробка процесу виготовлення залізничної рейки Р38 _____**керівник роботи:** __ к.т.н., доцент Бабошко Дмитро Юрійович _____

затверджено наказом по КНУ від « __ 04 __ » _____ 03 _____ 2025 р. № __ 149с _____

2. Строк подання роботи студентом « __ 01 __ » _____ 06 _____ 2025 р.**3. Вихідні дані до роботи:** Вихідний матеріал – безперервно-литі заготовки; склад сталі – 0,65 % C, 0,75 % Mn, 0,19 % Si, 0,035 % P, 0,029 % S; блям масою в межах 2,0-4,0 т, довжиною 4,5-6,0 м; температура нагрівання заготовок від 1180 до -1200°C.**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)**

1. Аналіз виробництва та використання рейок: загальна характеристика, призначення, класифікація, матеріал для виготовлення, обладнання, аналіз будови та використання рейки Р38.

2. Розробка технології виготовлення рейки Р38: особливості прокатування, технологічні операції, розрахунок обтиснення, визначення калібрування рейки, термічна обробка рейок, відділка рейок.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд та поперечний переріз рейок. Обладнання для виготовлення рейок. Рейка Р38 та її розміри. Послідовність технологічних операцій з виготовлення рейки Р38. Схема калібрування рейки. Часткові коефіцієнти деформації профілю при проході в чистових калібрах. Результати розрахунку розрізного і рейкових калібрів. Розміри таврових і розрізного калібру.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів
1	Збір і обробка необхідного матеріалу для виконання кваліфікаційної роботи	20.01-29.01.2025
2	Аналіз виробництва рейок: загальна характеристика, призначення	01.02-10.02.2025
3	Матеріали та обладнання, що використовується при прокатуванні рейок	10.02-25.05.2025
4	Аналіз будови та використання рейки Р38	26.02-10.03.2025
5	Розробка технології виготовлення рейки Р38: особливості прокатування, послідовність технологічних операцій	11.03-10.04.2025
6	Розрахунок режимів обтиснення при прокатуванні, визначення калібрування	11.04-30.04.2025
7	Термічна обробка та відділка рейок	01.05-20.05.2025
8	Оформлення роботи та креслення	21.05-31.05.2025
9	Перевірка роботи на плагіат	01.06-15.06.2025
10	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2025

Дата видачі завдання «__20__»_____01_____2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ТЕРЕХІН
(підпис)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ Дмитро БАБОШКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Дослідження та розробка процесу виготовлення залізничної рейки Р38»

Пояснювальна записка: 55 стор., 4 табл., 11 рис., 21 джерело.

Об'єкт дослідження: процеси виготовлення рейок.

Предмет дослідження: режими обтиснення та деформації при прокатуванні рейок Р38.

Мета роботи: Розробити технологію виготовлення рейки, що забезпечить отримання якісної профілю рейки Р38 за рахунок удосконалених режимів обробки.

Методи дослідження: теоретичний аналіз процесу прокатування та роботи рейкобалкових прокатних станів, розрахунок режимів обтиснення та калібрувань при виготовленні рейки Р38.

Результати роботи: проаналізовано характеристики та призначення рейок, їх класифікація, визначено матеріал для виготовлення рейки Р38, проаналізовано будову рейки, її елементи та визначено спосіб виготовлення. Досліджено обладнання, що використовується для виготовлення рейки Р38, його будову та принцип дії, переваги та недоліки. Визначено кількість проходів, що забезпечать потрібний профіль, умови деформації, визначено калібрування, що дозволяє рівномірно розподілити деформацію при обтисненні. Запропоновано спосіб термічної обробки.

ГАРЯЧЕ ПРОКАТУВАННЯ, РЕЙКА, РЕЙКОБАЛКОВИЙ ПРОКАТНИЙ
СТАН, ГОЛОВКА РЕЙКИ, ДЕФОРМАЦІЯ, РЕЖИМИ ОБРОБКИ

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.Р			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Терехін				РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Бабошко						1	1
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1		
Н. контр.	Бабошко							
Затвердив	Савельєв							

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1						
2	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.ПЗ	Пояснювальна записка	55		
3						
4			Графічна частина			
5			(Презентація)			
6	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.01	Загальний вигляд та			
7			поперечний переріз рейок	1		
8	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.02	Обладнання для виготовлення			
9			рейок	1		
10	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.03	Рейка Р38 та її розміри	1		
11	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.04	Послідовність технологічних			
12			операцій з виготовлення рейки	1		
13	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.05	Схема калібрування рейки	1		
14	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.06	Часткові коефіцієнти деформації			
15			профілю при проході в чистових			
16			калібрах	1		
17	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.07	Результати розрахунків			
18			розрізного і рейкових калібрів	1		
19	A4	КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.08	Розміри таврових і розрізного			
20			калібру	1		
21						
22						
23						
24						

КНУ.РБ.136.25.14 9с-18.В0				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Терехін			
Проб.	Бабашко			
Н.контр.	Бабашко			
Утв.	Сабельєв			

Лит.	Лист	Листов
р δ	1	1

Відомість об'єму матеріалів	кафедра МЧМ/В
кваліфікаційної роботи	
Чертеж общего вида	група МТ-21-1

Копировал	Формат A4
-----------	-----------

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ.....	4
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ.....	5
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК.....	9
1.1 Загальна характеристика та призначення рейок.....	9
1.2 Класифікація рейок.....	11
1.3 Матеріал для виготовлення рейок.....	13
1.4 Обладнання, що використовується при прокатуванні рейок.....	14
1.5 Аналіз будови та використання рейки Р38.....	24
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЙКИ Р38.....	27
2.1 Особливості прокатування рейок.....	27
2.2 Послідовність технологічних операцій з виготовлення рейки Р38....	30
2.3 Розрахунок режимів обтиснення при прокатуванні рейок.....	31
2.4 Визначення калібрування рейки Р38.....	33
2.5 Термічна обробка рейок.....	47
2.6 Відділка рейок.....	50
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.3			
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Терехін				ЗМІСТ		Літ.	Аркуш
Перевірів	Бабошко							Аркушів
Рецензент							1	1
Н. контр.	Бабошко						Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1	
Затвердив	Савельєв							

ВСТУП

Залізничні рейки – це готова продукція металургійного виробництва, які використовують на залізниці для забезпечення руху залізничного транспорту. Виготовляють рейки гарячим прокатуванням на рейкобалкових прокатних станах, що забезпечує отримання якісного виробу потрібної форми, розмірів та їх точності і якості, завдяки здатності матеріалу рейки до пластичної деформації.

Через постійне зростання вантажонапруженості та збільшення швидкостей руху залізничного транспорту безперервно зростають осьові та тангенційні навантаження, ударний вплив залізничних коліс на рейки. Такі чинники приводять до виникнення важких умов роботи рейок, які можуть призвести до пошкодження їх шляхом зношення робочої поверхні головки та викликати руйнування від напружень контактного вломлення. Великі ударні навантаження залізничних рейок суттєво скорочують термін їх служби та вимагають їх заміну на залізничному шляху. Це викликає постійне підвищення вимог до технологічного процесу виготовлення залізничних рейок, до підвищення їх якості, збільшення зносостійкості, опору впливу зовнішніх напружень, напружень контактного втомлення тощо.

Збільшення поперечного перерізу залізничної рейки дозволяє зменшити вплив цих недоліків, але такі дії приводять до збільшення витрат матеріалу, що збільшує собівартість виготовлення рейок, ускладнює їх установлення на залізничному шляху.

Позитивні результати дає оптимізація профілю залізничної рейки в частині більш рівномірного розподілу навантаження за усіма елементами профілю рейки. Також суттєвий вплив на зносостійкість залізничних рейок має металургійна чистота рейкової сталі, якість її зовнішньої поверхні, термічна обробка.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.ВС					
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Терехін			ВСТУП		Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Бабошко							1	2
Рецензент							Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.		Бабошко								
Затвердив		Савельєв								

Розробити технологію виготовлення рейки, що забезпечити отримання якісної рейки Р38 з мінімальними витратами енергії за рахунок використання раціональних режимів обтиснення є задача актуальна.

Для розробки такої технології потрібно проаналізувати існуючі способи виготовлення та визначити найперспективніші. Визначити матеріал, що використовується для виготовлення рейок і запропонувати марку матеріалу для виготовлення рейки Р 38.

Проаналізувати обладнання, що використовується для виготовлення рейок, його будову та принцип дії, визначити інструмент та виявити калібри, що забезпечать отримання якісного профілю, визначити кількість проходів та калібрування прокатних валків. Визначити розміри розкатів за проходами та розміри початкового матеріалу.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.ВС	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК

1.1 Загальна характеристика та призначення рейок

Залізничні рейки уявляють собою сталеві балки довгомірної довжини (рис. 1.1.), що мають двотавровий поперечний (рис. 1.2).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд сталевих рейок

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР				
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Терехін			АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Бабошко					1.1	18	
Рецензент						Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.		Бабошко							
Затвердив		Савельєв							



Рисунок 1.2 – Поперечний переріз залізничної рейки

Призначення рейки – виконувати функцію опори для залізничного транспорту, також рейки використовують для руху крану зі стрілою, спеціальних візків в гірничо-металургійному виробництві. Залізничні рейки укладають на шпали або інші опорні елементи. За допомогою рейок утворюють двонитковий шлях, по якому рухається залізничний транспорт. В сучасний період, рейки прикріплюють до шпал за допомогою болтових з'єднань.

Залізничні рейки служать для спрямовування руху транспорту та перерозподіляти діючі навантаження з верхньої частини на опору. Рейки можуть виконувати функцію провідника з електричним струмом забезпечуючи рух складів з електротягою. В умовах дуже інтенсивного руху та підвищених швидкостях під час перевезення великовантажних потягів застосовують важкі рейки.

Рейки використовують для безпосереднього сприйняття і пружної передачі від коліс сил, що діють на опори. В якості опор використовують шпали, бруси. Вони призначенні для спрямування коліс рухомого транспорту під час його руху. Використовують ділянки з автоблокуванням, де рейки можуть використовуватися як провідники сигнального струму. На ділянках, які оснащені електричною тягою, використовуються для зворотного напрямку струму.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
						1.2
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Профіль рейки (рис. 1.2) обумовлений взаємодією його з колесами транспорту, що рухається по ним. Він повинен бути зручним для їх виготовлення та для розміщення рейкових скріплень, які поєднують рейки між собою та з основою. Довжина стандартних рейок дорівнює 25 м та 25 м. Для підземних колій використовують рейки довжиною від 6 до 8 м.

1.2 Класифікація рейок

Рейки призначені для усіх видів залізничного транспорту: для поїздів, для звичайних та швидкісних трамваїв, для залізничних сполучень.

