

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра обробки металів тиском
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

Другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему: *«Аналіз впливу температури посадки зливків в нагрівальний колодязь перед сортовим прокатуванням дуплексної нержавіючої сталі марки 03X22H5AM3».*

Виконала: студентка II курсу, групи 8.1369-3 оmt
спеціальності 136 Металургія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Обробка металів тиском
(код і назва освітньої програми)

О.М. Закатова
(ініціали та прізвище)

Керівник

доц. каф. ОMT, доцент., к.т.н. Ю. В. Бондаренко

Рецензент

зав. каф. ОMT, проф., д.т.н. В.О. Явтушенко

Запоріжжя

2020

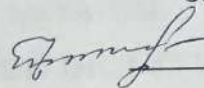
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут

Кафедра _____ обробки металів тиском _____
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 136 «Метталургія» _____
Освітньо-професійна програма Обробка металів тиском _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОМТ

 д.т.н. Явтушенко О.В.

« ____ » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТЦІ

_____ Закатовій Оксані Миколаївні _____

1. Тема магістерської роботи «Аналіз впливу температури посадки зливків в нагрівальний колодязь перед сортовим прокатуванням дуплексної нержавіючої сталі марки 03X22H5AM3».

керівник проекту (роботи) Бодаренко Юлія Володимирівна, к.т.н. доцент

затверджені наказом вищого навчального закладу від «25»05.2020р. № 597-с _____

2. Строк подання студентом роботи _____ 01 грудня 2020 року _____

3. Літературні данні до магістерської роботи: Матеріали переддипломної практики, курсові проекти технічна документація стана 1050 ПрАТ «ДНПРСПЕЦСТАЛЬ», літературні джерела. _____

4. Зміст дослідницько-розрахунковій частині (перелік питань, які потрібно розробити)

Метою магістерської роботи є аналіз вплив температури всаду зливків дуплексної нержавіючої сталі особливого призначення, перед прокаткою, шляхом розробки режиму деформації, розрахунку калібрування валків, розрахунку енергосилових, кінематичних і температурних параметрів прокатки, розрахунку на міцність валка блюмінга.

Виконати аналіз вимоги що пред'являються стандартами до металопродукції, проаналізувати контроль якості сталі спеціального

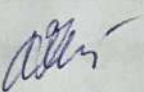

призначення 03X22H5AM3 на ад'юстажі стана 1050, проаналізувати та розробити технологію прокатування на стані 1050.

Проаналізувати потенційно шкідливі та небезпечні фактори. Розрахувати штучне освітлення ад'юстажа стана 1050.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

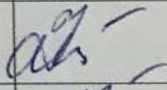
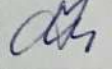
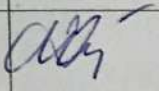
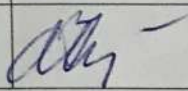
Креслення стана 1050, заготовочної, обтисної кліті, валка, зливковоз, приймальний рольганг, кантуваль, роторних пил гарячого різання, схема різання металу на ножицях зусиллям 900т., схема різки металу на ножицях зусиллям 1250т., схема нагрівального колодязя.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

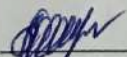
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ, реферат, 1-4, висновки, література	Бондаренко Ю.В. доцент кафедри ОМТ		

7. Дата видачі завдання 10.09.2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, аналітично-пошукова частина.	10.09.2020-20.09.2020	
2.	Дослідницько-розрахункова частина.	21.09.2020-10.10.2020	
3.	Обробка та обговорення результатів дослідження.	11.10.2020-20.11.2020	
4.	Охорона праці та навколишнього середовища, загальні висновки.	21.11.2020-1.12.2020	

Студентка


(підпис)

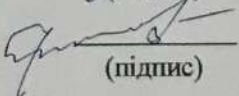
Закатова О.М.

Керівник роботи


(підпис)

Бондаренко Ю. В.

Нормоконтролер


(підпис)

Явтушенко О. В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи магістра: 117 - сторінок, 28 – рисунків, 9- таблиць, 22 - літературних джерел.

Об'єкт дослідження – прокатний стан 1050 заводу «Дніпроспецсталь».

Тема роботи – «Аналіз впливу температури посадки зливків в нагрівальний колодязь перед сортовим прокатуванням дуплексної нержавіючої сталі марки 03X22H5AM3».

Мета роботи – проаналізувати вплив температури всаду зливків дуплексної нержавіючої сталі особливого призначення, перед прокаткою.

Матеріал дослідження – нержавіюча сталь особливого призначення 03X22H5AM3

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків в прокатному виробництві.

Ключові слова: ГОРЯЧИЙ ВСАД, А'ДЮСТАЖ, СТАН, КЛІТЬ, ЗЛИВОК, КАЛІБРУВАННЯ ВАЛКІВ, ДЕФОРМАЦІЯ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА.....	12
1.1 Технічна характеристика прокатного стану 1050.....	12
1.2.1 Загальні відомості про дуплексні нержавіючі марки сталі.....	32
1.2.2 Особливості сталі 03X22H5AM3.....	35
2. ДОСЛІДНИЦЬ-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	39
2.1 Розробка режиму деформації.....	39
2.2 Розрахунок калібрування валків.....	44
2.3 Розрахунок енергосилових, кінематичних і температурних параметрів прокатки.....	51
2.4 Розрахунок на міцність валок блюмінга.....	71
3. ОБРОБКА ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ..	75
3.1 Вимоги що пред'являються стандартами до металопродукції....	75
3.2 Контроль якості сталі спеціального призначення 03X22H5AM3 на ад'юстажі стана 1050, та результати проведення досліджень..	76
3.3 Заходи, щодо реконструкції.....	94
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	98
4.1 Охорона праці.....	98
4.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....	99
4.3 Заходи з електробезпеки.....	101
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	102
4.5 Розрахунок з виробничої санітарії.....	108
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	113
ЛІТЕРАТУРА.....	115

ВСТУП

Металургійна промисловість – сукупність підприємств і організацій гірничо-металургійного комплексу, який об'єднує підприємства чорної і кольорової металургії, а також гірничо-збагачувальні комбінати, феросплавні заводи, збагачувальні фабрики, коксохімічні заводи і підприємства, які виготовляють вироби з металу.

Сучасна металургійна промисловість України.

У складі металургійного комплексу (металургійної промисловості, металургії) України – підприємства з видобутку і збагачення руд чорних і кольорових металів, нерудних матеріалів, з виробництва чавуну, сталі, прокату, труб сталевих, метизів, феросплавів, вогнетривів, коксу, з виробництва твердосплавної, вуглецевої, напівпровідникової продукції, з переробки ломів і відходів, виробництва ряду видів хімічної продукції, великий комплекс підприємств допоміжного призначення, а також науково-дослідні та проектні організації.

Частка металургії у ВВП (внутрішній валовий продукт) країни становить близько 38%, у промисловому виробництві – 27,3%, експорті – 34,2%. Частка металургії в податкових платежах у всі рівні бюджетів становить 38%. Як споживач продукції та послуг суб'єктів природних монополій металургія використовує від загальнопромислового рівня 32% електроенергії, 25% природного газу, 10% нафти і нафтопродуктів, її частка у вантажних залізничних перевезеннях – 20%

Металургія у структурі промисловості України становить 35,1%, тоді як у структурі світової промисловості – 34,3%. В Україні існує значний науково-дослідний і конструкторський потенціал щодо металургійного виробництва – це наявність спеціалізованих наукових установ, як самостійних, так і інтегрованих у підприємства.

Після відновлення незалежності. Від 1992 до 1997 року обсяги виробництва металургійної промисловості знижувалися, в 1997 році вперше від моменту проголошення незалежності було зафіксовано збільшення обсягів виробництва на 12% у відношенні до показників 1996 року. У результаті, за підсумками 1997 року металургійна промисловість забезпечила майже 20% ВВП і 20% експорту України.

В 2000 році рентабельність галузі становила 26,3 %. За підсумками 2007 року металургія України забезпечувала 40 % валютних надходжень і 20 % ВВП.

В 2005 році галузь забезпечувала більше 25 % промислового виробництва держави (96 955,5 млн. гривень), близько 40 % валютних надходжень до України і більше 10 % надходжень до державного бюджету України.

В 2007 році, за даними Міжнародного інституту чавуну і сталі, доля України в світовому виробництві чорної металургії становила 7,4 %.

За оцінкою Національного банку України, доля металургії за підсумками 2014 року в промисловості становила 16,5 %, в експорті - 30 %, у ВВП - близько 3 %.

Виробництво основних видів продукції. Україна є одним з лідерів серед країн-виробників чорних металів у світі. В 2011 році було виготовлено:

- неагломеровані залізні руди і концентрати - 80 600 тис. т.
- агломеровані залізні руди і концентрати - 64 600 тис. т.
- кокс з кам'яного вугілля - 19 600 тис. т.
- чавун - 28 881 тис. т.
- сталь - 17 674 тис. т.
- напівфабрикати безперервного лиття -17 837 тис. т.
- готовий прокат - 19 511 тис. т.
- плоский гарячекатаний - 9 020 тис. т.
- прути, бруски, профіль гарячекатаний - 4 773 тис. т.
- труби -2 372 тис. т.
- дріт стальний - 354 тис. т.

- конструкції збірні з чавуну і сталі - 55,1 тис. т.
- конструкції збірні інші - 511 тис. т.
- резервуари і цистерни більше 300 літрів - 20,6 тис. т.
- радіатори - 13,7 тис. т.
- котли - 304 тис. т.

В 2013 році Україна обіймала 10 місце в світі за обсягами виробництва сталі. В цьому році металургійна промисловість України виготовила 29,1 млн т чавуну, 32,7 млн т. сталі і 29,1 млн т. прокату, що склало 76 % від виробництва докризового 2007 року. Експорт чорних металів у 2013 році склав 14,3 млрд. дол. США (на 6,6% менше у порівнянні з 2012 роком).

Продукція, виготовлена металургійними підприємствами, складала близько 30 % у загальному промисловому виробництві й 25 % від загальних обсягів експорту України. Близько 80 % металопродукції експортувалися до країн Європи, Азії, Близького Сходу й Південної Америки, 20 % йшло на внутрішнє споживання.

В 2014 році виробництво сталі в порівнянні з 2013 роком скоротилося на 17% - до 26,171 млн. т., виплавка чавуну скоротилася на 15% - до 24,81 млн. т. Збір брухту чорних металів в 2014 році знизився до історичного мінімуму - 5,3 млн. т (в 2013 році було зібрано 5,7 млн. т.).

В 2015 році виробництво сталі скоротилося на 16% - до 22,935 млн тон; виробництво загального металопрокату скоротилося 16% - до 20,017 млн тон; виплавка чавуну зменшилася на 12% – до 21,878 млн тон.

В 2016 році виплавка чавуну склала 23,6 млн. тон; виплавка сталі - 24,2 млн. тон; виробництво металопрокату - 21,4 млн. тон.

В 2017 році виплавка чавуну склала 20,035 млн. тон; виплавка сталі - 21,284 млн. тон; виробництво металопрокату - 18,439 млн. тон.

У січні-червні 2018 року виплавка чавуну склала 10,15 млн. тон; виплавка сталі - 10,39 млн. тон; виробництво металопрокату - 9,25 млн. тон.

У 1 півріччі 2018 року світова виплавка сталі збільшилася в порівнянні з аналогічним періодом минулого року на 4,6%, до 881,455 млн. тон. Згідно з

даними worldsteel, в червні 2018 року Україна піднялася з 14-го на 12-те місце в рейтингу світових виробників сталі, випередивши Тайвань і Мексику.

Гірничо-металургійні кластери.

Станом на початок 2013 року гірничо-металургійний комплекс України нараховував близько 800 великих і малих підприємств і організацій, включаючи 19 великих металургійних комбінатів і заводів, 12 трубних заводів, більше 20 метизних підприємств, і більше 100 підприємств з переробки металобрухту, локалізованих в чотирьох господарських кластерах.