В залежності від маси та поперечного перерізу рейки поділяють на типи: Р33, Р38, Р43, Р50, Р65, Р75. В цьому позначенні літера Р означає, що це рейка, цифра показує приблизну масу одного погонного метра. Рейки характеризуються лінійною щільністю, яка наводиться в цьому позначенні.

Рейки класифікують за декількома ознаками:

- за типом призначення;
- за категорією якості;
- за наявністю отворів для стикування;
- за способом виплавки сталі.

За типом призначення рейки бувають залізничні, вузькоколіїні, рудничні, кранові рейки, трамвайні.

Вузькоколіїні рейки використовують з метою створення вузької колії в гірничо-видобувній галузі. Також їх можна використовувати в умовах обмеженої прохідності, наприклад, в горах.

Рудничні рейки використовують для монтажу безстикових шляхів, для промислових потреб.

Залізничні сталеві рейки Р18 та Р 24 застосовують в шахтах та вузькоколіїних залізницях. За довжиною такі рейки не допускають викривлення. Рейки Р65 і Р50 використовують на ширококоліїних залізницях.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.3

Трамвайні рейки характеризуються невеликою вагою і мають невелику стійкість до зношення.

Підкранові рейки призначені для підкранових колій підйомних кранів. Їх використовують для побудови сталеві рами, де пересувається кран мостового типу з підвісними механізмами, які транспортують вантажі. Підкранові рейки виконують функції напрямних та забезпечують безпечний рух мостового крану.

Трамвайні рейки призначені для руху рейкових залізничних засобів. Вони мають свої особливості у верхній частині поперечного перерізу, де є спеціальний жолобок, до якого потрапляють колеса транспорту.

За категорією якості рейки бувають термозміцнення і не термозміцненні. Термозміцнення виконуються для покращення внутрішньої структури рейки. При цьому покращується їх працездатність та строк служби.

До рейок пред'являють високі вимоги з міцності, твердості, зносостійкості, вони повинні бути надійними в експлуатації, сприймати ударне навантаження, бути не в'язкими та не крихкими.

Для потрібного зчеплення залізничної рейки з колесом, потрібно щоб поверхня контакту була доволі шорсткою, але вона не повинна зменшувати опір руху залізничних коліс.

Під час експлуатації рейка повинна здійснювати опір згинанню під дією рухомого навантаження.

При використанні рейок можуть виникнути негативні наслідки, що утворюються від ударів коліс рухомого залізничного транспорту. Щоб уникнути зношення від такої дії, рейки повинні бути достатньо гнучкими. Це забезпечить уникнення пошкодження рухомого транспорту. З метою сприймання від залізничних коліс зосередженої сили, потрібно, щоб рейки не стиралися і не зминалися та були в міру твердими.

З вищевикладеного видно, що вимоги до рейок достатньо суперечливі. Це свідчить про те, що потрібно знайти той оптимальний варіант, що буде задовільнити усі певні вимоги для конкретних умов.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
						1.4
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Матеріал для виготовлення рейок

Рейки повинні витримувати великі навантаження, що діють на них під час експлуатації. Тому, для виготовлення рейок використовують спеціальні сталі, що здатні витримувати усі навантаження, протистояти різним негативним впливам та забезпечувати тривалий термін експлуатації рейки. Матеріал рейок повинен відповідати ряду критичних вимог, до яких відносять міцність, зносостійкість, ударна в'язкість, стійкість до корозії. Такі властивості матеріалу досягаються за допомогою особливого хімічного складу і методів обробки.

Виготовляють рейки з різних типів сталей в залежності від призначення. До таких сталей відносять: вуглецеву сталь, марганцеву сталь та леговану сталь.

На стандартних залізницях використовують вуглецеві сталі, що мають до 0,8 % вмісту вуглецю. Така сталь має високу твердість і міцність, стійка до зношення. Вуглецева сталь є найбільш розповсюдженою. Така сталь дозволяє оптимально поєднати ціну та якість, що робить її цілком доступною.

Марганцева сталь використовується на інтенсивних завантажених магістральних ділянках з великим обсягом руху. Додавання марганцю дозволяє підвищити ударну стійкість, міцність та зносотривкість, роблячи матеріал більш в'язким, зменшуючи ризик утворення мікротріщин. Вона має високу зносостійкість, що дозволяє зменшити частоту ремонту рейок.

На прибережних та промислових зонах використовують рейки з легової сталі, що включають легуючі елементи, такі як хром, нікель, молібден, що збільшують корозійну стійкість та міцність. Також підвищити стійкість до зношення можна легуванням кремнієм, титаном та ванадієм.

Властивості сталі, з якої виготовлено рейку Р 38, залежать від частки вуглецю та марганцю, які вона містить. Вуглець до 0,82% і марганець до 1,7% необхідні для виробництва твердої зносостійкої сталі. Для виготовлення рейок широко використовується сталь марки 70, що має в своєму складі 0,65-0,75 % вуглецю, 0,75 % магнію, 0,19 % кремнію, 0,035 % фосфору, 0,029 % сірки.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
						1.5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Обладнання, що використовується при прокатуванні рейок

Для прокатування рейок використовують обладнання – прокатний стан, який складається з великої кількості машин та механізмів.

Прокатний стан – уявляє собою узгоджено працюючий комплекс машин та механізмів, що забезпечують отримання потрібних виробів пластичною деформацією.

Безперервність роботи прокатного стану забезпечується узгодженою роботою основного та допоміжного обладнання, яке забезпечує виконання основних та допоміжних операцій.

При здійсненні основних операцій відбувається пластична деформація, що забезпечує зміну форми та розмірів оброблюваного матеріалу з метою отримання потрібного виробу.

При виконанні допоміжних операцій – пластична деформація металовиробів не відбувається, але вони потрібні в технологічному потоці стану з метою забезпечення своєчасного та вірного виконання основних операцій. До допоміжних операцій можна віднести поздовжнє та поперечне розрізання розкатів, їх переміщення та кантування, таврування та змотування у бунти та рулони.

Для виконання основних операцій використовують основне обладнання, до якого відносять прокатна кліть, передавальний пристрій та електропривід. Лінія, де розташовано основне обладнання і забезпечується виконання основних операцій, має назву головної, або робочої лінії прокатного стану (рис. 1.4).

До складу такої лінії входять наступні елементи: робоча кліть з прокатними валками, шестеренні кліті, шпинделі і муфти, корінна муфта, головна муфта, редуктор, двигун.

Робоча кліть – це найбільш навантажений елемент прокатного стану, де відбуваються усі основні процеси пластичної деформації матеріалу. В робочу кліть встановлено робочі інструменти – прокатні валки, які сприймають усі основні процеси деформації. Встановлюють робочі валки в підшипниках.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.6

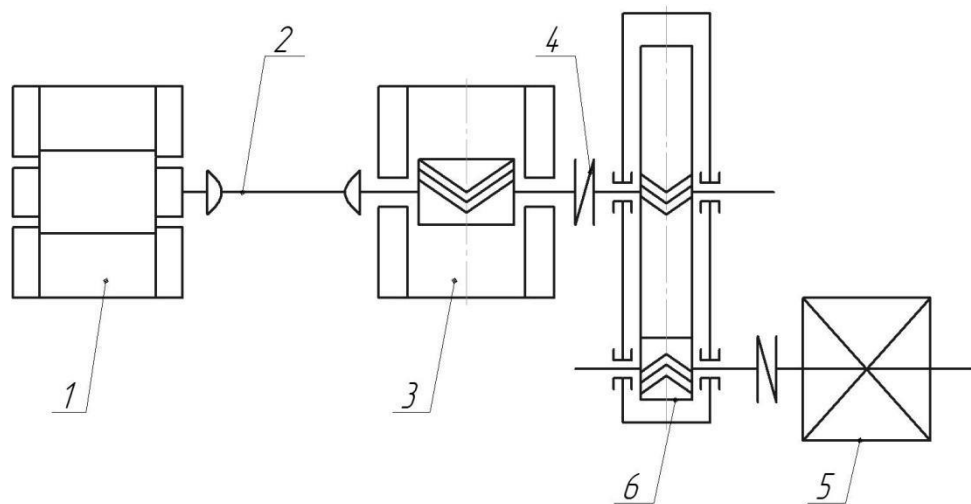


Рисунок 1.4 – Схема головної лінії прокатного стану:

- 1 – робоча кліть з прокатними валками; 2 – шпинделі з муфтами;
 3 – шестеренна кліть; 4 – корінна муфта; 5 – двигун; 6 – редуктор;
 7 – головна (моторна) муфта

Окрім цього, до складу робочої кліті входять дві станини, валкова арматура, механізми для встановлення та фіксування прокатних валків у вертикальних та горизонтальних площинах, устаткування для змащення та охолодження робочих валків.

Основне навантаження під час прокатування, що діє на робочу кліть прокатного стану, передається на основний деформуючий інструмент – прокатні валки (рис. 1.5) з метою забезпечення пластичної деформації металовиробів. За своєю конструкцією прокатний валок складається з наступних елементів: бочки, шийки, хвостової частини.

Цей деформуючий інструмент працює в дуже важких та жорстких умовах. На прокатні валки діють великий тиск, що виникає при прокатуванні, впливають зміни температури, здійснюється суттєве абразивне тертя. Через такі навантаження прокатні валки повинні бути високоміцними, жорсткими та термостійкими, що забезпечує відповідний матеріал прокатних валків.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш 1.7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

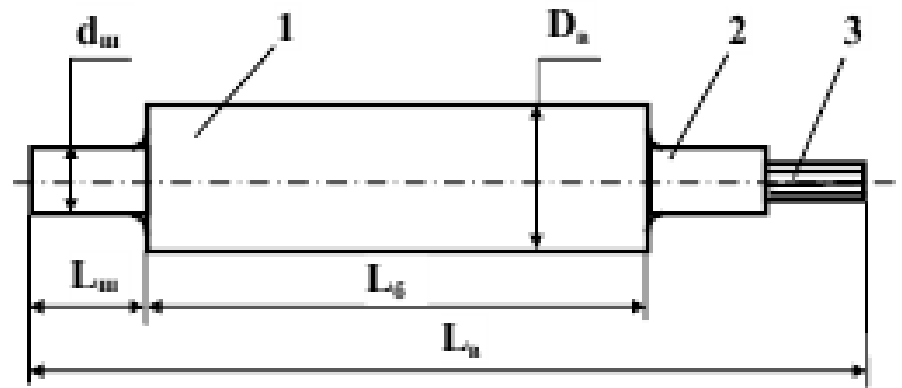


Рисунок 1.5 – Прокатний валок: 1 – бочка прокатного валка; 2 – шийка прокатного валка; 3 – хвостовик прокатного валка; $D_б$ – діаметр бочки прокатного валка; $d_ш$ – діаметр шийки прокатного валку; $L_ш$ – довжина шийки прокатного валку; $L_б$ – довжина бочки прокатного валку

Встановлюють валки прокатних станів в підшипники, які надівають на шийки. За допомогою підшипників передається зусилля прокатування на станину робочої кліті. Призначення підшипників – підтримувати прокатні валки та забезпечувати їх довготривалу роботу. Через підшипники і передається зусилля прокатування на прокатні валки під час обробки.