Дніпропетровська область.

-Кривбас (близько $\frac{3}{4}$ залізної руди, 30 % агломерату, $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{5}$ чавуну, сталі, прокату, близько 14 % коксу),

- Кривий Ріг, найбільше металургійне підприємство України – Арселор Меттал Кривий Ріг (раніше- «Криворіжсталь»), виробництво чавуну, сталі, прокату, агломерату, коксу.

Найбільші гірничорудні підприємства:

Інгулецький, Північний, Південний, Центральний ГЗК, «Суха Балка», «Кривбасвибхпром», Криворізький залізорудний комбінат (колишня «Кривбасруда»), Криворізький гірничо-збагачувальний комбінат окиснених руд.

Придніпров'я (більше $\frac{1}{2}$ феросплавів, сталевих труб, уся марганцева руда України, близько 40 % метизів, $\frac{1}{7}$ - $\frac{1}{8}$ чавуну, сталі, прокату, більше 10% агломерату й коксу), міста Дніпро, Кам'янське, Нікополь, Новомосковськ.

Підприємства: Нікопольський завод феросплавів, Дніпровський металургійний комбінат імені Держинського, «Дніпровський металургійний завод», Інтерпайп Сталь, Дніпродзержинський сталеливарний завод, ЄВРАЗ Южкокс, Дніпровський коксохімічний завод.

Трубні заводи: Дніпропетровський завод нержавіючих труб (ІВІС СТІЛ), Дніпровський завод нержавіючих труб (ДЗНТ), Нижньодніпровський, Дніпропетровський, Новомосковський, «Ніко-Тьюб» і «Ютіст» (Нікополь) та ін.

Завод «Дніпрометиз», Покровський і Марганецький.

Нікопольський південнотрубний завод - одне з найбільших промислових підприємств у м. Нікополь.

В 1999-2000 роках ВАТ «ПТЗ» було реорганізоване в систему закритих акціонерних товариств (ЗАТ «Нікопольський завод нержавіючих труб» (від 2007 року - ЗАТ «СЕНТРАВІС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН»), ЗАТ «ЮТІСТ», ЗАТ НВО «Трубосталь» й ін.).

Запорізька область.

Третина залізної руди і феросплавів, 11 - 12 % агломерату, коксу, чавуну, сталі, прокату - місто Запоріжжя,

1 комбінат (Металургійний ком-бінат «Запоріжсталь»).

«Дніпроспецсталь»,

Запорізький залізорудний комбінат, «Запоріжжкокс»,

Запорізький завод феросплавів,

Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат,

Запорізький титаномагнієвий комбінат,

«Укрграфіт»,

Запорізький сталепрокатний завод.

У нашому столітті нержавіюча сталь відноситься до найбільш затребуваних матеріалів. Нержавіюча сталь, так звана у побуті “нержавійкою” – це сталь, яка містить хром, кількістю не менш 12% та має високу стійкість до корозії.

Таку сталь вважають найдовговічнішою та практичною, а тому вона отримала широке застосування в багатьох галузях, серед яких медицина, харчова промисловість, будівництво, машинобудування, металургія, нафтова та хімічна промисловість, і т. д.

Вважається, що нержавіюча сталь є дорогим металом. Однак така перевага цього матеріалу, як великий строк служби у порівнянні з іншими матеріалами однозначно виграє за співвідношенням ціна якість у своїх конкурентів.

Говорячи про переваги нержавійки, не можна не відзначити її довгий строк служби, який становить від 30 до 50 років і при цьому не втрачає свій зовнішній вигляд та властивості. Міцна та зносостійка, при цьому вимагає незначного догляду за собою, жароміцна та безпечна при пожежах та вибухах – це все можна віднести до нержавіючої сталі.

В роботі більш детально ми будемо розглядати саме дуплексну марку сталі особливого призначення.

1 АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 Технічна характеристика прокатного стану 1050

Призначення і сортамент стану.

Стан складається з двох лінійно розташованих клітей (рисунок 1.1, таблиця 1.1) - обтисної і заготовочної, характеристики яких приведені в таблиці 1.2.

Сортамент стана:

- квадрат, стороною від 98мм до 385 мм,
- електроди для ЭШП,
- квадрати із стороною 240 мм, 350 мм,
- штаба перетином 360мм / 380 мм (160/200) мм / (360/420) мм,
- круги діаметрами від 135 мм до 275 (300-330) мм, з вуглецевих, легированих, і високолегованих сталей спеціального призначення, що вимагають особливого режиму нагріву, плющення і обробки готової продукції і заготовки.

Стан катає зливки, заготовки і пресовки які подаються з нагрівальних колодязів.

Розміри злиwkів приведені у таблиці 1.3, 1.4. Пресовки виготовляють діаметром до 550 мм і завдовжки 1500 мм. Розміри відкованих в КПЦ заготовка: сторона квадрата від 250 мм до 450 мм, довжина від 1800 мм до 2700 мм. Розміри злиwkів, пресовок і заготовок, номінальні і плющені не контролюються.

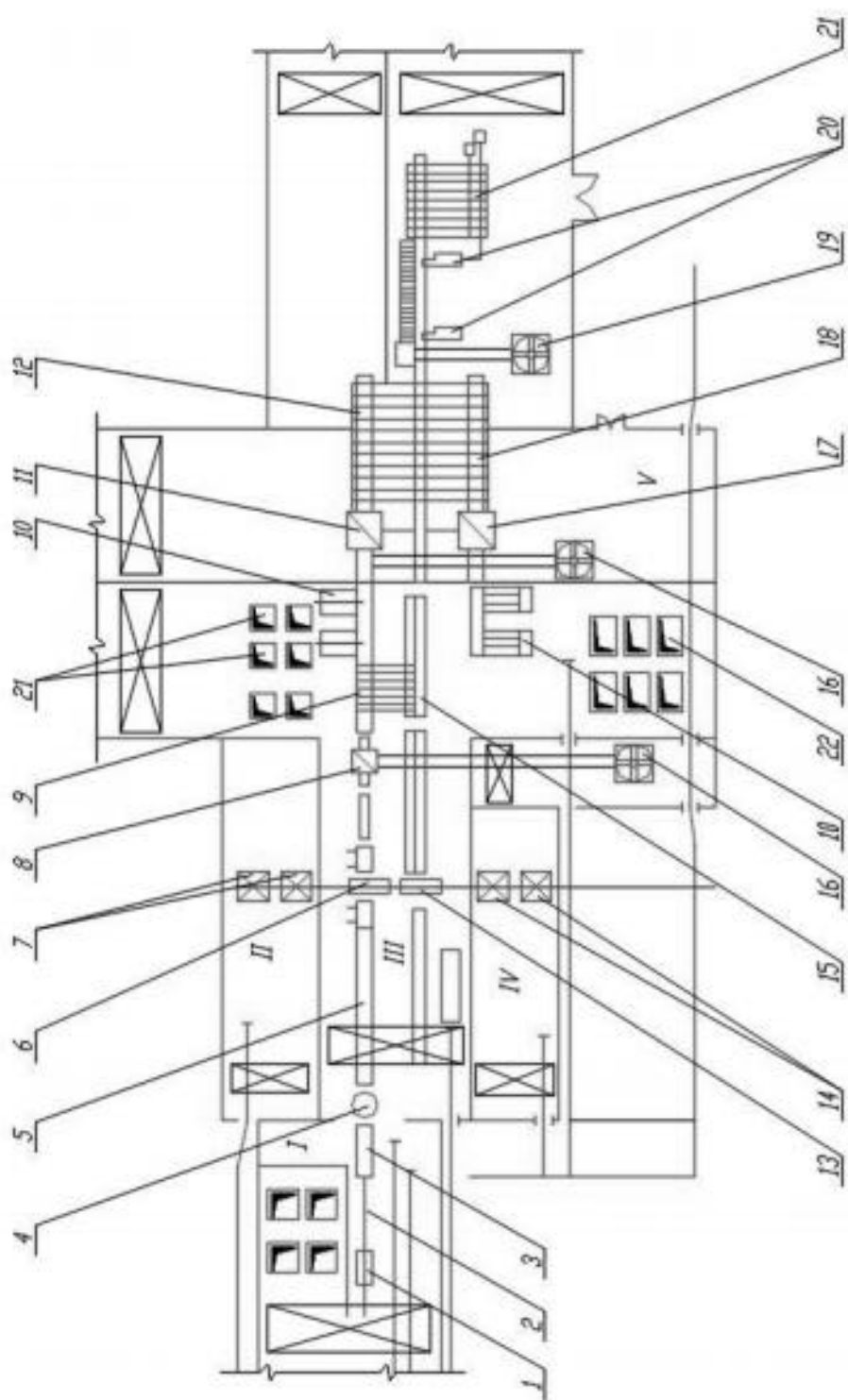


Рисунок 1.1 - Дві лінійно розташовані кліті стана 1050

Таблиця 1.1 - План стану 1050

№з/п	найменування	шт	примітка
I	Проліт відділення нагрівальних колодязів		
II, IV	Електромашинні зали		
III	Становий проліт		
V	Проліт з ад'юстажем і складом		
1	Зливковіз	1	$B=5,86$ м/с
2	Чарунки нагрівальних колодязів	24	4,8x4,6 м
3	Приймальний рольганг	1	L=17,4 м
4	Обертальний стіл	1	D=2,9 м
5	Транспортний рольганг	1	L=21,18 м
6	Робоча кліть блюмінга 1050	1	D ₆ =1050 мм
7	Електродвигуни блюмінга 1050	2	N=2x3550 кВт
8	Ножиці зусиллям 900 т	1	
9	Передаточний штеппер	1	L=14 м
10	Прибиральний штеппер	4	L=8 м
11	Ножиці зусиллям 1250 т	1	
12	Передаточний штеппер	1	B=35,2 м
13	Робоча кліть двухвалкового реверсивного заготівельного стану 950	1	D ₆ =950 мм
14	Електродвигуни заготівельного стану	2	N=2x3300 кВт
15	Рольганг заготівельного стану	1	L=61,2 м
16	Конвеєр обрізі від ножиць	1	L=38,6 м
17	Ножиці зусиллям 1250 т		
18	Передаточний штеппер	1	B=35,2 м
19	Конвеєр обрізі від пил	1	L=21,2 м ²
20	Пили гарячої різки	2	10270x63555x4950
21	Прибиральний карман	1	
22	Неопалювальні колодязі	1	5x5x2 м

Таблиця 1.2 – Характеристика робочих клітей і приводу стану 1050.

кліть	Діамтр, мм		Довжина бочки валка	Маса валка, т	Главний двигун				
	Бочки валків	Шийка валків			Тип двигуна	Потужність кВт	Число об/хв	Швидкість прокатки, м/с	Макс. ток прокатки, А
Обтисна	1050	640	2250	19,5	П-2 22/150 - 3,55УХЛ4	1- 4,5	45 90	2х3550	10,74 7,54
Заготовочна	950	600	2330	17,35	П-22-125-9К	1- 5,5	61 120	2х3300	9,0

Таблиця 1.3 - Розміри зливків ОДВ (по виливниці).

Розміри зливків ОДВ (по виливниці)			
Маса зливка, т	Верхній переріз, мм	Нижній переріз, мм	Висота(без прибіли), мм
3,6	600x600	460x460	1680
43	650x650	525x525	1590
4,8	685x685	525x525	1770
6,5	747x747	575x575	1905

Таблиця 1.4 - Розміри зливків ВДП и ЕШП.

маса злитка, т	Верхній переріз, мм	Нижній переріз, мм	Середній перетин, мм	Висота(без прибіли), мм
3,6-3,9	Ø500	Ø500	-	2850-2900
5,8	Ø625	Ø625	-	2900
1,5	335x335	395x395	∇ 350	1600
2,0	390x390	440x440	∇ 415	1700
3,8-4,0	490x490	540x540	∇ 500	2160
4,3	550x565	580x600	∇ 565	1900
2,8	415x495	465x558	420x530	1800

Зливковіз призначений для транспортування зливків від нагрівальних коледязів до приймального рольгангу і для укладки зливків на приймальний рольганг.