Підшипники бувають двох типів:

- підшипники кочення;
- підшипники рідинного тертя.

Підшипники розташовують в подушках, що забезпечують збереження точного положення прокатних валків та передачу зусилля прокатування від прокатних валків до станини прокатного стану. Подушки мають вигляд спеціальних сталевих виливків.

На прокатних станах використовують станини двох типів (рис. 1.6):

- відкритого типу;
- закритого типу.

Станини відкритого типу є більш зручними при перевалці прокатних валків, але вони витримують менші навантаження.

Станини закритого витримують більші навантаження, але для них використовують прокатні валки обмежених розмірів за довжиною та діаметром, вони є менш зручними в експлуатації.

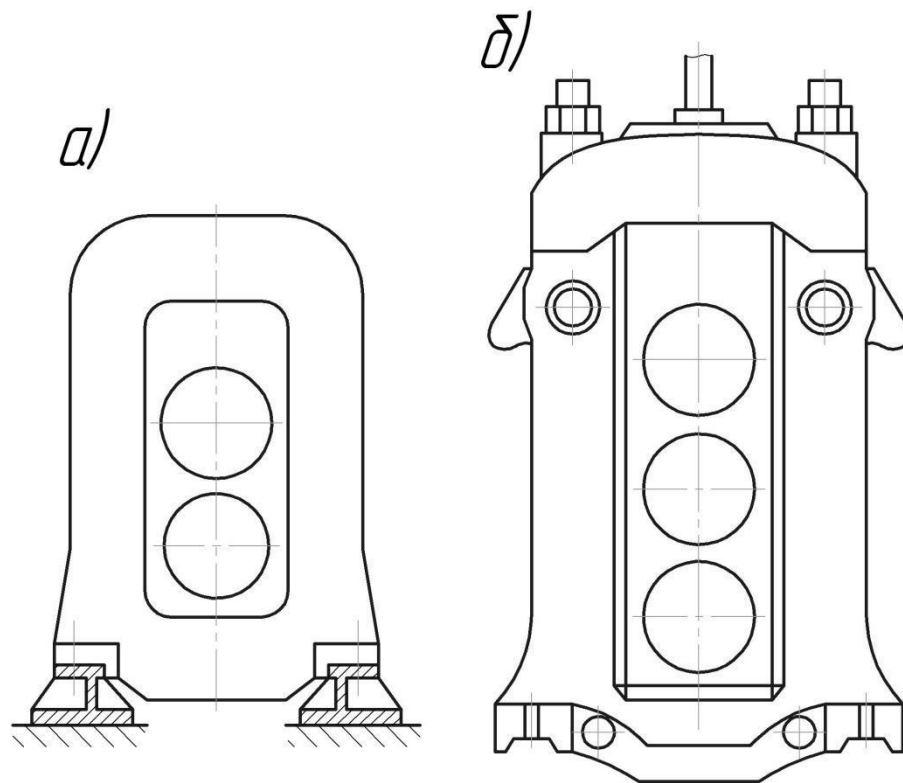


Рисунок 1.6 – Станина прокатної кліти з прокатними валками:

a – закритого типу; *б* – відкритого типу

Для того, щоб було забезпечено точне положення прокатних валків у робочій кліті застосовують механізми вертикальної та осьової установки прокатних валків. Такі устаткування уявляють собою сукупність натискних та врівноважуючих елементів.

Натискні механізми забезпечують переміщення прокатних валків з метою регулювання зазору між ними. Врівноважуючі механізми забезпечують врівноваження верхнього прокатного валка відносно нижнього. Такі механізми поділяють на: вантажні, пружинні, гідравлічні. Вантажні натискні механізми використовують при переміщенні верхнього валку на достатньо суттєву

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
						1.9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

величину. Пружинні натискні механізми використовують у випадку, коли суттєве переміщення не потрібно.

Допоміжне обладнання використовують для виконання допоміжних операцій.

Усе допоміжне обладнання можна поділити на дві основні групи:

- транспортуюче допоміжне обладнання;
- обробне допоміжне обладнання.

Транспортуюче допоміжне обладнання призначено для переміщення матеріалів та розкати як в поперек прокатного цеху, так і впродовж, для подачі початкового матеріалу до робочих клітей прокатного стану, для кантування розкату. Такі операції виконують зливковози, рольганги, холодильники, шлепери, підйомно-похитні столи, маніпулятори та кантувачі.

Прокатний стан обслуговують рольганги. Вони призначені для руху металу до прокатного стану, подачу його в прокатні валки та приймання з них; подачі, отриманого розкату до ножиць, пилок, правильних машин та устаткування. Рольганги поділяють на два типи: робочі та транспортуючі. Робочі рольганги використовують для подачі матеріалу до робочих клітей прокатного стану, а усі інші є транспортними.

Холодильники використовують для охолодження розкатів, що виходять з останньої кліті прокатного стану. Холодильники за конструкцією поділяють на роликові та рейкові.

Рейкові холодильники бувають односторонніми та двосторонніми. Кількість сторін в цих холодильниках дорівнює кількості ниток, що оброблюється на прокатному стані. Такі холодильники можуть використовуватися для приймання готового розкату, переміщення його до правильних машин та для апаратів кінцевої обробки. Холодильник використовується в якості сполучної ланки між прокатним станом та машинами та агрегатами кінцевої обробки матеріалу.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.10

Для переміщення крупних профілів поперек цеху використовують шлепери, які транспортують вироби до прибирального карману, або до сусіднього прольоту цеху. Шлепери за конструкцією поділяють на канатні та ланцюгову. Ланцюгові шлепери мають перевагу у тому, що вони більш теплостійкі за канатні шлепери, але те, що вони рахуються тільки в один бік – це їх недолік, через те, що є нереверсивними і менш маневреними за канатні.

Маніпулятори призначені для спрямування напрямку руху металу паралельно роликам рольгангу для подальшого спрямування у прокатні валки.

З метою повертання розкату навколо своєї осі на визначений кут, використовують кантувачі, це дозволяє забезпечити рівномірне обтиснення матеріалу з усіх його боків. Як правило, таке повертання здійснюється перед задаванням розкату в наступних калібр.

Підйомно-похитні столи використовують для спрямування металу у прокатні кліті. Вони частіше використовуються на сортових тривалкових, листових двовалкових прокатних станах.

Для обробки розкатів з метою покращення їх якості використовують обробне обладнання. До такого обладнання відносять правильні та витяжні ролики, преси, механообробні верстати, пили та ножиці.

Пили та ножиці використовують для розрізання отриманих розкатів на мірні довжини, або аварійне їх розрізання.

Пили і ножиці використовують для розрізання розкатів.

Для розрізання готового розкату на мірні довжини та обрізання його кінців використовують ножиці, що мають паралельні ножі. Такі ножиці виконують як гаряче, так і холодне розрізання. За принципом дією такі ножиці можуть виконуватися, як з верхнім, так і з нижнім різом. Ножиці, у яких використовують верхній різ, мають більш просту конструкцію, та простіші в обслуговуванні.

Для розрізання сортового прокату в холодному стані використовують ножиці з похилими ножами. Такі ножиці мають назву гільйотинних. Їх особливість у тому, що вони мають форму, яка повністю відповідає профілю поперечного перерізу матеріалу, який розрізається.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.11

Летючі ножиці використовують для розрізання матеріалу, який рухається з великою швидкістю. Такі ножиці мають декілька конструкцій: маятникові, планетарні, важільно-кривошипні, барабанні.

Маятникові летючі ножиці працюють за принципом маятника, використовують для розрізання сортових профілів.

Планетарні летючі ножиці використовують для розрізання сортових профілів під час їх руху, що дорівнює 7,0 м/с. Такі ножиці можуть працювати з пропуском та без пропуску. Під час роботи ножиць з пропуском різку приводиться в обертання кривошип від редуктора пропуску різку з кутовою швидкістю обертання барабанів.

Важільно-кривошипні летючі ножиці використовують для розрізання товстих смуг, що рухаються при великій швидкості.

Барабанні летючі ножиці використовують для розрізання широких смуг на великій швидкості в холодному, або в гарячому стані. При цьому смуги повинні рухатися в безперервному режимі.

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

Для підвищення якості розрізання використовують дискові пили. Вини використовуються для гарячого та холодного розрізання.

Пили, що використовують для гарячого розрізання, мають зубчасті диски, пили для холодного розрізання – мають гладкі диски. У пил, що мають гладкі диски процес розрізання здійснюється внаслідок розплавлення розкату під дією сил тертя, що виникають при швидкому обертанні диску.

Для виготовлення рейок використовують спеціальне обладнання – рейкобалкові прокатні стани. В сортамент такого стану входять залізничні рейки, які мають масу від 38 до 75 кг/п.м., підкранові та трамвайні рейки, двотаврові балки та швелери, що мають номери від № 24, зетоподібний профіль, рівнобокі та нерівнобокі кутники, також сюди відносять круглі та квадратні профілі, що мають великі розміри тощо.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.12

Для прокатування фланцевих профілів широко використовують рейкобалкові стани (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Актюбинський рейкобалковий прокатний стан
(м. Актюбе Казахстан)

На рисунку 1.7 показано рейкобалковий прокатний стан, що знаходиться на підприємстві ТзОВ «Актюбинський рейкобалочний завод». Це підприємство призначено для виробництва диференційовано термо-зміцнених рейок високої якості і середнього фасонного прокату. Знаходиться підприємство у Казахстані. Прокатний стан має назву «Siemens-VAI» (Primetals Technologies Italy S.r.l.). Він забезпечує випуск продукції високої якості, з високою конкурентною здатністю. Його продукція відповідає вимогам міжнародних стандартів. У виробництві застосована унікальна технологія загартування металу, що забезпечує підвищену зносостійкість.

Проектна потужність підприємства ТзОВ «АРБЗ» досягає 430 тисяч тон, в тому числі 200 тисяч тон рейок і 230 тисяч тон фасонного прокату. Така продукція

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш 1.13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здатна забезпечити внутрішню потребу держави і здійснювати експортні поставки. Таке підприємство є третім в світі, що знаходиться після підприємств Австрії і Китаю з випуску рейок нового покоління з підвищеною міцністю. Такі рейки мають довжину до 120 метрів.

Відповідно до технологічного процесу, що відбувалося на металургійному комбінаті «Азовсталь», деформація рейкової продукції починалася на двовалковій реверсивній прокатній кліті 1000.