Злитковоз складається з двох механізмів: механізму пересування і механізму перекидання люльки.

Швидкість пересування зливковоза - до 5,86 м/с, швидкість підходу злитковозу до упору – 0,4 м/с. Час опракидування люльки - від 3с до 3,5 с. Приймальний рольганг призначений для приймання зливків від злитковоза і подання їх до поворотного столу (рисунок 1.2).

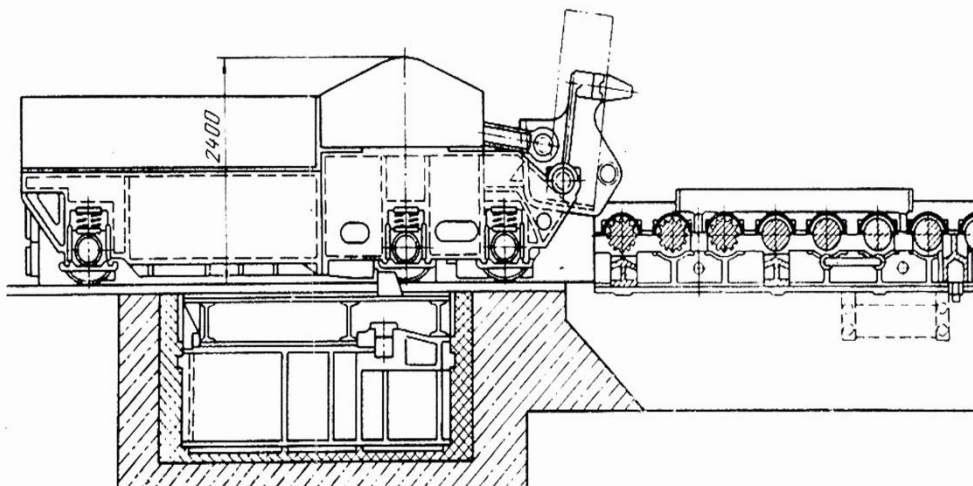


Рисунок 1.2 - Зливковоз.

Приймальний рольганг складається з 10 секцій, по три ковани ролики в кожній секції. Загальна довжина приймального рольганга до поворотного столу - 17400 мм. роликів з кроком 650 мм. Задній робочий рольганг має вісім роликів. Окружна швидкість роликів - від 1м/с до 3,5 м/с (рисунок 1.3).

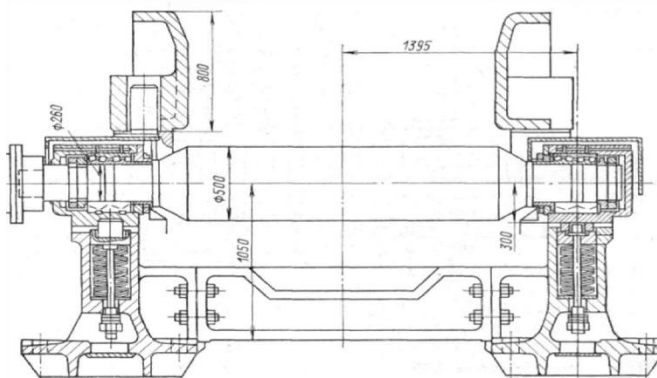


Рисунок 1.3 - Приймальний рольганг.

Станинні ролики з кожного боку, розташовані безпосередньо у станинах кліті.

Маніпулятор з кантувальником обтисної кліті.

Маніпулятор призначений для направлення гуркиту з калібру в калібр і правки його.

Катователь призначений для кантовки зливків на 90° (рисунок 1.4).

Технічна характеристика маніпулятора:

- тип приводу лінійок
- електричний,
- довжина лінійок - 5465 мм,
- максимальний робочий раструб - 2100 мм,
- максимальне посилення правки - 400 кН,
- робочий хід лінійок - правий 1800 мм, лівий 1950 мм,
- швидкість пересування лінійок 0,6-1,2 м/с,
- висота лінійок- правих 780 мм, лівих 880 мм.
- тип кантувальника
- крюковий з кривошипним
- рейковим приводом,
- вертикальний підйом кантуючих крюків - 860 мм,
- число підйомів крюків в хвилину - 5,

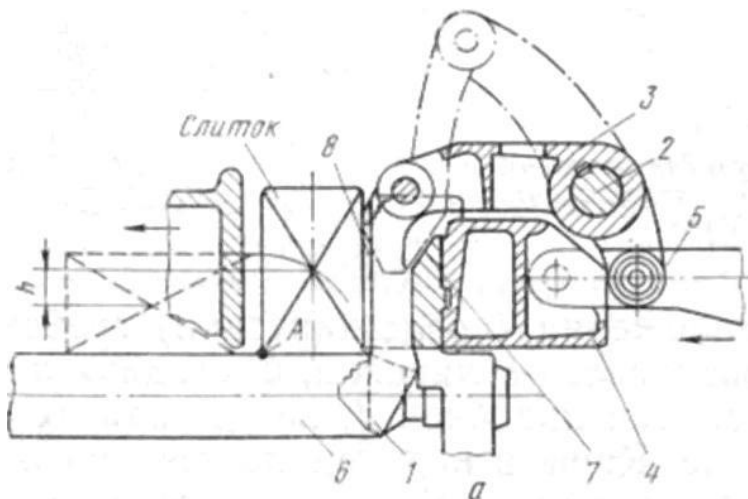


Рисунок 1.4 - Кантуватель.

Обтисна робоча кліть.

Кліть складається з двох станин закритого типу (рисунок 1.8). Робочі валки виготовлені із сталі 60ХН. Діаметр нових робочих валків складає 1050 мм, максимальний діаметр переточених валків - 970 мм. Робочі валки, довжина бочки дорівнює 2250 мм, мають шийки діаметром 640 мм і спираються на підшипники з текстолітовими вкладишами, що охолоджуються водою. Найбільше зусилля плющення складає 18500 кН, максимальна швидкість плющення – 4,5 м/с. Привід - індивідуальний від двох електродвигунів потужністю 3550 кВт кожен, разтруб валків змінюється в межах від 10 мм до 800 мм. Вертикальну установку верхнього валка роблять натискним пристроєм зі швидкістю 200 мм/с. Урівноваження верхнього валка - гідравлічне. Виймку з кліті комплекту валків з подушками і установку в кліть нового комплекту роблять за допомогою механізму заміни валків обтисної кліті.

Заготовочна кліть.

Заготовочна кліть- двохвалкова реверсивна (рисунок 1.9). Швидкість плющення на заготовочній кліті - до 5,5 м/с. Найбільше зусилля плющення 12800 кН. Валки виготовлені з чавуну марки СШХН40. Для плющення сортового прокату діаметром 240 мм і 250 мм є сталеві валки. Шийки валків обертаються в текстолітових підшипниках, для мастила і охолодження шийок валків до текстолітовим вкладишів підведена вода, а також робиться подання густого мастила для оберігання шийок валків від корозії. Установку верхнього валка роблять натискним пристроєм. Максимальна висота підйому верхнього валка - 200 мм зі швидкістю 5,95 м/с. Урівноваження верхнього валка - гідравлічне (рисунок 1.10).

Кліть має станини відкритого типу, перевалку кліті здійснюють касетою за допомогою крану. Налаштування валків роблять безпосередньо в кліті. Подовжні кантувальники розташовані з переднього і заднього боку заготовочної кліті і призначені для кантовки розкату перед завданням в калібр на 45° або 90°, а також для переміщення розкату від одного калібру до іншого.

Система калібрів ящична. Для плющення на $\varnothing 185$ застосовується система овал ребровий, круг.

Ножиці гарячого різання тиском 900т з нижнім різом призначені для обрізання і різання прибуткової частини зливка, а у разі потреби при плющенні твердих марок сталі для обрізання донної розкуйовдженої частини перед плющенням на заготовочній клітці (рисунок 1.5). Так само вони можуть використовуватися для розкрою гуркиту на заготовки. Ножиці розташовані в лінії обтискової клітці на відстані 19700 мм від осі стану. Привід ножиць від двох двигунів через редуктор. Потужність кожного двигуна 280 кВт, швидкість обертання - 700/1400 об/хв. Кількість порізів в хвилину - 11. Переріз, що максимально розрізає, - квадрат 300 мм на першій швидкості.

Технічна характеристика:

-розкриття ножів – 385мм,

-довжина ножів – 1000мм,

-висота верхнього ножа над кромкою рольганга – 350мм.

Ножиці 900т обладнанні зкидачем обрізі з ножів, які приводяться в рух від електродвигуна ДП- 31 (P = 8,5 кВт, n = 870 об/мін). Кількість ходів важеля зкидача в хвилину - 16. Максимальна маса шматка обрізі, що скидається, - 270 кг.

Ножиці обладнані конвеєром скрапного типу для прибирання обрізі. Конвеєр скрапу має довжину 38600мм і рухається в тунелі із швидкістю 0,107 м/с.

На пластинчатих ланцюгах конвеєра закріплені скріпки у кількості 22 шт., на які одночасно може знаходитися до 3,5т обрізі. Конвеєр, рухаючись по похилій площині, виносить обрізь в спеціальний проліт скрапу і скидає її через розвантажувальний жолоб в спеціальні коробки, які встановлені на поворотному крузі діаметром 4600мм. Вантажопідйомність поворотного круга - 40т, швидкість переміщення - 0,06м/с .

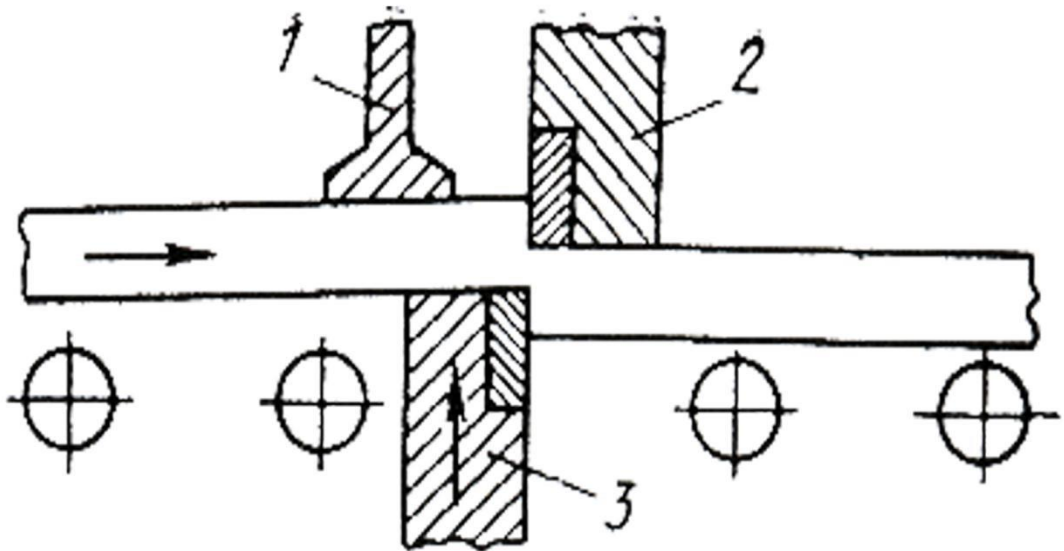


Рисунок 1.5 - Схема різання металу на ножицях зусиллям 900т.

Ножиці зусиллям 1250т ліві і праві призначені для різання гуркиту на мірні довжини, відбору проб, а також передніх і задніх кінців гуркиту(рисунок 1.6).