В такій кліті відбувалося отримання розкату, що має форму, яка наближена до рейкового потрібного профілю, далі цей розкат надходив до прокатного стану 800, який мав у своєму складі дві прокатні кліті «трію» і одну чистову прокатну кліть «дуо». Остаточна сформована рейка розрізалася на мірні довжини, охолоджувалася, правилася і спрямовувалася на остаточну обробку, що враховувала правлення, калібрування, обдирання, шліфування. Після чого відбувався контроль та приймання готового прокату.

З метою виготовлення рейки Р38 обираємо рейкобалковий стан 800, що дозволяє отримати якісні вироби. Такий прокатний стан відноситься до стану лінійного типу, у якого прокатні кліті розташовують у дві лінії. Перша лінія має обтискну дуо-реверсивну кліть 900. Така кліть має вигляд малого блюмінгу. Друга прокатна лінія має три чорнові кліті 800. Одна з них чорнова тривалкова прокатна кліть, друга – напівчистова тривалкова прокатна кліть і третя чистова двовалкова прокатна кліть. Для виготовлення рейок потрібно отримати заготовку в обтискній кліті, така заготовка повинна забезпечити усі потрібні витяжки з метою отримання точних розмірів готового профілю. Для цього потрібно заготовку нагріти в методичній печі до температури 1180-1200°C.

В обтискній прокатній кліті відбувається прокатування в ящикових калібрах, далі обтиснення здійснюється в таврових калібрах, після цього розкат спрямовується до пластового калібру. Після цього розкат спрямовується до рейкових напівчистових прокатних клітей, далі розкат надходить до чистової прокатної кліті, де розкат і отримує остаточні розміри. На виході з чистової кліті, розкат повинен мати температуру, яка дорівнює 900°C. Отримані рейки

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.14

розрізають на довжини, які дорівнюють 75 м. Після цього їх розрізають за допомогою дискових пил на довжину, що дорівнює 12,5 мм з урахуванням термічної усадки та залишивши припуск на механічну обробку торців рейок, після цього рейки спрямовують до холодильника для їх охолодження.

Під час охолодження рейки, може відбутися її термічне прогинання у напрямку головки. Щоб цього негативного явища уникнути, рейку потрібно попередньо вигинати у бік підошви і у такому вигляді постачати до холодильника, до їх охолоджують до температури, що дорівнює 600°C.

В подальшому відбувається уповільнене охолодження рейок до температури 150-200°C протягом 7-8 год. При такому охолодженні використовується протифлоєнна обробка в ямах.

Після такого повільного охолодження потрібно виконати попередню правку рейок на роликотправильних машинах, але кінці рейок потрібно додатково правити, через те, що неможливо їх достатньо якісно виправити на роликотправильних машинах. Для правки кінців рейок потрібно використати штемпельні преси, які забезпечать достатню якість кінців.

Після попередньої правки рейок потрібно виконати фрезування торців рейок на фрезерних верстатах з метою отримання їх стандартного розміру. Також потрібно отримати отвори для кріплення рейок, що здійснюється на свердлильних верстатах.

Дали виконуються контрольні операції, де відбувається перевірка рейки на наявність дефектів: пор, подряпин, локенів, тріщин, неточність розмірів, прямолінійність, планшетність. Для визначення внутрішніх дефектів використовують ультразвукові камери.

Далі відбувається термічна обробка рейок – нормалізація у прохідних печах та загартування головки рейки. Для цього використовують токи високої частоти, які нагрівають виріб до температури 1000°C, після чого відбувається охолодження водоповітряною сумішшю.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.15

Остаточна правка рейок виконується на роlikоправильній машині, де рейка знаходиться в положенні стоячи, також виконують правку рейки під пресом в положенні на боці.

Готові рейки приймаються у відділі технічного контролю інспекторами. У відділенні відбувається ретельний контроль хімічного складу матеріалу та його структури, здійснюється контроль міцності рейки, її пластичності, ударної в'язкості, контролюють на злом.

Готові рейки відвантажують замовнику або зберігають на складах готової продукції.

1.5 Аналіз будови та використання рейки Р38

За будовою залізнична рейка складається з трьох частин: головка, ножка і підшва, які мають різне навантаження при роботі.

Рейка Р 38 вважається вузькоколійною і використовується:

- при спорудженні шляхів під'їзду на підприємствах промислового типу, великих підприємствах, заводах та фабриках;
- на гірничо-видобувних та гірничорудних підприємствах з метою прокладання залізничної колії у шахтах та на рудниках;
- при влаштуванні спеціалізованих колій, що мають максимально допустимі навантаженнями;
- оснащення місць функціонування портових кранів;
- прокладання гілок метро;
- спорудження трамвайних колій.

Рейка Р38 має наступні габарити (рис. 1.8) та характеристики:

- вага погонного метру 38,5 кг/м;
- маса однієї рейки, що має довжину 12,5 м дорівнює 0,482 тон;
- метрів на 1 тонну – 25,9 м;
- мірна довжина – 12,5 м;
- немірна довжина рейки знаходиться у межах від 12,5 до 25 м;
- розміри рейки (д/ш/в), мм: 12500×114×135;

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1.16

- ширина нижньої підошви дорівнює 114 мм;
- висота рейки дорівнює 135 мм;
- ширина головки колії дорівнює 68 мм;
- площа поперечного перерізу дорівнює 49,063 см²;
- відстань до центру тяжіння від низу підошви 67,8 мм;
- відстань від центру тяжіння до верху головки 67, 2 мм;
- момент інерції горизонтальний – 1222,54 см⁴;
- момент інерції вертикальний – 209,28 см⁴;
- момент опору до низу підошви – 180,29 см³;
- момент опору до верху головки – 181,95 см³;
- момент опору до бічної грані – 36,72 см³;
- розподіл металу: в головці 45,4 %, в шийці – 19,8 %, в підошві – 34,8 %.

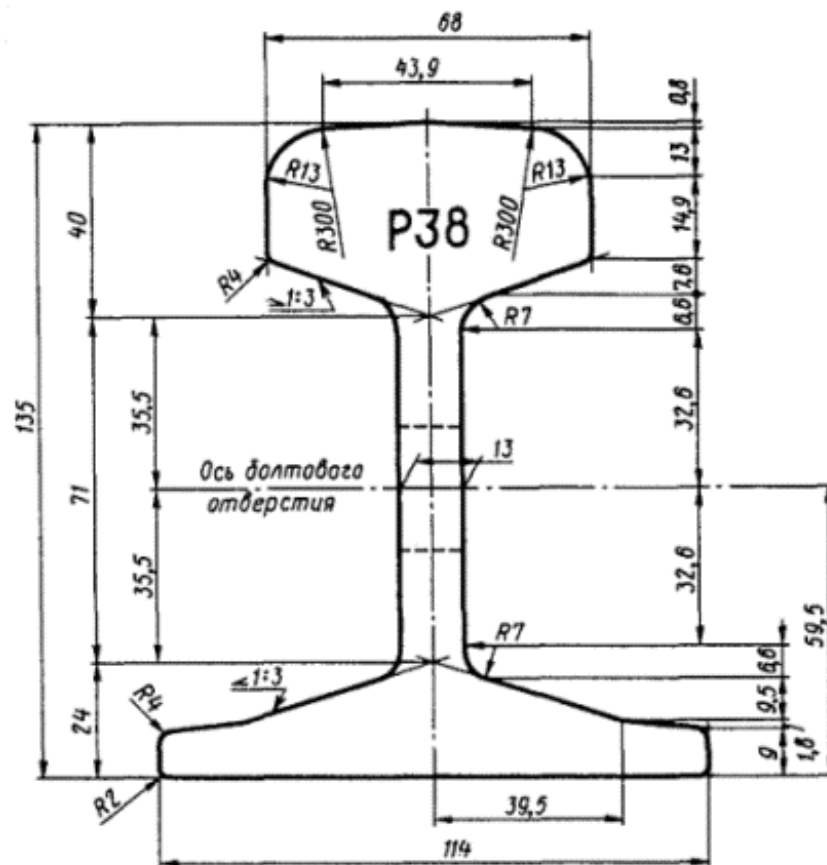


Рисунок 1.8 – Розміри рейки Р38

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
						1.17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рейки виготовляють звичайної точності та підвищеної. В наших умовах для рейки Р38 достатньо звичайної точності.

Для звичайної точності характерні наступні відхилення розмірів:

- ширина головки: $68 \pm 0,8$ мм;
- товщина шийки: $13^{+1,2}_{-0,8}$ мм;
- ширина підшви: $114^{+1,5}_{-3,0}$ мм;
- висота шийки: $71^{+0,4}_{-0,8}$ мм;
- висота рейки: $135^{+1,3}_{-0,8}$ мм;
- довжина рейки: 125000 ± 10 мм;
- розміри отворів для болтів: 20 ± 2 мм;
- відстань від центру отвору до торця рейки: $59,5 \pm 2,0$ мм.

Рейки Р38 відносяться – це рейки, що відносять до прямолінійного типу. Такі рейки можуть бути використані в якості альтернативи крановим рейками через те, що вони задовольняють показникам міцності. Рейки Р38 виготовляють як мірної, так і не мірної довжини.

Залізничні рейки Р38 під час експлуатації повинні витримувати дуже високі навантаження. Для цього їх виготовляють з дуже високоякісного сталевих сплаву.

Поверхня рейків повинна не мати забруднень, пазирів, тріщин, рванин, плен, закатів, раковин, подрізів. На поверхні рейок можливе зачищення вм'ятин, поперечних рисок глибиною до 2 мм. Торцеві поверхні рейок і поверхні болтових з'єднань не повинні мати розшарувань, бути без раковин. Кінці рейок повинні фрезуватися перпендикулярно їх осі. Перекошення допускається не більше 2 мм в будь-якому напрямку.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.01.АВВР	Аркуш
						1.18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЙКИ Р38

2.1 Особливості прокатування рейок

Прокатування рейок відбувається в умовах дуже нерівномірної деформації, при несиметричній взаємодії прокатних валків. За конструктивним виконанням поперечний переріз рейки поділяють на три складові частини: головку, шийку та підшову (рис. 2.1).

При прокатуванні на двовалкових прокатних станах у звичайних прокатних клітках найбільший ступень деформації приходить на шийку профілю. Підшова рейки та її головка піддаються тільки бічному обтисненню. За висотою рейки, практично, не обтискуються.

Використання такої системи калібрування викликає деякі ускладнення до яких відносять:

- велика нерівномірність обтиснення за елементами профілю, що викликає нерівномірне зношення різних елементів профілю калібрів;
- головка та підшова, незважаючи на те, що вони під кутом розташовані в калібрі, підлягають невеликому обтисненню в напрямку осі симетрії профілю.