Технічна характеристика:

- максимальне посилення різання - 1250т,
- максимальний розмір переріз – 220 X 220мм,
- температура заготовки - не менше 700°С,
- максимальний провіт між плитою притиску і кромкою рольганга,- 235мм,
- хід ножів - 30мм,
- довжина ножів - 600мм,
- перекриття ножів - 15мм,
- розмір перерізу ножа - 15мм,
- тип урівноваження повзунів – вантажне,
- амортизатор нижнього повзуна - пружинно гідравлічний,
- максимальний тиск в циліндрах амортизатора - не більше 150 кгсс/см,
- електродвигун приводу ножиць п-21-55-9к потужністю - 1600 кВт,
- число різів у хвилину - до 12,

- урівноваження шпindelь - вантажний,
- діаметр шпинделя - 550мм,
- діаметр голівка шпинделя - 1050мм,

Ножиці складаються з наступних основних механізмів:

- ножиці,
- привід ножиці,
- шпindelь з урівноваження.

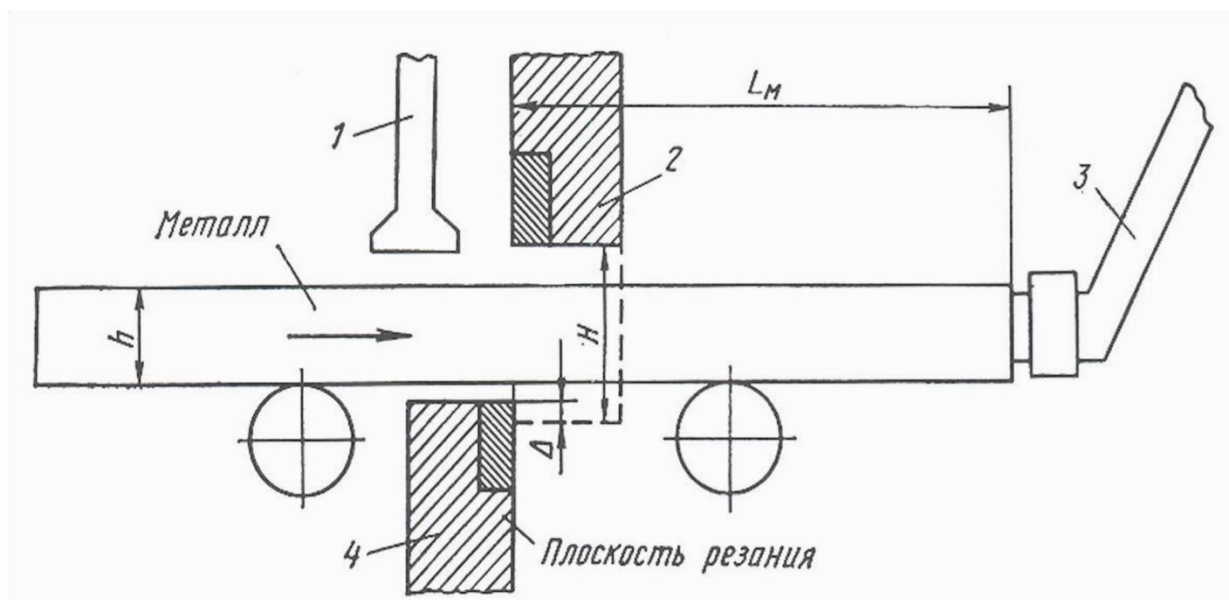


Рисунок. 1.6 - Схема різки металу на ножицях зусиллям 1250т

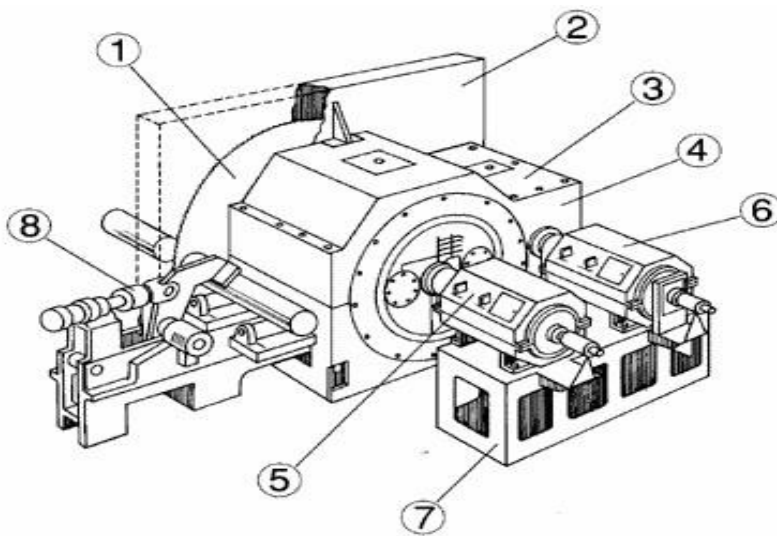
Роторні пили гарячої різки моделі PP2500 призначені для різання в гарячому стані квадратних і круглих заготовок з вуглецевих і легованих сталей, вони розташовані за розподільним рольгангом стану 1050 (Рисунок 1.7)

Технічна характеристика:

- кількість установок - 2 шт.,
- габаритів установки : (довжина ширина висота) 10270 X 6355 X 4950мм,
- зовнішній діаметр диска - 2080мм,
- товщина диска - 10мм,
- швидкість подання диска на різ - 0,5-2 м/с²,

- максимальна площа різаємого перерізу - 100000мм,
- максимальний різаємий переріз (круг) - 360мм,
- максимальна температура різаної заготовки: для перерізу від квадрата 80мм до круга 270мм – 800С°, від круга 270мм до круга 3600мм – 980С°,
- межа міцності розрізняє вуглицеві і леговані сталі при температурі різання: не вище для розмірів від квадрата 80мм до круга 270мм -15кгс/мм² від круга 270мм до круга 360мм - 6 кгс/мм².

В основу роботи покладений принцип кругового переміщення водилом швидко обертаючого пильного диску по площині, перпендикулярній осі прокату.



1 – пильний диск; 2 – кожух; 3 – редуктор; 4 – привід обертання водила; 5 – електродвигун постійного струму обертання диска; 6 – електродвигун постійного струму приводу обертання водила; 7 – станина; 8 – притиск.

Рисунок 1.7 - Роторні пили гарячого різання.

Рисунок 1.8 - Обтирна клітв

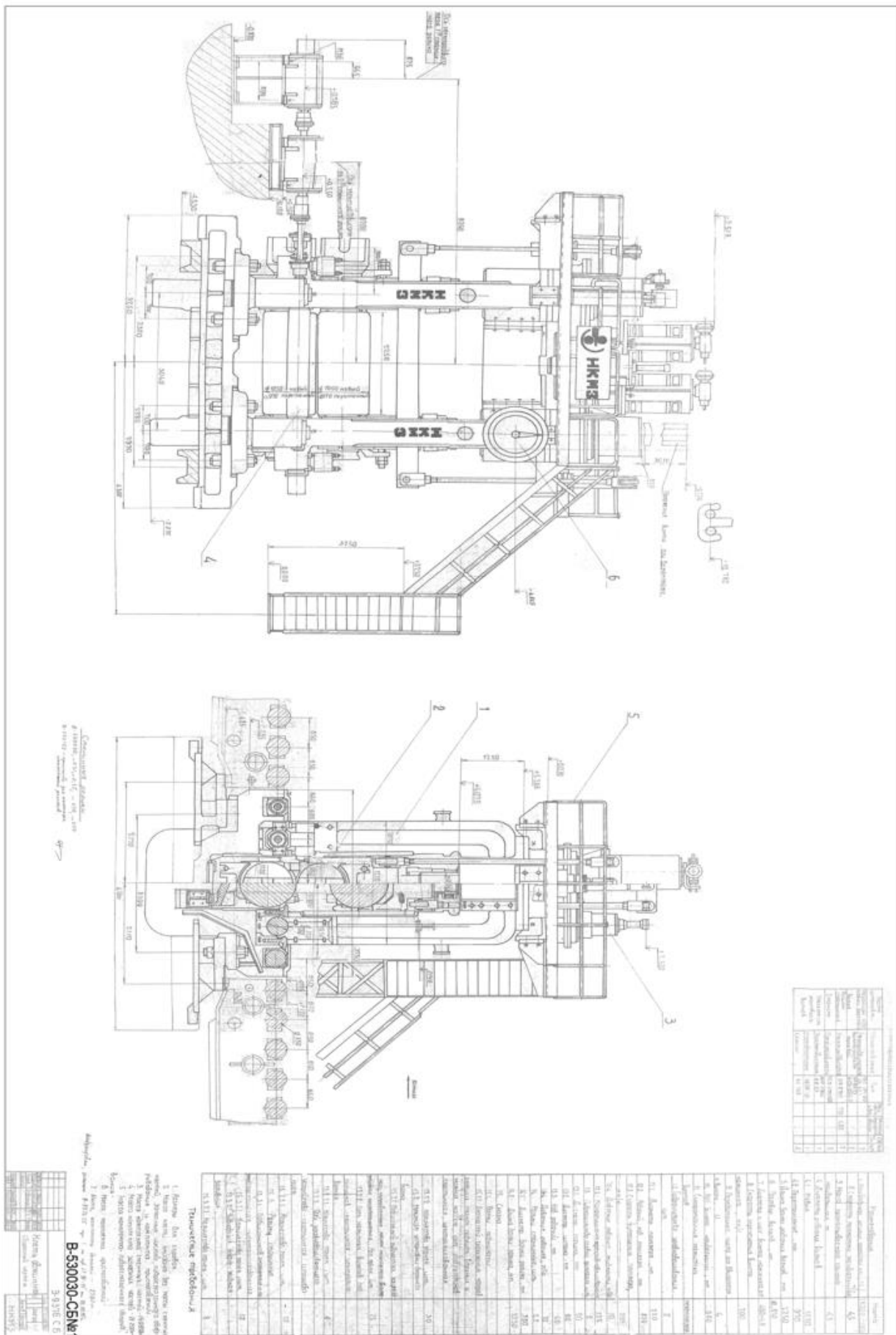
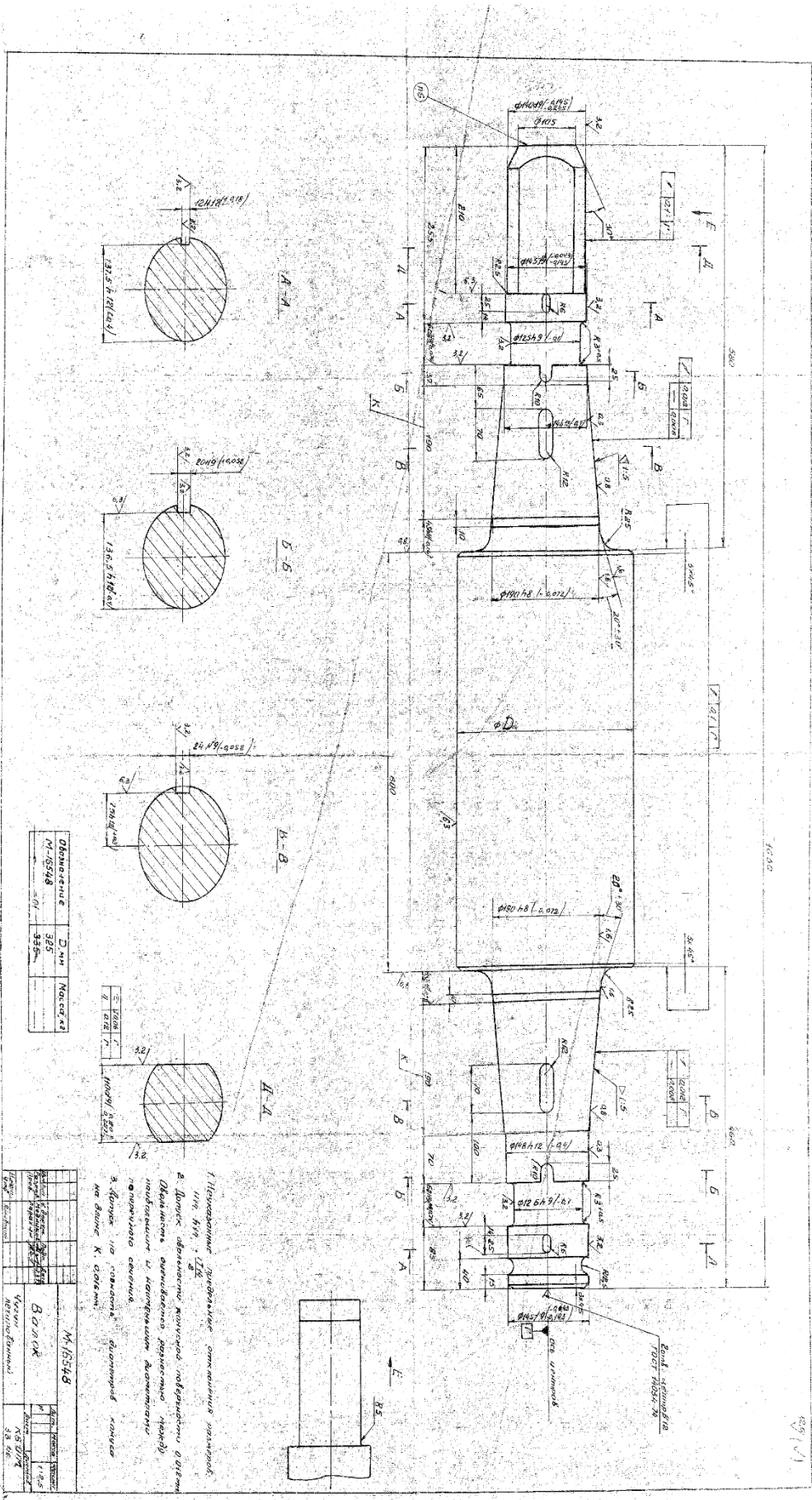