У випадку збільшення величини обтиснення головки профілю рейки під час прокатування приводить до зменшення глибини залягання поверхневих дефектів, що дозволяє зменшити їх вплив як концентраторів напружень при збільшенні навантажень. Підвищити якість поверхні і точність отриманого профілю можливо при використанні чотиривалкових універсальних клітей, що встановлюються в безперервних групах. Такі кліті складаються з традиційних

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР		
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЙКИ Р38		
Розробив	Терехін						
Перевірив	Бабошко						
Рецензент							
Н. контр.	Бабошко						
Затвердив	Савельєв				Літ. Аркуш Аркушів 2.1 24 Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1		

двовалкових прокатних клітей з горизонтальними прокатними валками та чотиривалкових прокатних клітей. При прокатуванні рейок в універсальних прокатних клітях ступінь обтиснення за різними елементами профілю, майже, однакова, де головка та підшва піддаються істотному обтисненню за висотою рейки.

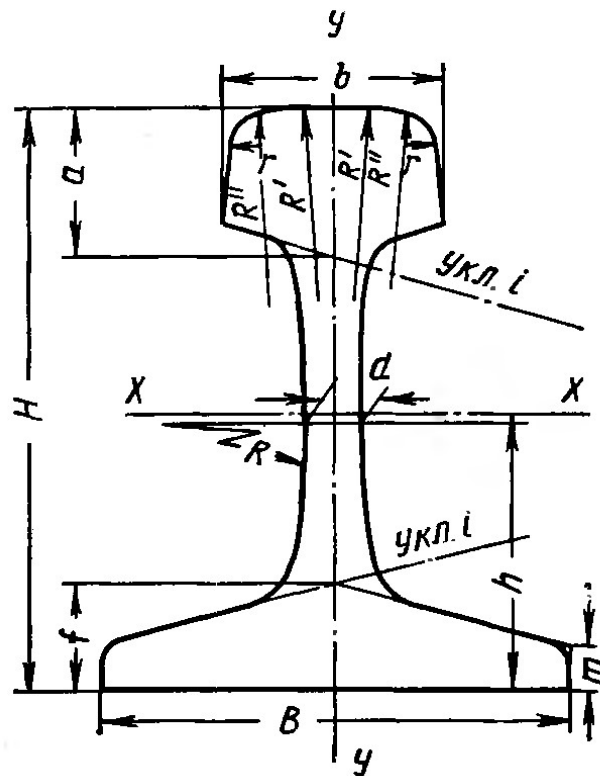


Рисунок 2.1 – Рейковий профіль

Рейка має головку, маса якої більша за масу підшви. Таке явище зумовлює різницю в температури при кінці прокатування. Головка рейки довготривало здатна зберігати високу температуру і остигає в останню чергу. Таке явище викликає негативне явище у тому, що може відбутися згинання розкату в бік головки. У зв'язку з цим виконують обробні операції з випрямлення прокату, де відбувається її вирівнювання. Але у випадку здійснення правки у холодному стані виникають остаточні напруження, що здійснює негативний вплив на якісні характеристики виробу. З метою уникнення такого недоліку, потрібно виконувати

додаткове вигинання підшви. Величина такого вигинання залежить від розподілу металу. Чим менша нерівномірність розподілу металу, тим менша потрібна величина вигинання. Для виконання вигинання використовують роликотправну машину.

З метою отримання потрібної структури рейки піддають уповільненому охолодженню та ізотермічній витримці. Охолодження здійснюють на холодильниках до появи їх магнітних властивостей. З цією метою температура охолодження рейок не повинна бути нижчою за 450-500⁰С. Після охолодження їх магнітними кранами завантажують у колодязі.

Існують деякі недоліки охолодження рейок в колодязях, до яких потрібно віднести те, що відбувається довга тривалість процесу та присутня нерівномірність охолодження виробів за довжиною та висотою колодязя.

З метою ефективного покращення структури рейок пропонується використовувати ізотермічну витримку при тій температурі, де спостерігається максимальна рухомість водню. При такому способі обов'язковою умовою для забезпечення максимальної ефективності процесу є повне перетворення γ заліза в α залізо.

Перед ізотермічною витримкою рекомендується здійснити переохолодження матеріалу до температури, яка складає 250-300⁰С, витримати деякий час, після цього знову нагріти до температури, яка дорівнює 600-650⁰С.

При такій обробці повністю завершується переводження γ у α залізо і утворюються такі залишкові напруження, що забезпечують посилення руху дислокацій, притягуючи до себе водень.

Після цього ізотермічна витримка закінчується, відбувається розрізання отриманих розкатів на мірні довжини і спрямування їх до холодильника.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.3

2.2 Послідовність технологічних операцій з виготовлення рейки Р38

Технологія отримання рейок Р 38 складається з наступних операцій:

1. Підготування початкового матеріалу. В якості вихідного матеріалу для прокатування рейок Р38 використовують безперервно-литі заготовки, які отримують зі сталі, що має в своєму складі 0,65 % *C*, 0,75 % *Mn*, 0,19 % *Si*, 0,035 % *P*, 0,029 % *S*. Маса блюмів для прокатування рейок звичайно для виготовлення рейки Р38 знаходиться в межах 2,0-4,0 т, а довжина такого блюму дорівнює 4,5-6,0 м.

2. Нагрівання отриманих рейкових заготовок, що здійснюється в методичних печах з торцевою посадкою та видачою. Нагрівають рейкові заготовки до температури, яка знаходиться у межах від 1180 до 1200°C. перевищення такої температури може призвести до утворення крупнозернистої структури металу, що приводить до зниження пластичних властивостей матеріалу.

3. Транспортування нагрітих заготовок до обтискних клітей прокатного стану, що здійснюється на підводячому рольгангу.

4. Прокатування в обтискних клітях прокатного стану.

5. Прокатування в чорнових клітях прокатного стану.

6. Прокатування в напівчистових клітях прокатного стану.

7. Прокатування в чистових клітях прокатного стану.

Розрізання отриманого розкату на мірні довжини, яка дорівнює 12,5 м дисковими пилами гарячого розрізання. При здійсненні розрізання на мірні довжини потрібно враховувати припуск на усадку металу, що відбувається за довжиною рейки при її охолодженні та на фрезування торців рейок. Розрізання рейок відбувається у гарячому стані до надходження їх до холодильника. Холодильники оснащене кантувачем, що забезпечує повертання рейок на визначений кут під час їх охолодження.

8. Маркування рейок здійснюється на штемпельній машині.

9. Правка рейок на роликових правильних машинах.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.4

10. Охолодження рейок на шлепперних холодильниках. З метою забезпечення якісної структури рейки потрібно виконувати уповільнене охолодження та ізотермічну витримку рейок. Уповільнене охолодження виконують на холодильниках до з'явлення магнітних властивостей матеріалу. Температура охолодження повинна бути не нижчою за 450-500° С. Після цього за допомогою магнітних кранів рейки завантажують у колодязі і там їх охолоджують до температури 100-150°С впродовж 6-8 годин. Далі відкривають кришку у колодязі і в такому стані витримують рейки протягом 30 хвилин, після чого їх відвантажують.

11. Термічна обробка рейок. Така обробка виконується з метою покращення властивостей рейок. Для цього виконується нормалізація, яка складається в повторному нагріванні охолодженої рейки з наступним охолодженням, яке здійснюється на спокійному повітрі. Після нормалізації міцність рейки зменшується, а пластичність збільшується. Термічна обробка виконується за наступної схемою: ізотермічна витримка, повторне нагрівання, закалювання, відпущення.

12. Правка рейок, яка відбувається після її охолодження. Для цього використовують роликові правильні машини.

13. Фрезування торців рейок на фрезерних верстатах.

14. Свердління отворів на свердлильних верстатах.

15. Остаточний контроль рейок.

16. Приймання готових рейок здійснюється на інспекторних стелажах.

2.3 Розрахунок режимів обтиснення при прокатуванні рейок

Початковим матеріалом для прокатування рейок є прямокутна заготовка. Для вибору початкового матеріалу потрібно враховувати форму і розміри готової рейки, в нашому випадку рейки Р38. Прямокутна заготовка, що використовується для прокатування рейок повинна мати один бік в 1,5-1,7 разів більше іншого.

На початковому етапі виготовлення рейки, потрібно отримати вірний прямокутний профіль з мінімальними відхиленнями від рівномірності,

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.5

планшетності. Щоб забезпечити такий профіль перші проходи відбуваються в прокатних валках, які мають прямокутні ящикові калібри. Після цього розкат спрямовують у перший фасонний калібр, де його встановлюють на ребро. З метою отримання вірного профілю розкат прокатують у декількох фасонних калібрах. Перші три фасонних калібру мають трапецеїдальну форму, далі використовують рейкові калібри.

Для отримання якісної рейки, що має точні розміри, мінімальні відхилення від точності форми та розмірів розраховують калібрування за наступними етапами:

1. Встановлення схеми калібрування, що забезпечить отримання точної форми і розмірів за мінімальну кількість проходів.
2. Розрахунок виконують проти руху прокатування.
3. Поділяють останній чистовий калібр на три елементи: головку, шийку та підошву, з визначенням потрібних розмірів.
4. Визначити розміри чистового профілю рейки в гарячому стані з врахуванням коефіцієнту теплового розширення.
5. Використовуючи чисельні попередні дослідження потрібно встановити часткові та загальні коефіцієнти деформації для окремих елементів профілю: головки, шийки та підошви.
6. Розрахувати розміри за окремими калібрами.
7. Визначити розміри розрізного калібру та коефіцієнт витяжки для виконання профілю.
8. Визначити розміри проміжних трапецеїдальних калібрів.
9. При виконанні розрахунку потрібно враховувати, що середнє значення висотної деформації шийки становить в межах 1,25 – 1,35. Рейка Р38 відноситься до рейок легкого типу, тому для неї рекомендується визначити більший коефіцієнт висотної деформації.
10. Для інших елементів профілю визначають середні коефіцієнти витяжки, починаючи з останнього, чистового проходу в напрямку до проміжних і чорнових калібрів та розрізного, поступово їх збільшуючи.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.6

11. Для розрахунку розмірів підшви, потрібно встановити коефіцієнти бічного обтиснення таким чином, щоб у відкритому фланці вони біли більшими ніж у закритому.

12. Визначають коефіцієнти витяжки головки профілю таким чином, щоб у відкритій частині ці коефіцієнти були вищими ніж у закритій.

13. Приймають розширення у чистовому калібрі, що знаходиться у межах 1,5-3,0 мм.

Перший трапецоїдальний калібр має гребінь, який виконує глибоке врізання в рейковій заготовці (рис. 2.2). Далі, в наступних калібрах, за рухом прокатування отриманий розкат розгортається і обтискується, утворюючи фланці. Цим обтисненням забезпечується ретельна деформація підшви.