Рисунок 1.10 - Валок.



Нагрівальні колодязі призначені для нагріву зливків і заготовок різних розмірів, перед плющенням на стані 1050.

На ділянці нагрівальних колодязів стану 1050, розташовуються 12 груп колодязів. Колодязі об'єднані в групи, кожна група складається з двох колодязів. Робочий простір має форму прямокутника розмірами:

-з 1 по 9 групу - 4,8м X 4,6м X 3м.

-з 10 по 12 групу - 5,554м X 4,65м X 3м.

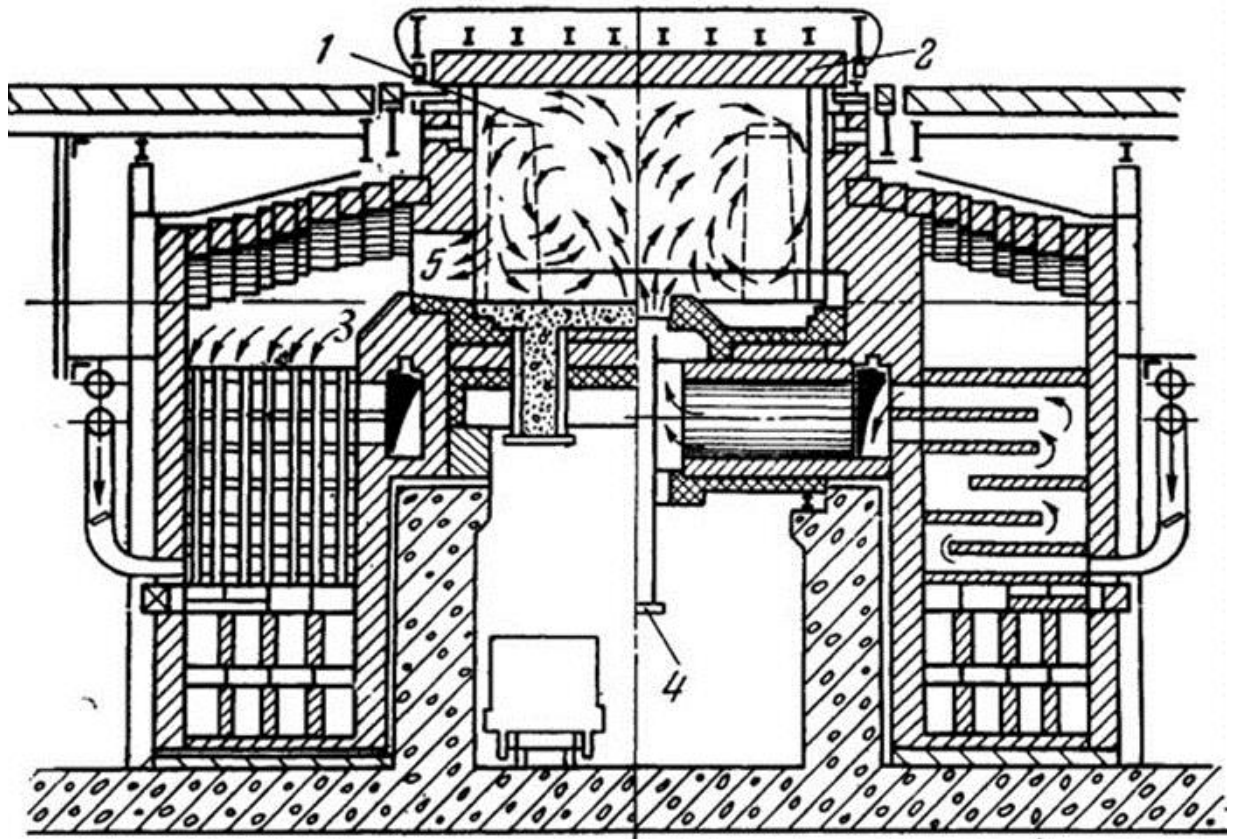
Колодязь закривається кришкою, яка є жорсткою металевою рамою, для підтримки плоского підвісного зведення. Для відкривання кришок застосовуються напольні крани, що пересуваються уздовж відділення нагрівальних колодязів по рейкових шляхах. На крані є 2 механізми для підйому кришок і механізм для пересування крану. Колодязь опалюється змішаним газом 2 групи калорійністю 1600 ккал/м³, яка подається через пальник, встановлений в каналі пальника, в центрі подіни.

Конструкція пристрою пальника дозволяє змінити висоту положення пальника, по засобах ручної лебідки. Для підігрівання повітря, кожен колодязь обладнаний двома рекуператорами. Керамічні рекуператори, із загальною поверхнею підігрівання 270 м², використовують теплоту продуктів згорання з температурою 1100-1250°C.

Повітря нагнітаєме вентилятором, поступає двома розділеними потоками (кожен у свій рекуператор) і омиває труби рекуператора зовні, проходить з низу вгору по лабіринтовому каналу, який утворюється декількома горизонтальними перегородками, встановленими між трубами, потім по колектору гаряче повітря поступає в камеру пальника. Повітря в рекуператорі нагрівається до температури 700-800°C.

Факел пальника спрямований вертикально вгору. Продукти згорання палива, досягнувши верху колодязя, рівномірно поширюються по колодязю, омиваючи розташовані у стін зливки.

Продукти згорання з колодязя потрапляють в над рекуператорний простір через ряд димових вікон, розташованих у череня колодязя в стінах. Продукти згорання рухаються в рекуператорі вертикально згори в низ в кожному рекуператорі. Після рекуператорів, продукти згорання за системою бобрів, що поступають в загальний для групи колодязів димар.



1 – зливок, 2 – кришка, 3 - рекуператор 4-вентилятор, 5 – димар,

Рисунок 1.11 - Нагрівальний колодязь

Аналіз впливу температури посадки зливків у нагрівальний колодязь за діючою технологією прокатування на стані 1050 .

Прокатка - процес пластичного деформування тіл на прокатному стані між обертовими привідними валками (частина валків може бути непривідними). Енергія, необхідна для здійснення деформації, передається через валки, з'єднані з двигуном прокатного стана.

Прокатка металів відноситься до числа основних способів обробки металів тиском . Прокаткою отримують вироби (прокат) різноманітної форми та розмірів . Як і будь-який інший спосіб обробки металів тиском прокатка служить не тільки для отримання потрібної форми заготовки, а й для формування у неї певної структури і властивостей.

Метали піддаються прокатці як у гарячому, так і в холодному стані. Продукцією прокатки є такі вироби, як балки, труби, рейки та ін. або заготовки для подальшої обробки штампуванням чи різанням.

Прокатка здійснюється шляхом пропускання металу між обертальними валками спеціальних машин, які називаються прокатними станами. При цьому відбувається зміна форми, зменшення поперечного перерізу і збільшення довжини заготовки.

Але до того як ми почнемо прокат зливків їх треба нагріти. Зливки із сталеплавильного цеху потрапляють в стріпінне відділення прокатного цеху, де їх підривають. Нагрівальщик згідно діючої інструкції розміщує зливки в задалегідь підготовлені осередки нагрівальних колодязів.

При переділі зливків нержавіючих марок сталі основними контрольованими параметрами являються:

- температурний режим нагріву зливків і заготовок,
- калібрування і схема обтискання,
- режим подання води на валки, технологія охолодження,
- термообробка прокату.

Дефектом, що найчастіше зустрічається, при переділі зливків нержавіючої сталі є рванини і тріщини у заготовки.

Враховуючи, що температурний інтервал деформації деяких нержавіючих сталей дуже вузький, необхідно періодично перевіряти не лише апаратуру КІП на ділянці нагрівальних печак (колодязях), але і оцінювати фактичну температуру металу шляхом посадки в піч контрольних зливків. З вмонтованими технологічними термopарами.

Природно, що така перевірка обов'язкова при ремонтах і реконструкціях нагрівальних засобів. Отримані дані дозволяють коригувати режими нагріву з урахуванням змін перепаду температур між піччю і металом. Зливки сталей з вузьким температурним інтервалом пластичності рекомендується нагрівати в найближчих до прокатного стану колодязях. Особливу увагу слід приділяти перевірці і налаштуванню станів при прокаті розширюючих хромистих нержавіючих сталей оскільки в прутках можна отримати закати, зморшки та risks.

Зливки сталі тріщиночутливих марок у разі неможливості гарячого посаду в нагрівальні колодязі саджають в термічні печі (колодязі) відпалу. Незважаючи на посадку, злиwkів в колодязі при високій температурі надалі на зливках з'являться тріщини. Спеціальне дослідження показало необхідність зміни термообробки злиwkів. Зливки охолоджували в не опалюваних колодязях протягом п'яти діб до температури 200°C, а потім не пізніше 24 годин піддавали високій відпустці при температурі 600°C.

Для хромистих нержавіючих сталей характерна знижена теплопровідність, яка лише трохи вище за теплопровідність сталі X18N10T. Звідси необхідно зливки нагрівати повільно під гарячу обробку. При швидкому нагріві злиwkів через різницю температур поверхні і середини виникає внутрішня напруга, яка призводить до шпаківень. Як правило віддають перевагу плющенню в аустенітній області, хоча при цьому температура плющення нижча, а опір деформації вищий. Лише сталі ті, що мають широкий інтервал двофазного стану доцільно нагрівати високо, до переходу у ферритний стан.

Для цих сталей особливо важливо точність температури нагріву, оскільки перевищення заданої температури веде відразу до перепаду. Рекомендується також нагрів робити в найближчих стану нагрівальних колодязях і видавати зливки невеликими партіями, щоб зберегти при деформації ферритну структуру сталі, певну високу температуру металу. При затримках на стані необхідно зливки повертати в нагрівальні колодязі.

Деякі особливості має нагрів зливків хромонікелевомолібденових нержавіючих сталей типу X17H13M2-3T. Дослідження литої структури при нагріві до 900-1300 °С з витримкою при кінцевій температурі протягом 1-10 годин показало, що при підвищенні температури і збільшенні тривалості нагріву змінюється кількість, природа, форма і розташування закруглених зерен, то що забезпечує найбільшу пластичність металу. Найкраща якість прокату цих сталей забезпечується при нагріві сталі у рекуперативних колодязях до 1250°С з витримкою 8 годин.