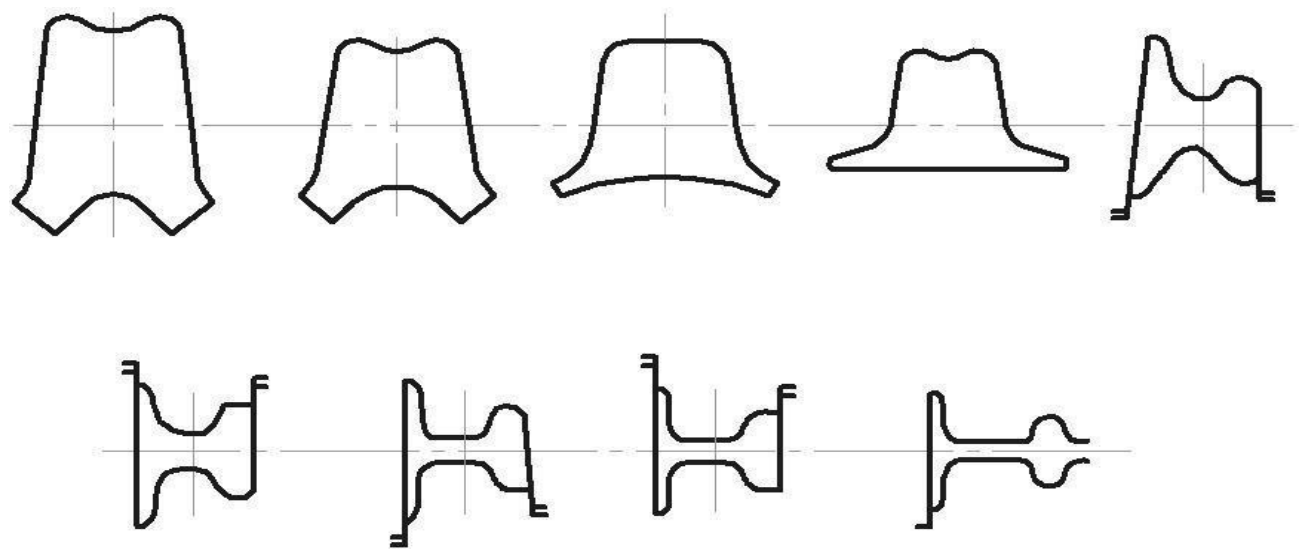


Рисунок 2.2 – Схема калібрування залізничних рейок

2.4 Визначення калібрування рейки Р38

Для прокатування рейки Р38 будемо використовувати універсальні калібри. Процес деформації відбувається в складних умовах через нерівномірність деформації за усіма елементами профілю.

На процес деформації рейки при прокатуванні в універсальних калібрах має вплив наступні чинники:

- розміри розкату до та після проходу в прокатній кліті;

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.7

Таблиця 2.1 – Розміри готового профілю рейки

Ширина головки, мм	Товщина шийки, мм	Ширина підшви, мм	Висота шийки, мм	Висота рейки, мм	Загальна висота головки, мм	Загальна висота підшви, мм	Площа поперечного перерізу профілю, см ²
68,0	13,0	114,0	71,0	135,0	40,0	24,0	49,063

Розрахунок виконуємо за окремими елементами.

Підшва рейки

Відбувається приріст товщини шийки у підшви відповідно до мінімальної товщини, який визначається за формулою:

$$\Delta d = 2R(1 - \cos \alpha) = 4R \sin^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (2.1)$$

де R – радіус прокатного валка, мм;

$$R = 400 \text{ мм};$$

α – кут до нормалі стінки, який дорівнює $\alpha = 8^\circ$, або 0,142 рад.

Після підстановки, отримаємо величину приросту:

$$\Delta d = 2 \cdot 400(1 - \cos 8) = 8 \text{ мм}.$$

Товщина шийки в місті з'єднання з підшвою буде дорівнювати:

$$d' = d + \Delta d, \quad (2.2)$$

де d – товщина шийки, мм.

Після підстановки, отримаємо:

$$d' = 13 + 8 = 22 \text{ мм}.$$

Товщина підшви у шийці буде дорівнювати:

$$b = b_{\text{ш}} - (\Delta d / 2) \operatorname{tg} \beta, \quad (2.3)$$

де $b_{\text{ш}}$ – висота шийки;

β – кут нахилу підшви.

Після підстановки, отримаємо: $b=23$ мм.

Товщина підшви на кінці буде дорівнювати: $m=9$ мм.

Висота фланцю знаходиться за формулою:

$$h = \frac{H-d}{2}. \quad (2.4)$$

Після підстановки, отримаємо: $h = (135 - 13)/2=61$ мм.

Розрахунок головки рейки

Шийка розташована симетрично до середини її висоти, ширина її в місці з'єднання з головкою дорівнює: 22 мм.

Товщина головки в місці поєднання з шийкою буде дорівнювати:

$$b_e' = b_e - \frac{d}{2} \operatorname{tg} \beta, \quad (2.5)$$

де b_e – висота головки, мм.

Після підстановки, отримаємо:

$$b_e = 40 - \frac{13}{2} \cdot \frac{1}{4} = 38,4 \text{ мм.}$$

Висота фланців, які утворює головка буде дорівнювати:

$$h_r = \frac{H_r - d}{2}, \quad (2.6)$$

де H_r – висота головки, мм.

Після підстановки, отримаємо:

$$h_r = \frac{40-13}{2} = 13,5 \text{ мм.}$$

Встановлюємо загальні та часткові коефіцієнти деформації для визначення перших шести рейкових калібрів.

Загальний коефіцієнт деформації для головки рейки приймаємо за практичними даними, він буде дорівнювати: $k_{\text{заг } r}=2,14$.

Загальний коефіцієнт витяжки для шийки приймаємо більшим через те, що в шийці повинна відбуватися більш інтенсивна деформація для отримання вірних розмірів і він буде дорівнювати: $k_{\text{заг ш}}=2,94$.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.10

Шийка рейки р 38 має свої особливості через те, що у неї різна товщина в середній та крайніх частинах. Для отримання вірних розмірів потрібно коефіцієнти витяжки приймати різними для середніх та крайніх частин рейки.

Витяжка для крайніх частин рейки буде в стільки разів менша во скільки разів вона є товщею за середні.

Загальний коефіцієнт витяжки крайніх частин шийки рейки буде дорівнювати 2,04.

Розподіляємо отримані коефіцієнти витяжки за чистовими проходами. Рух починаємо з останнього чистового калібру. Дані визначення заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Часткові коефіцієнти деформації профілю при проході в чистових калібрах

Елементи профілю	Часткові коефіцієнти витяжки в калібрах					Загальний коефіцієнт витяжки
	1	2	3	4	5	
Головка та підшва	1,07	1,12	1,15	1,2	1,3	2,14
Середина шийки	1,12	1,14	1,2	1,3	1,47	1,94
Крайні частини шийки	1,045	1,06	1,06	1,22	1,46	2,04

Розрахункові розміри кожного з калібрів будемо позначати буквою зі штрихом.

При прокатуванні чергуються відкриті та закриті фланці.

Визначимо висоту відкритого фланцю, що задається в закритий калібр за формулою:

$$h'_b = \frac{D_{\text{ш}} h_3}{D_{\text{ш}} - h_3}, \quad (2.6)$$

де $D_{\text{ш}}$ – діаметр прокатних валків по шийці, який дорівнює:

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.11

$$D_{\text{ш}} = D - d = 800 - 13 = 787 \text{ мм};$$

h_3 – висота закритого фланцю.

Висоту закритого фланцю, що задається у відкритий калібр визначимо за формулою:

$$h'_3 = \frac{D_{\text{ш}} h_{\text{в}}}{D_{\text{ш}} - h_{\text{в}}}, \quad (2.7)$$

де $h_{\text{в}}$ – висота відкритого фланцю.

В наведених формулах враховано те, що утягнення отримується менша з врахуванням швидкості, як в закритому фланці.

Товщина фланців у їх кінців визначається за наступними формулами:

- для відкритого фланцю:

$$a'_b = \frac{1}{2} \left[\lambda_b (b_b + a_b) \frac{h'_3}{h'_b} - \lambda_3 (b_3 - a_3) \right], \quad (2.8)$$

- для закритого фланцю:

$$a'_3 = \frac{1}{2} \left[\lambda_3 (b_3 + a_3) \frac{h'_3}{h'_b} - \lambda_b (b_b - a_b) \right], \quad (2.9)$$

де λ_3 – коефіцієнт витяжки закритого фланцю;

b_b – товщина фланцю при сполученні з шийкою для відкритого фланцю;

b_b – товщина фланцю при сполученні з шийкою для закритого фланцю;

λ_b – коефіцієнт витяжки відкритого фланцю.

Виконаємо розрахунок 1 – го (чистового калібру).

Розміри чистового калібру визначають з врахуванням коефіцієнту теплового розширення.

Розрахунок підшви рейки з врахуванням коефіцієнту теплового розширення

Для підшви рейки Р38 визначимо висоту фланцю. Для відкритого та закритого фланців вони будуть дорівнювати між собою.

$$h'_b = h'_3 = 1,012h, \quad (2.10)$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
						2.12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де h – висота фланцю підшви, яка дорівнює:

$$h = \frac{114-23}{2} = 45,4 \text{ мм.}$$

Після підстановки, отримаємо:

$$h'_b = h'_z = 1,012 \cdot 45,5 = 46,05 \text{ мм.}$$

Товщини фланців у основи для відкритого та закритого фланців також дорівнюють між собою і визначаються за формулою:

$$b'_b = b'_z = 1,012b, \quad (2.11)$$

де b – товщина фланцю $b = 26$ мм.

Після підстановки, отримаємо: $b'_b = b'_z = 1,012 \cdot 26 = 26,3$ мм.

Товщина фланцю на кінці визначається за формулою:

$$a'_b = a'_z = 1,012a. \quad (2.12)$$

Після підстановки, отримаємо: $a'_b = a'_z = 1,012 \cdot 9 = 9,1$ мм.

Площа поперечного перерізу кожного фланцю визначається за формулою:

$$F' = \frac{b'+a'}{2} h. \quad (2.13)$$

Після підстановки, отримаємо: $F' = \frac{26,3+9,1}{2} 46,05 = 815,085 \text{ мм}^2$.

Розрахунок розмірів головки рейки Р38 з врахуванням коефіцієнту теплового розширення

Висота фланців головки визначається за формулою, як і для підшви (2.10), з врахуванням висоти фланцю в зоні головки рейки, яка буде дорівнювати:

$$h = (68 - 22)/2 = 23 \text{ мм.}$$

Підставив відповідні значення, отримаємо:

$$h'_b = h'_z = 1,012 \cdot 23,0 = 23,3 \text{ мм.}$$

Товщина фланців головки рейки у основи дорівнює:

$$b'_b = b'_z = 1,012(2,6 + 14,9 + 1,3 + 0,8) = 1,012 \cdot 19,6 = 19,8 \text{ мм.}$$

Товщина фланців на кінці дорівнює:

$$a'_b = a'_z = 1,012(14,9 + 1,3) = 1,012 \cdot 16,2 = 16,5 \text{ мм.}$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.13

Площа поперечного перерізу кожного з фланців дорівнює:

$$F' = \frac{19,8+16,5}{2} 34 = 617 \text{ мм}^2.$$

Розрахунок розмірів шийки калібру з врахуванням коефіцієнти теплового розширення

Товщина шийки у середній її частині з врахуванням коефіцієнту теплового розширення, дорівнює:

$$d'_{cp} = 1,012 \cdot d = 1,012 \cdot 13 = 13,56 \text{ мм.}$$

Товщина стінки в місцях з'єднання з підшвою та головкою:

$$d'_1 = 1,012 \cdot d = 1,012 \cdot 22 = 22,26 \text{ мм.}$$

Ширина шийки для рейки Р38

$$B' = 1,012 \cdot 71 = 71,9 \text{ мм.}$$

Площа поперечного перерізу шийки з врахуванням бокових виїмок:

$$F = 71,9 \cdot 22,26 - \frac{2}{3} (71,9 - 19,8 - 26)(22,26 - 13,56) = 1449,1 \text{ мм}^2.$$

При розрахунку чистового калібру потрібно мати на увазі те, що верхній та нижній фланці головки прокатують в закритих частинах калібру, що свідчить про те що вони знаходяться в однакових умовах деформації.

Загальна площа поперечного перерізу чистового калібру дорівнює:

$$F_{\text{заг}} = 1449,1 + 617 + 815,085 = 2881,2 \text{ мм}^2.$$

Калібр 2 проти руху прокатування (передчистовий)

Розміри шийки калібру 2 розраховують з врахуванням прийнятого коефіцієнту деформації, який дорівнює – для середньої частини шийки $k=1,12$, а для крайніх частин $k=1,04$.

Тоді, товщина шийки в середній частині другого калібру буде дорівнювати:

$$d'_{cp2} = k d_{cp} = 1,12 \cdot 13,56 = 15,19 \text{ мм.}$$

Товщина шийки рейки в крайніх калібрах дорівнює:

$$d'_{cp2} = 1,04 \cdot 22,26 = 23,15 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт обтиснення за висотою в закритому калібрі буде дорівнювати:

$$\eta_3 = 1,083.$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.14

Коефіцієнт обтиснення товщини в закритій частині калібру буде дорівнювати: $\lambda_3 = \frac{k}{\eta} = 0,99$.

Коефіцієнт обтиснення висоти в відкритому калібрі буде дорівнювати:
 $\eta_b = 0,98$.

Коефіцієнт обтиснення висоти у відкритому фланці передчистового калібру дорівнює: $\lambda_b = 1,1$.

За визначеними коефіцієнтами обтиснення та витяжки в передчистовому калібрі визначаємо товщину відкритого фланцю:

$$b'_{b2} = b'_b \lambda_3 = 26,3 \cdot 0,98 = 25,77 \text{ мм.}$$

Дані розрахунку заносимо в табл. 2.3.

В розрахунку калібрів 3 і 4 приймаємо наступні коефіцієнти витяжки:

- для головки та підошви 1,150;
- для середньої частини шийки 1,2;
- для крайньої частини шийки 1,08.

Для калібру п'ять приймаємо наступні витяжки:

- для головки та підошви 1,2;
- для середньої частини шийки 1,28;
- для крайньої частини шийки 1,22.

Для шостого калібру приймаємо наступні витяжки:

- для головки та підошви 1,3;
- для середньої частини шийки 1,47;
- для крайньої частини шийки 1,3.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
						2.15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку рейкових калібрів

№ калібру	Розміри шийки, мм			Розміри головки, мм				Розміри підошви, мм				загальна площа поперечного перерізу,	загальний коефіцієнт витяжки
	товщина по середині	товщина по краям	ширина	тип фланцю	висота від шийки	товщина у кінця	товщина у шийки	тип фланцю	висота від шийки	товщина у кінця	товщина у шийки		
5	29,7	31,2	64,1	B	24,7	29,7	38,7	3	57,2	13,1	30,5	7691	1,25
				3	25,1	31,2	39,1	B	56,1	13,9	31,6		
4	21,5	29,6	66,2	3	25,1	28,1	35,5	B	52,4	11,6	30,1	6409	1,2
				B	24,5	28,8	29,8	3	48,3	12,8	31,8		
3	18,1	25,8	68,8	B	24,9	26,8	26,2	3	49,6	11,6	30,5	5672	1,13
				3	22,9	22,2	26,6	B	49,6	10,2	29,2		
2	15,19	23,15	70,2	B	24,2	19,8	21,8	B	47,7	9,9	25,77	5204	1,09
				3	-	-	-	3	45,9	10,2	28,1		
1	13,56	22,26	71,3	3	23,3	16,8	19,8	B	46,06	9,1	26,3	4910	1,06

Визначення розмірів таврових калібрів

При прокатуванні рейкового профілю використовують один розрізний калібр і три таврові. Таврові калібри мають форму, що показано на рис. 2.4.

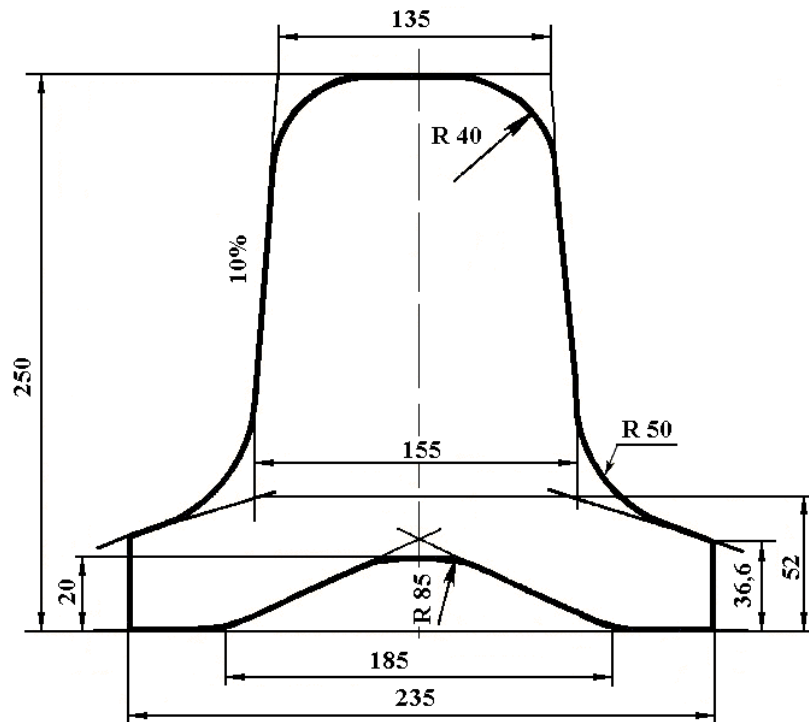


Рисунок 2.4 – Форма таврового калібру

Під час розрахунку таврових калібрів потрібно забезпечити дуже інтенсивну деформацію головки та підшви. При цьому повинно відбутися роздрібнення первинної структури металу з метою покращення його механічних властивостей.

При прокатуванні використовуємо три таврових калібру і один розрізний.

При розрахунку третього таврового калібру, який задається в розрізний потрібно встановити витяжки та обтиснення.

Обтиснення головки приймаємо $\Delta h_{\text{гол}} = 3 \div 10$ мм. Прийmemo 5 мм.

Ширина третього таврового калібру з боку головки буде дорівнювати:

$$B'_{\text{гол}} = h_{\text{гол в}} + h_{\text{гол з}} + d + 5, \quad (2.14)$$

де $h_{\text{гол в}}$ – висота головки з боку відкритого фланцю;

$h_{\text{гол з}}$ – висота головки з боку закритого фланцю.

Ширину підошви приймаємо з врахуванням утягнення, яке може дорівнювати від 25 до 55 мм. Приймаємо 30 мм.

При визначенні висоти таврового калібру потрібно враховувати обмеження при розширенні, що забезпечує інтенсивне пророблення підошви та головки рейки.

Розширення у розрізному калібрі приймаємо рівним 5 мм.

Приймаємо кут захоплення $\alpha=27^\circ$.

Нахил фланців в тавровому калібрі 3 буде дорівнювати 31 %.

Нахил стінок калібру від головки та підошви приймаємо, використовуючи практичні дані 7 %.

При розрахунку другого таврового калібру, потрібно використати дворазове обтиснення за їх товщиною.

З метою виконання кращої деформації у верхній частині розкату рекомендується ширину головки другого та третього калібру виконувати рівними між собою.

Ширина підошви другого калібру знаходиться за формулою:

$$B''_n = B'''_n + \Delta b''', \quad (2.15)$$

де B''_n – ширина підошви другого калібру;

B'''_n – ширина підошви третього калібру;

$\Delta b'''$ – розширення в третьому калібрі.

Розширення в третьому калібрі приймається за практичними даними і дорівнює від 10 до 25 мм.

Висота другого калібру знаходиться за формулою:

$$H'' = (1,3 \div 1,4)H'. \quad (2.16)$$

Нахил бокових стінок приймаємо рівним 7,5 %.

Кут розвороту гребня дорівнює:

$$\varphi'' = 180 - 2\beta = 180 - 48 = 132^\circ.$$

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.18

При визначенні таврового першого калібру потрібно враховувати те, що потрібно забезпечити максимальну ступінь обтиснення в другому калібрі, що сприяє активному обтисненню за висотою профілю.

Коефіцієнт обтиснення за висотою калібру знаходиться в межах від 1,38 до 1,4.

Розміри I таврового калібру та заготовки

На підставі практичних даних можна визначити кут розвертання підосви рівним $100...110^\circ$; радіус закруглення при вершині $r=35...40$ мм.

Бічне обтиснення в калібрі визначається шириною початкової заготовки та розмірами верхньої її частини. Такі розміри потрібно визначати з урахуванням показника защемлення, який дорівнює $0,3...0,5$.

Коефіцієнт обтиснення металу, що надходить на головку дорівнює $1,08...1,14$.

Ширину початкової заготовки знаходимо з виразу:

$$B_3 = k \frac{B'_p(1,258-\eta_{\text{гол}})+B'_{\text{гол}}(\eta_{\text{гол}}-0,918)}{0,345}, \quad (2.17)$$

де B'_p – ширина таврового першого калібру у місці роз'єму;

$B'_{\text{гол}}$ – ширина першого таврового калібру у головки;

$\eta_{\text{гол}} = 1,08...1,14$ – коефіцієнт деформації металу, який переходить на головку;

$k = 0,95...1,1$ – коефіцієнт, який враховує обтиснення металу в калібрі.

Висота початкової заготовки визначалася за формулою:

$$H_3 = k_1 \frac{0,87H'}{1,8-\eta_{\text{гол}}}, \quad (2.18)$$

де H' – висота таврового першого калібру по вертикальній осі;

$k_1 = 1,0 ... 1,04$ – коефіцієнт, який враховує защемлення.