Посадка зливків в найближчі до стану колодязі і скорочення часу плющення сприяє отриманню якісної поверхні заготовки. Ці ж особливості характерні для нагріву і плющення зливків сталі X22H18.

1.2.1. Загальні відомості про дуплексні нержавіючі марки сталі

Нержавіюча сталь - стійка до корозії у атмосфері та агресивних середовищах сталь з вмістом хрому не менше 12% та малим вмістом вуглецю (0,03...0,20%). Стійкість досягається легуванням.

Основний легуючий елемент нержавіючої сталі - хром (12...20%). Вищий вміст хрому в сталі дає більший опір корозії, сплави зі складом понад 12% хрому нержавіють у звичайних умовах та в слабоагресивних середовищах, понад 17% - корозієстійкі у агресивних окислювальних середовищах, зокрема в азотній кислоті з концентрацією до 50%.

Корозійна стійкість сплаву хрому з залізом відкрита у 1821 році французьким металургом П'єром Берт'є, проте за наявних тоді технологій сплав був непрактичний через високу ламкість. У 1890 році німецький хімік Ганс Гольдшміт винайшов алюмінотермітний спосіб одержання сплаву. Американський дослідник Елвуд Гейнс у 1907 році патентує нікелево-хромовий

сплав сталіт, і публікує у 1910 році статтю на Міжнародному конгресі прикладної хімії. Німецька компанія Friedrich Krupp AG у 1908 році будує 366-тонний вітрильник з корпусом із нікеле-хромового сплаву сталі, у 1912 році патентує аустенітну нержавіючу сталь і розгортає її виробництво.

Класифікація нержавіючих сталей за структурою:

За структурою нержавіючі сталі бувають: аустенітними, феритними, дуплексними (феритно-аустенітними) та мартенситними.

Аустенітні нержавіючі сталі разом із хромом (на рівні 15...20%) містять нікель (5...15%), який збільшує деформаційність та опір корозії. Вони є немагнітними. Добре піддаються тепловій обробці і зварюванню. З підвищенням вмісту хрому (20%...25%) та нікелю (10%...20%) аустенітні неіржавні сталі мають кращу стійкість до окиснення за високих температур, вони тоді ще називаються жароміцними сталями.

Феритні нержавіючі сталі за властивостями схожі до вуглецевих сталей але є корозійностійкими, легко піддаються обробці; хрому містять, зазвичай на рівні 13%...17%; є магнітними.

Дуплексні нержавіючі сталі мають змішану феритно-аустенітну структуру. Вміст хрому на рівні 18%...28% та нікелю в межах 4,5%...8%. Додаткові легувальні елементи — молібден, мідь, титан, ніобій. Хімічний склад цих сталей такий, що співвідношення аустеніту і фериту після оптимальної термічної обробки становить приблизно 1:1.

Даний клас сталей має ряд переваг в порівнянні з аустенітною сталлю: вища (у 1,5...2 рази) міцність при задовільній пластичності і стійкості до дії ударних навантажень.

Мартенситні нержавіючі сталі містять зазвичай близько 12...14% хрому та мають порівняно більший вміст вуглецю (0,2...0,4%), є магнітними. Вони зміцнюються загартуванням і відпуском. Такі сталі проявляють високий опір процесам старіння.

Аустенітні та феритні нержавіючі сталі становлять приблизно 95% всіх нержавіючих сталей, які використовуються в промисловості.

Дуплексні нержавіючі сталі набувають все більшого поширення. Їх виготовляють всі основні виробники нержавіючої сталі - і на те є цілий ряд причин:

- висока міцність, що дозволяє скоротити вагу виробів,
- висока корозійна стійкість, особливо до корозійного розтріскування (SCC) традиційні аустенітні сталі особливо схильні до даного типу корозії.

Кожні 2-3 роки проводяться конференції присвячені дуплексним маркам сталей, на яких презентуються десятки нових технічних статей. Іде активне просування цього типу сталей на ринку. Постійно з'являються нові марки цих сталей.

Але незважаючи на весь цей інтерес частка дуплексних сталей на світовому ринку становить, за найоптимістичнішими оцінками, від 1 до 3%.

Початок створення дуплексних нержавіючих сталей прийшовся до 1920-х, а перша плавка була проведена в 1930 році в Авесті, Швеція. Проте помітне зростання частки використання дуплексних сталей доводиться тільки на останні 30 років. Пояснюється це в основному удосконаленням технології виробництва сталі, особливо процесів регулювання вмісту азоту в сталі.

Традиційні аустенітні сталі, такі як AISI 304 (аналоги DIN 1.4301 і 08X18H10), і ферритні сталі, такі як AISI 430 (аналоги DIN 1.4016 і 12X17), досить прості у виготовленні і легко обробляються. Як випливає з їхніх назв, вони складаються переважно з однієї фази: аустеніту або фериту. Хоча ці типи мають велику сферу застосування, у обох цих типів є свої технічні недоліки.

У аустенітних - низька міцність (умовна межа плинності 0,2% в стані після аустенізації 200 МПа), низький опір корозійного розтріскування.

У феритних - низька міцність (трохи вище, ніж у аустенітних: умовна межа плинності 0,2% становить 250 МПа), погана зварюваність при великих товщинах, низький поріг крихкості.

Крім того, високий вміст нікелю в аустенітних сталях призводить до їх подорожчання, що небажано для більшості кінцевих споживачів.

Отримання дуплексних сталей полягає в підборі такого хімічного складу, при якому буде утворюватися приблизно однакова кількість фериту і аустеніту. Такий фазовий склад забезпечує наступні переваги:

- висока міцність (діапазон умовної межі текучості для сучасних дуплексних марок сталей становить 400-450 МПа). Яка дозволяє зменшувати перетин елементів, а отже і їх масу, що особливо важливо в наступних галузях промисловості:

- сосуди під тиском і баки, будівельні конструкції;

- середня зварюваність великої товщини;

- гарна ударна в'язкість

- набагато краща, ніж у феритних сталей, особливо при низьких температурах: зазвичай до мінус 50 градусів[°]С, в деяких випадках - до мінус 80 градусів[°]С;

- опір корозійного розтріскування (традиційні аустенітні сталі особливо схильні до даного типу корозії).

Фактори, що перешкоджають поширенню дуплексних сталей:

Привабливе поєднання високої міцності, широкий діапазон значень корозійної стійкості, середня зварюваність, по ідеї, повинні нести в собі великий потенціал для збільшення частки дуплексних нержавіючих сталей на ринку. Однак необхідно розуміти, які у дуплексних нержавіючих сталей недоліки.

Така перевага як висока міцність миттєво перетворюється в недолік, як тільки справа доходить до технологічності обробки матеріалу тиском і механічної обробки. Висока міцність також означає нижчу, ніж у аустенітних сталей, здатність до пластичної деформації. Тому дуплексні сталі практично непридатні для виробництва виробів, в яких потрібна висока пластичність. І навіть коли здатність до пластичної деформації на прийнятному рівні, все одно для надання необхідної форми матеріалу, як наприклад при згинанні труб, потрібно більше зусилля.

1.2.2 Особливості сталі 03X22H5AM3

Хімічний склад: вуглецю до 0,03%, хрому до 22%, нікелю до 5%, азоту до 1%, молібдену до 3% (повний хімічний склад приведено у таблиці 1.5).

Хром: хімічний елемент, із символом Cr і атомним номером 24, перший елемент шостої групи.

Хром - це сталєво-сірий, блискучий, твердий та крихкий метал, що має високу температуру плавлення. Назва елемента походить від грецького слова «chrōma» (χρῶμα), що означає кольоровий, оскільки багато його сполук інтенсивно забарвлені.

Корозійно-стійкі сталі мають високу корозійну стійкість у хімічно активних газових і рідких середовищах. Це досягається за рахунок великого вмісту хрому. Хром має високий корозійний опір і твердість.

Нікель: символ Ni, атомний номер 28; атомна маса 58,70. Густина 8,9; температура плавлення 1455°C; температура кипіння 2900 C. В природі існує у вигляді різних оксидів, сульфідів, силікатів і належить до стратегічних корисних копалин. Має високу температуру плавлення, низькі електро і теплопровідність, може намагнічуватися.

Пластичний і ковкий. Корозійностійкий в атмосфері, воді, лугах і деяких кислотах.

Нікель інтенсивно поглинає газ. При плавці й гарячій обробці розчинені газу викликають крихкість. Його важливість пояснюється різноманітними унікальними властивостями металу: додавання нікелю в сплави збільшує їх міцність, зносостійкість, корозійну стійкість, підвищує тепло і електропровідність, поліпшує магнітні і каталітичні властивості. Завдяки високій

хімічній, термічній і механічній стійкості застосовується в металургії (80 % загальної кількості) [3].

Азот: нітрогєн символ— N, з атомним номером 7, що належить до 15-ї групи, 2-го періоду періодичної системи хімічних елементів; представник двоатомних неметалів. Азот є одним з найбільш поширених елементів: його вміст в нижніх шарах атмосфери становить 78,11% а в земній корі – 0,04%. У нормальних умовах ($T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $P=1\text{ атм}$) азот являє собою 2-х атомний газ. Атомний номер -7, атомна вага – 14,008, щільність молекулярного азоту-1,649 x 10⁻³ г/см³. Температура плавлення - 209,9 °С, а температура кипіння – 195,7 °С [5].

Легування азотом дисперсійно-твердіючих сталей призводить до утворення дрібнодисперсних нітридів по межах зерен, що перешкоджають їх росту, дозволяє підвищити межу плинності і ударну в'язкість металу дані приведені у таблиці 1.6.

Легування азотом нержавіючих сталей, дозволяє зменшити в них вміст нікелю і марганцю в півтора – два рази, а в деяких випадках взагалі виключити ці елементи. Нержавіючі сталі, леговані азотом, перевершують по міцності, в'язкості і корозійної стійкості традиційні нержавіючі сталі.

Нержавіючі аустенітні та феритні сталі, леговані азотом, при відповідній термічній і термопластичній обробці володіють підвищеною міцністю, корозійною стійкістю і поліпшеною технологічною пластичністю при високих та низьких температурах.

Молибдєн: елемент шостої групи п'ятого періоду періодичної системи хімічних елементів Д. И. Менделєєва, атомний номер 42. Позначається символом Мо (лат. Molybdaenum). Проста речовина молибден - перехідний метал світло-сірого кольору. Головне застосування знаходить в металургії. Зміст в земній корі - 3–4% по масі. У вільному виді молибден не зустрічається. У земній корі молибден поширений відносно рівномірно. Концентрація молибдену в породах підвищується у міру збільшення SiO₂. Молибден знаходиться також в морській і річковій воді, в золі рослин, у вугіллі і нафті. Зміст молибдену в морській воді коливається від 8,9 до 12,2 мкг/л, для різних океанів [4].

Молибден використовується для легування сталей як компонент жароміцних і корозійностійких сплавів. Молибден - один з небагатьох легуючих елементів, здатних одночасно підвищити міцності і в'язні властивості сталі і корозійну стійкість. Зазвичай при легуванні одночасно зі збільшенням твердості росте і крихкість металу.

Галузі застосування: атомна енергетика, суднове машинобудування, енергомашинобудування, нафтохімічне машинобудування.

Призначення: використовується для виготовлення високотемпературного обладнання АЕС (атомна електростанція) з жидко-металевим натрієвих теплоносієм, трубопроводів із середовищами підвищеною агресивністю; для виготовлення зварних конструкцій з підвищеними вимогами по корозійній стійкості та рівню міцності: трубопроводів навантаження-розвантаження ємностей танкерів.

Механічні властивості сталі марки 03X22H5AM3:

Сталь 03X22H5AM3 має високу корозійну стійкість у водних середовищах з хлоридами, нафтопродуктах, кислотах. Критична температура піттингоутворення становить для сталі особливого призначення відповідно 45°C.