В результаті розрахунку, прийшли до висновку використовувати вихідну заготовку, що має розмір 100×100 мм.

Отримані розрахункові дані заносимо в табл. 2.4.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.19

Таблиця 2.4 – Розміри таврових та розрізного калібру

Калібр	Висота по вертикальній осі, мм	Загальна висота калібру, мм	Загальна ширина калібру, мм	Площа поперечного перерізу калібру, мм ² .	Коефіцієнт витяжки	Обтиснення висоти, мм	Кут захоплення, °С
Заготовка	100	100	100	15625	-	-	-
ІІІ тавровий	90	95	105	14749,5	1,06	5,0	26°
ІІ тавровий	85,0	80,0	108	11338,9	1,3	15,0	24°
І тавровий	59,0	59,0	110	10,308	1,1	21	21°
Розрізний калібр	60,0	60,0	112,9	9999	1,03	-	27°

2.5 Термічна обробка рейок

Термічну обробку рейок проводять з метою надання їм необхідної твердості та міцності. В той же час вони повинні мати достатню пластичність і не схильними до утворення різних тріщин, вибоїн, локенів. Краща внутрішня структура рейки, як довели дослідження, є сорбітна структура, що забезпечує високу працездатність рейок. Для отримання такої структури і забезпечення потрібних механічних властивостей, потрібно виконати термічну обробку матеріалу рейки.

Відомо, що найкраще поєднання властивостей пластичності та міцності відбувається при наступній схемі термічної обробки: виконання ізотермічної витримку, повторне нагрівання матеріалу, закалювання та відпущення.

Особливу увагу потрібно приділити процесу нагрівання перед прокатуванням, яке також, в свою чергу, здійснює процес закалювання матеріалу, яке дозволяє покращити його міцностні властивості та характеристики.

Потрібно виконати поверхневе закалювання головок рейок, що відбувається з повторного нагрівання матеріалу. Під час виконання цієї операції на останній частині рейок відбувається нормалізація.

Під час першого нагрівання структура підшови та шийки рейки не має ніяких змін в структурі матеріалу, що можуть привести до покращення його властивостей. Під час повторного нагрівання відбуваються зміни в структурі підшови та шийки. Вони отримують дрібнозернисту структуру, метал отримує пластичні властивості, ударну в'язкість та витривалість.

З метою набуття сталлю потрібної пластичності потрібно виконати ізотермічну витримку.

Перед здійсненням закалювання, рейку потрібно збризкати водою. Перед закалюванням у спеціальній печі відбувається нагрівання сталевого матеріалу до температури 850-870 °С. Після попереднього нагрівання отриману рейку завантажують у закалочну машину.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.21

Закалювання може відбуватися за двома режимами:

1) Закалювання з самовідпуском. За таким режимом процес закалювання триває протягом 10 с без врахування часу на відкриття та закриття заслонки печі.

2) Закалювання з наступним відпуском. За таким режимом закалювання триває близько 15 с, без врахування часу на відкриття і закриття заслонки печі.

Перед закалюванням рейки потрібно охолодити для зменшення температури кінців подошви через те, що вони повинні мати температуру, яка є нижчою за останню частину рейок.

Перед посадом рейок у нагрівальну піч, її потрібно нагріти до температури, яка буде дорівнювати 650-680 °С. Після чого, з метою відпущення матеріалу на кінці процесу обробки, температура повинна складати 530-560 °С.

Процес відпущення у печі триває протягом 3-х годин.

Термічна обробка рейок відбувається в печах з роликівим подом. Така піч має гладкі ролики. Кількість таких роликів дорівнює 67 та 27 роликів знаходяться у камері видачі. В печі рейки складаються пакетами, в яких міститься від 8 до 10 штук рейок. Ролики рухаються з шагом, який дорівнює 1100 мм, діаметр роликів дорівнює 360 мм. Ролики печі виготовляють з легованої сталі марки 36Х18Н25С. Це доволі міцна і термостійка сталь. Ролики мають швидкість руху, що дорівнює 0,65 м/с і 0,12 м/с.

Максимально швидкість руху рейок повинна бути рівною швидкості їх руху по відвідному рольгангу. Така швидкість забезпечить безперебійну роботу печі. Ця швидкість також дорівнює і швидкості завантаження нової партії у піч.

Видача рейок з печі відбувається за допомогою шлеперного устаткування. Ділянка видачі рейок з печі має підвісне зведення печі. До вікна видачі рейки рухаються зі швидкістю, що дорівнює 0,12 м/с.

Повна тривалість нагрівання рейки дорівнює 30 хвилин, це забезпечує годинну продуктивність печі 60 т/год.

Потрібно відмітити, рейки після закалювання мають пряму форму, а після відпущення, вони отримують вигинання.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.22

Термічна обробка дозволяє отримати рейки, що мають твердість за Бринелем HB 300-320. Відносно звуження при цьому суттєво збільшується, що характерно для матеріалу, який має сорбітну структуру. Також, матеріал рейки отримує високу ударну в'язкість за усім профілем. Така в'язкість здатна зберігатися при температурі, що дорівнює 40 °С. це дає можливість запобігти руйнуванню рейки.

Для низьковуглецевої сталі термічна обробка високий рівень механічних властивостей рівномірно за усім поперечним перерізом профілю.

Для виконання поверхневого закалювання рейок, використовують методи об'ємного закалювання. Вони є не складними і не потребують додаткових операції нагрівання.

З метою покращення зовнішнього вигляду рейки виконують її правлення, що відбуваються в обробному відділенні. Для виконання цієї операції, використовують п'яти – семи роликові правильні машини. Вони мають швидкість руху в межах від 0, до 1,6 0,8-1,6 м/с.

Після правки, рейки рухаються по рольгангу до потокових ліній механічної обробки. За допомогою канатних шлеперів їх спрямовують до стелажів, які знаходяться попереду фрезових металорізальних верстатів, де відбувається укладка їх, витримуючи відстань близько 30 мм одна від одної. Далі, за стелажів рейки приймають і спрямовують до фрезових та свердлувальних верстатів, де відбувається фрезування їх торців і свердління отворів для кріплення рейок.

Таким чином, ми отримуємо рейку з рівним торцем та отворами для їх кріплення. Матеріал рейки має сорбітну структуру, що забезпечує достатньо високу міцність, надійність в експлуатації та зносостійкість.

Довжина кінцю рейки, де відбулося сорбітне закалювання повинна бути рівної в межах від 100 мм до 150 мм, глибина закалювального шару повинна дорівнювати 4 мм. Потрібно дотриматися плавного переходу від термічно-обробленого до термічно-необробленого шару, щоб не було перегріву металу.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.02.РТВР	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2.23

2.6 Відділка рейок

Після того, як було виконано відділку рейок, їх транспортують до інспекторних стелажів. Там виконують остаточний контроль та приймання готової продукції. Після цього рейки транспортують на склад готової продукції, де їх зберігають, або направляють до замовника.

Для розрізання рейок використовують салазкові пили, де отримують мірні довжини рейок, що дорівнює 12,5 м. після повного охолодження рейок використовують для розрізання ножиці холодного обрізання.

Після отримання рівномірних довжин рейок, їх укладають за допомогою штабелеукладачів. Під час укладки відбувається кантування рейок, де їх повертають на визначений кут відносно їх осі. Це відбувається за допомогою кантувача. При цьому здійснюється ретельний огляд рейок з усіх боків.

ВИСНОВКИ

В роботі було проаналізовано загальну характеристику та призначення рейок, їх класифікацію та вимоги. Обрано матеріал для виготовлення рейки Р38. Надано перевагу вуглецевій сталі марки 70, яка має усі потрібні характеристики та властивості, що забезпечать тривалу працездатність рейки, досліджено хімічний склад цього матеріалу.

Розглянуто способи виготовлення рейок і надано перевагу гарячому прокатуванні. Проаналізовано обладнання, що використовується для виготовлення рейок. з метою отримання вірного профілю рейки Р18 в якості обладнання пропонується використовувати рейкобалковий прокатний стан 800. Визначено його основне та допоміжне устаткування. Розглянуто його конструкцію та принцип дії, кількість по конструкції робочих клітей, що дозволять отримати вірний профіль.

Проаналізовано будову рейки Р38 та визначено її основні розміри та властивості. Виявлено, що така рейка має три елементи: головку, підшву і шийку, які мають дуже нерівномірну деформацію. В роботі було виконано перерозподіл режимів обтиснення з метою наближення умов деформації до більш рівномірних. Для цього було намічено схему калібрувань та виконано розрахунок обтиснень, коефіцієнтів витяжки кожного профілю окремо. Запропоновано в якості початкового матеріалу використовувати безперервно-литу квадратну заготовку, з якої можна отримати виріб за мінімальну кількість проходів, які забезпечать отримання якісного профілю.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.В							
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Терехін			ВИСНОВКИ				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Бабошко									1	2
Рецензент									Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.		Бабошко										
Затвердив		Савельєв										

Визначено послідовність операцій для виготовлення сталевго рейкового профілю, що дозволяють отримати рейку Р38 з безперервно-ливої заготовки 100×100 мм.

Для забезпечення потрібної міцності та пластичності рейки Р38 розроблено технологію термічної обробки матеріалу.

Для підвищення якості рейки запропоновані обробні операції.

Використання наведеної технології та обладнання дозволить отримати якісний рейковий профіль Р38.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.В	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 136 «Металургія» усіх форм навчання / С.Г. Савельєв, Л.Н. Саїтгарєєв, В.А. Чубенко, Т.П. Ярош, І.Е. Скідін, А.А. Хіноцька. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2022. – 32 с.

2. Рейки // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р.А. Шмиг, В.М. Боярчук, І.М. Добрянський, В.М. Барабаш; за заг. ред. Р. А. Шмига. – Львів, 2010. – С. 167. – ISBN 978-966-7407-83-4.

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

4. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів проф. навч. зал.] / Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. К.: Либідь, 2002. – 328 с. – ISBN 966-06-0247-2.

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 / 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 / Укладач: Калініна Т.В. – Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 80 с.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.Л						
Вим.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРА			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Терехін										
Перевірив	Бабошко										
Рецензент								Кафедра МЧМЛВ гр. МТ-21-1			
Н. контр.	Бабошко										
Затвердив	Савельєв										

8. Інструкція щодо улаштування й конструкції мостового полотна на залізничних мостах [Текст] / Розроб.: В.В. Говоруха, В.П. Піскунов, О.В. Саєнко. – Введ. 2002 – 06 – 20. – Київ: Головне управління колійного господарства Укрзалізниці, 2002. – 155 с.

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

10. 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.

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

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

13. 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.

14. 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>.

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

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

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

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

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

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

20. Чубенко В.А., Хіноцька А.А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 170 с.

21. <http://www.arcelormittal.com/kryviyrih/>.

					КНУ.РБ.136.25.149с-18.Л	Аркуш
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3