У порівнянні з аустенітною сталлю 08X18H9 мають більш високу міцність при збереженні високої пластичності (таблиця 1.6).

Таблиця 1.5 - Хімічний склад.

Марка сталі	DIN/EN ASTM/SAE	ГОСТ
		1.4462/F51/ S31803/S32205
Масова частка елементу %	C	н.б 0,03
	Mn	н.б 2,0
	Si	н.б. 1,0
	S	н.б 0,015
	P	н.б. 0,03
	Cr	22,00-23,00
	Ni	4,50-6,50
	Mo	3,00-3,50
	N	0,14-0,20

Таблиця 1.6 - Механічні властивості.

Марка сталі		Діаметр, мм		
DIN/EN ASTM/SAE 1.4462/F51/ S31803/S32205 ГОСТ -03X22H5AM3		127-190		191-350
Твердість , HB(HRC) н.		270(28)		270(28)
Межа плинності $R_{0.2}$ %,Н/мм ²		450		450
Тимчасовий опір розриву R_m , Н/мм ²		650-880		680-880
Відносне подовження	A ₅ ,% н.м	L	25	30
		Q	-	25
	На 2дюма (50мм)или 4D,н.м	L	25	25
		Q	-	-
Відносне звуження Z, %		L	45	45
		Q	-	-
Робота удару KV ² ,Дж, н.м		L	100	200
		Q	-	100
<i>Примітки:</i>				
1.L і Q означає напрям вирізки зразків відповідно подовжні і поперечні.				
2. KV-робота удару контролюють на продовжних зразках при –температурі -40°C.				

Якість напівфабрикатів забезпечується застосуванням спеціальної технології виплавки, розливки, кування, прокатки, термічної обробки, а також комплексною системою контролю якості в процесі виробництва.

Напівфабрикати: прутки, труба заготовка, труби (холоднодеформовані і гаряче деформовані), труби зварні тонкостінні, листи. При використанні сталі марки 03X22H5AM3 в 2-3 рази збільшується термін служби обладнання, під-

вищуються надійність і економічність виробів в порівнянні з іншими аустенітними марками сталі за рахунок підвищення корозійної стійкості та високого рівня механічних властивостей.

Переваги від впровадження дуплексної сталі марки 03X22H5AM3:

Застосування сталі при будівництві танкерів для хімзаводів і морських нафтовидобувних платформ має технічний, економічний і екологічний ефект, тому що дозволяє збільшити ресурс роботи виробів, забезпечує виконання вимог Конвенції з охорони навколишнього середовища і зменшити матеріаломісткість конструкцій.

2 ДОСЛІДНИЧЬКО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розробка режиму деформації

Для того, щоб провести розрахунок режиму деформації необхідно вибрати схему прокатування. Проведемо розрахунок режиму деформації для зливка масою 3,7т прокатного в блям 185x185 мм для сталі спеціального призначення 03X22H5AM3, блям 185x18 мм для вуглецевої низьколегованої сталі. Приймаємо схеми прокатування з урахуванням рекомендацій базового підприємства і з урахуванням проведеної реконструкції, при цьому спростуємо визначення розширення, приймаючи показник розширення в кожному проході по наступному наближеному виразу: $b/h = 0,02 N$, де N – номер проходу, з подальшим округленням до найближчого значення кратного 5 мм. Прийнятні схеми прокатування відображені в таблицях – 2.1, 2.2.

Визначаємо середню товщину прокату по виразу:

$$h_{cp} = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} ; \text{мм} \quad (2.1)$$

де: h_1 – висота розкату перед проходом;

h_{1+1} – висота розкату після проходу;

Визначаємо відносне обтискання в кожному проході по виразу:

$$\varepsilon = \Delta h/h \quad (2.2)$$

где: Δh – величина абсолютного обтискання в кліті, мм.

Визначимо приблизну довжину розкату після кожного проходу в кліті по виразу:

$$L = G/7,85F, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де: $G = 3,7$ т – маса зливка;

F – площа перетину розкату після проходу, мм^2 .

Таблиця 2.1 - Режим деформації при прокатці зливка 590x590 дуплексної марки сталі 03X22H5AM3 масою=3,7 тонн в блюм 185x185

№ калібру	№ пропуску	H, мм	B, мм	h, мм	b, мм	Δh , мм	Δb , мм	
I	0	590	590					
	1	590	590	550	590	40	0	
	2	550	590	520	590	30	0	
	3	520	590	490	595	30	5	
	4	490	595	460	600	30	5	
	Кантування							
	5	600	460	560	465	40	5	
	6	560	465	520	475	40	10	
	7	520	475	470	485	50	10	
	8	470	485	420	495	50	10	
	9	420	495	370	505	50	10	
	10	370	505	320	515	50	10	
Кантування								
II	11	515	320	470	330	45	10	
	12	470	330	420	340	50	10	
	13	420	340	370	350	50	10	
	14	370	350	320	360	50	10	
	Кантування							
	15	360	320	290	335	70	15	
	16	290	335	240	345	50	10	
Кантування								
III	17	345	240	280	250	65	10	
	18	280	250	220	260	60	10	
Кантування								
IV	19	260	220	220	230	30	10	
	20	220	230	190	240	30	10	
Кантування								
V	21	240	190	210	200	30	10	
	22	210	200	180	210	30	10	
	Кантування							
	23	180	210	185	185	25	5	

Розрахунок для зливка перетин 590x590 мм зі сталі спеціального призначення.

$$h_{cp1} = 590 + 550/2 = 570 \text{ мм};$$

$$h_{cp2} = 550 + 520/2 = 535 \text{ мм};$$

$$h_{cp3} = 520 + 490/2 = 505 \text{ мм};$$

$$h_{cp4} = 490 + 460/2 = 475 \text{ мм};$$

$$h_{cp5} = 600 + 560/2 = 580 \text{ мм};$$

$$h_{cp6} = 560 + 520/2 = 540 \text{ мм};$$

$$h_{cp7} = 520 + 470/2 = 495 \text{ мм};$$

$$h_{cp8} = 470 + 420/2 = 445 \text{ мм};$$

$$h_{cp9} = 420 + 370/2 = 386 \text{ мм};$$

$$h_{cp10} = 370 + 320/2 = 345 \text{ мм};$$

$$h_{cp11} = 515 + 470/2 = 492,5 \text{ мм};$$

$$h_{cp12} = 470 + 420/2 = 445 \text{ мм};$$

$$h_{cp13} = 420 + 370/2 = 395 \text{ мм};$$

$$h_{cp14} = 370 + 320/2 = 345 \text{ мм};$$

$$h_{cp15} = 360 + 290/2 = 325 \text{ мм};$$

$$h_{cp16} = 290 + 240/2 = 265 \text{ мм};$$

$$h_{cp17} = 345 + 280/2 = 312,5 \text{ мм};$$

$$h_{cp18} = 280 + 220/2 = 250 \text{ мм};$$

$$h_{cp19} = 260 + 220/2 = 240 \text{ мм};$$

$$h_{cp20} = 220 + 190/2 = 205 \text{ мм};$$

$$h_{cp21} = 240 + 210/2 = 225 \text{ мм};$$

$$h_{cp22} = 210 + 180/2 = 195 \text{ мм};$$

$$h_{cp23} = 180 + 185/2 = 182,5 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_1 = 40/590 = 0,068;$$

$$\varepsilon_9 = 50/420 = 0,119;$$

$$\varepsilon_{17} = 65/345 = 0,188;$$

$$\varepsilon_2 = 30/550 = 0,054;$$

$$\varepsilon_{10} = 50/370 = 0,135;$$

$$\varepsilon_{18} = 60/280 = 0,119;$$

$$\varepsilon_3 = 30/520 = 0,058;$$

$$\varepsilon_{11} = 45/515 = 0,087;$$

$$\varepsilon_{19} = 30/260 = 0,115;$$

$$\varepsilon_4 = 30/490 = 0,061;$$

$$\varepsilon_{12} = 50/470 = 0,106;$$

$$\varepsilon_{20} = 30/220 = 0,136;$$

$$\varepsilon_5 = 30/600 = 0,067;$$

$$\varepsilon_{13} = 50/420 = 0,119;$$

$$\varepsilon_{21} = 30/240 = 0,125;$$

$$\varepsilon_6 = 40/560 = 0,071;$$

$$\varepsilon_{14} = 50/370 = 0,135;$$

$$\varepsilon_{22} = 30/210 = 0,143;$$

$$\varepsilon_7 = 50/520 = 0,096;$$

$$\varepsilon_{15} = 70/360 = 0,194;$$

$$\varepsilon_{23} = 25/180 = 0,139;$$

$$\varepsilon_8 = 50/470 = 0,106;$$

$$\varepsilon_{16} = 50/290 = 0,17;$$

$$F_1 = 0,550 \cdot 0,590 = 0,325 \text{ мм}^2;$$

$$F_{13} = 0,370 \cdot 0,350 = 0,130 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = 0,520 \cdot 0,590 = 0,307 \text{ мм}^2;$$

$$F_{14} = 0,320 \cdot 0,360 = 0,115 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = 0,490 \cdot 0,525 = 0,257 \text{ мм}^2;$$

$$F_{15} = 0,290 \cdot 0,335 = 0,097 \text{ мм}^2;$$

$$\begin{aligned}
 F_4 &= 0,460 \cdot 0,600 = 0,276 \text{ mm}^2; & F_{16} &= 0,255 \cdot 0,235 = 0,060 \text{ mm}^2; \\
 F_5 &= 0,560 \cdot 0,465 = 0,260 \text{ mm}^2; & F_{17} &= 0,240 \cdot 0,345 = 0,083 \text{ mm}^2; \\
 F_6 &= 0,520 \cdot 0,475 = 0,247 \text{ mm}^2; & F_{18} &= 0,280 \cdot 0,250 = 0,078 \text{ mm}^2; \\
 F_7 &= 0,470 \cdot 0,485 = 0,228 \text{ mm}^2; & F_{19} &= 0,220 \cdot 0,230 = 0,051 \text{ mm}^2; \\
 F_8 &= 0,420 \cdot 0,495 = 0,208 \text{ mm}^2; & F_{20} &= 0,190 \cdot 0,240 = 0,046 \text{ mm}^2; \\
 F_9 &= 0,370 \cdot 0,505 = 0,187 \text{ mm}^2; & F_{21} &= 0,210 \cdot 0,200 = 0,042 \text{ mm}^2; \\
 F_{10} &= 0,320 \cdot 0,515 = 0,165 \text{ mm}^2; & F_{22} &= 0,180 \cdot 0,210 = 0,038 \text{ mm}^2; \\
 F_{11} &= 0,470 \cdot 0,330 = 0,155 \text{ mm}^2; & F_{23} &= 0,185 \cdot 0,185 = 0,034 \text{ mm}^2; \\
 F_{12} &= 0,420 \cdot 0,340 = 0,143 \text{ mm}^2;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_1 &= 3,7/7,85 \cdot 0,325 = 1,45 \text{ m}; & L_{13} &= 3,7/7,85 \cdot 0,130 = 3,63 \text{ m}; \\
 L_2 &= 3,7/7,85 \cdot 0,307 = 1,54 \text{ m}; & L_{14} &= 3,7/7,85 \cdot 0,115 = 4,10 \text{ m}; \\
 L_3 &= 3,7/7,85 \cdot 0,595 = 1,63 \text{ m}; & L_{15} &= 3,7/7,85 \cdot 0,097 = 4,86 \text{ m}; \\
 L_4 &= 3,7/7,85 \cdot 0,276 = 1,71 \text{ m}; & L_{16} &= 3,7/7,85 \cdot 0,083 = 5,68 \text{ m}; \\
 L_5 &= 3,7/7,85 \cdot 0,260 = 1,81 \text{ m}; & L_{17} &= 3,7/7,85 \cdot 0,078 = 6,04 \text{ m}; \\
 L_6 &= 3,7/7,85 \cdot 0,247 = 1,91 \text{ m}; & L_{18} &= 3,7/7,85 \cdot 0,057 = 8,27 \text{ m}; \\
 L_7 &= 3,7/7,85 \cdot 0,228 = 2,07 \text{ m}; & L_{19} &= 3,7/7,85 \cdot 0,051 = 9,24 \text{ m}; \\
 L_8 &= 3,7/7,85 \cdot 0,208 = 2,27 \text{ m}; & L_{20} &= 3,7/7,85 \cdot 0,046 = 10,25 \text{ m}; \\
 L_9 &= 3,7/7,85 \cdot 0,187 = 2,52 \text{ m}; & L_{21} &= 3,7/7,85 \cdot 0,042 = 11,22 \text{ m}; \\
 L_{10} &= 3,7/7,85 \cdot 0,165 = 2,85 \text{ m}; & L_{22} &= 3,7/7,85 \cdot 0,038 = 12,40 \text{ m}; \\
 L_{11} &= 3,7/7,85 \cdot 0,155 = 3,04 \text{ m}; & L_{23} &= 3,7/7,85 \cdot 0,034 = 13,86 \text{ m}; \\
 L_{12} &= 3,7/7,85 \cdot 0,143 = 3,30 \text{ m};
 \end{aligned}$$

2.2 Розрахунок калібрування валків

У двохвалкових клітях калібр утворюється двома канавками, врізаними в тіло валка, вертикальні осі яких розміщені в одній площині.

Ящиковий калібр створюється двома валками. Кожен калібр створюється двома канавками, які врізані у верхній і нижній валки. Розміри калібрів визначаються шляхом розрахунків. Правильно сконструйоване калібрування повинне забезпечувати необхідні розміри профілю, висоту якості поверхні профілю, максимальну продуктивність сталі, максимальну нерівномірність роботи валків, зручне обслуговування стану. Необхідні розміри профілю по висоті і ширині одержують попередньою настройкою розмірів калібрів, дотриманням заданих температурного і швидкісного режимів прокатування.

Висока якість поверхні прокату досягається оптимальною формою калібрів. Ящичний калібр має дно і бокові стінки, нахилені на кут $\varphi = 1 \dots 25^\circ$. Між валяннями є зазор, необхідний для регулювання високих розмірів прокатування. Унаслідок нахилу бічних стінок, ширина V_d дна калібру менше ширини V_k в зазорі. Форма ящикових калібрів показана на рисунку 2.1.

Зазор між валиками і радіус закруглень визначаються діаметром валків. Наявність бокових стінок, похилих калібру, дає можливість повністю оновлювати ширину і висоту калібру шляхом переточування валків на величину $\Delta D = (0,08 - 0,1)D$, мм (де $D = 1050$ мм – діаметр нового валка).

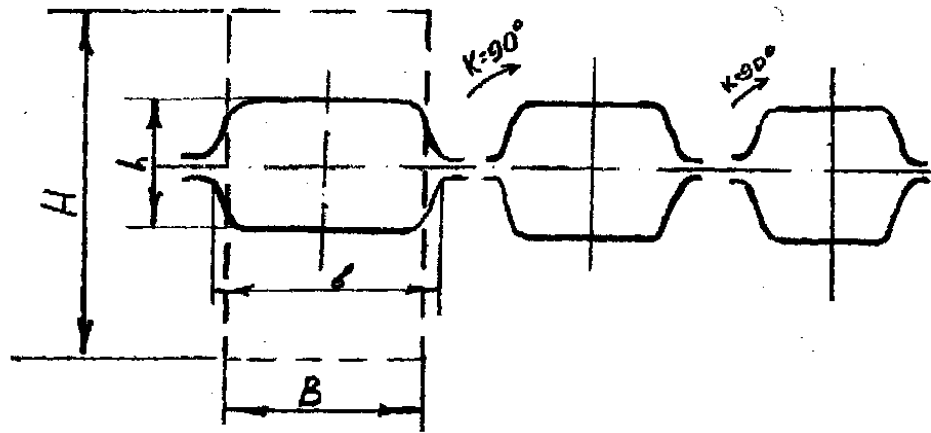


Рисунок 2.1 - Система ящичних калібрів.

При калібруванні застосовують опукле дно калібру. Це доцільно з кількох причин. По-перше, після кантівки розкату на 90° для прокатування в наступному калібрі, увігнуті стінки розкату забезпечують більший простір на розширення метала. Це запобігає переповнюванню калібру і утворенню лампасів. По-друге, плоске дно в результаті зносу одержує опуклу форму, а гуркіт має опуклу нижню поверхню. На ролгангі такий гуркіт втрачає стійкість, що приводить до скручування прокату. Наявність опуклого дна калібру дозволяє уникнути цього недоліку. Ящичні калібри мають невеликий вріз канавки у валяння і підвищену міцність, рівномірне обтискання по ширині розкату, а стінки, похилих, сприяють збільшенню граничного кута захоплення прокату валяннями і величин обтискань.

На блюмінгу 1050 валки приводяться від індивідуальних двигунів, і тому нижній тиск для прогину переднього кінця розкату утворюється різницею швидкості валків. При цьому діаметри валків однакові і лінія прокатування співпадає з середньою лінією валків. Максимальна ширина зливка не перевищує 669 мм.

Для побудови ящичного калібру необхідно визначити наступні розміри:

ширина дна калібру:

$$B_d = (0,95 - 1,0)b_0, \quad (2.4)$$

де: b_0 - ширина штаби, для даного калібру;

- висота калібру:

$$H_k = h_0 - \Delta h \quad (2.5)$$

де: h_0 - товщина початкової штаби, для даного калібру;

Δh - прийняте обтискання, для даного калібру;

- ширина калібру:

$$B_k = B_d + H_k \operatorname{tg} \varphi \quad (2.6)$$

-зазор між валяннями:

$$s = (0,006 \text{ ч } 0,025)D; \quad (2.7)$$

де: $D = 1050$ мм – діаметр валка;

-висота врізу калібру:

$$H_{Bp} = (H_k - s) / 2 \quad (2.8)$$

-ширина врізу калібру:

$$B_{Bp} = B_d + (H_k - s) \operatorname{tg} \varphi \quad (2.9)$$

-радіус закруглень:

$$r = (0,1-0,15) H_k \quad (2.10)$$

$$r_1 = (0,8-1,0) r \quad (2.11)$$

Для твору розрахунків приймаємо:

$$B_d = b_0, s = 0,009 \cdot 1050 = 9,5 \text{ мм}, r = 0,1 \text{ Нк}, r_1 = 0,8 \text{ r}, \varphi = 20^\circ.$$

Тому приймаємо ширину бочки по дну калібру:

$$\begin{aligned} B_{d1} &= 590 \text{ мм}; & B_{d2} &= 590 \text{ мм}; & B_{d3} &= 595 \text{ мм}; \\ B_{d4} &= 600 \text{ мм}; & B_{d5} &= 465 \text{ мм}; & B_{d6} &= 475 \text{ мм}; \\ B_{d7} &= 485 \text{ мм}; & B_{d8} &= 495 \text{ мм}; & B_{d9} &= 505 \text{ мм}; \\ B_{d10} &= 515 \text{ мм}; & B_{d11} &= 330 \text{ мм}; & B_{d12} &= 320 \text{ мм}; \\ B_{d13} &= 350 \text{ мм}; & B_{d14} &= 360 \text{ мм}; & B_{d15} &= 335 \text{ мм}; \\ B_{d16} &= 345 \text{ мм}; & B_{d17} &= 350 \text{ мм}; & B_{d18} &= 260 \text{ мм}; \\ B_{d19} &= 230 \text{ мм}; & B_{d20} &= 240 \text{ мм}; & B_{d21} &= 200 \text{ мм}; \\ B_{d22} &= 210 \text{ мм}; & B_{d23} &= 185 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Тому приймаємо висоту калібру:

$$\begin{aligned} H_{k1} &= 550 \text{ мм}; & H_{k2} &= 520 \text{ мм}; & H_{k3} &= 490 \text{ мм}; \\ H_{k4} &= 460 \text{ мм}; & H_{k5} &= 560 \text{ мм}; & H_{k6} &= 520 \text{ мм}; \\ H_{k7} &= 470 \text{ мм}; & H_{k8} &= 420 \text{ мм}; & H_{k9} &= 370 \text{ мм}; \\ H_{k10} &= 320 \text{ мм}; & H_{k11} &= 470 \text{ мм}; & H_{k12} &= 420 \text{ мм}; \\ H_{k13} &= 370 \text{ мм}; & H_{k14} &= 320 \text{ мм}; & H_{k15} &= 290 \text{ мм}; \\ H_{k16} &= 240 \text{ мм}; & H_{k17} &= 280 \text{ мм}; & H_{k18} &= 220 \text{ мм}; \\ H_{k19} &= 220 \text{ мм}; & H_{k20} &= 190 \text{ мм}; & H_{k21} &= 210 \text{ мм}; \\ H_{k22} &= 180 \text{ мм}; & H_{k23} &= 185 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Таким чином ширина калібру:

$$B_{K1} = 590 + 550 \cdot 0,364 = 790,2 \text{ мм};$$

$$B_{K2} = 590 + 520 \cdot 0,364 = 779,3 \text{ мм};$$

$$B_{K3} = 595 + 490 \cdot 0,364 = 773,4 \text{ мм};$$

$$B_{K4} = 600 + 460 \cdot 0,364 = 767,4 \text{ мм};$$

$$B_{K5} = 465 + 560 \cdot 0,364 = 668,1 \text{ мм};$$

$$B_{K6} = 475 + 520 \cdot 0,364 = 646,1 \text{ мм};$$

$$B_{K7} = 485 + 470 \cdot 0,364 = 656,1 \text{ мм};$$

$$B_{K8} = 495 + 420 \cdot 0,364 = 647,9 \text{ мм};$$

$$B_{K9} = 505 + 370 \cdot 0,364 = 639,7 \text{ мм};$$

$$B_{K10} = 515 + 320 \cdot 0,364 = 631,5 \text{ мм};$$

$$B_{K11} = 330 + 470 \cdot 0,364 = 501,1 \text{ мм};$$

$$B_{K12} = 340 + 420 \cdot 0,364 = 492,9 \text{ мм};$$

$$B_{K13} = 350 + 370 \cdot 0,364 = 484,7 \text{ мм};$$

$$B_{K14} = 360 + 320 \cdot 0,364 = 476,5 \text{ мм};$$

$$B_{K15} = 335 + 290 \cdot 0,364 = 440,6 \text{ мм};$$

$$B_{K16} = 345 + 240 \cdot 0,364 = 432,4 \text{ мм};$$

$$B_{K17} = 250 + 280 \cdot 0,364 = 351,9 \text{ мм};$$

$$B_{K18} = 260 + 220 \cdot 0,364 = 340,1 \text{ мм};$$

$$B_{K19} = 230 + 220 \cdot 0,364 = 310,1 \text{ мм};$$

$$B_{K20} = 240 + 190 \cdot 0,364 = 309,2 \text{ мм};$$

$$B_{K21} = 200 + 210 \cdot 0,364 = 276,4 \text{ мм};$$

$$B_{K22} = 210 + 180 \cdot 0,364 = 275,5 \text{ мм};$$

$$B_{K23} = 185 + 185 \cdot 0,364 = 252,3 \text{ мм};$$

Висота врізу калібру:

$$\begin{aligned} Нвр_1 &= (550 - 9,5) / 2 = 270,4 \text{ мм}; & Нвр_{13} &= (370 - 9,5) / 2 = 180,3 \text{ мм}; \\ Нвр_2 &= (520 - 9,5) / 2 = 255,3 \text{ мм}; & Нвр_{14} &= (320 - 9,5) / 2 = 155,3 \text{ мм}; \\ Нвр_3 &= (490 - 9,5) / 2 = 240,3 \text{ мм}; & Нвр_{15} &= (290 - 9,5) / 2 = 140,3 \text{ мм}; \\ Нвр_4 &= (460 - 9,5) / 2 = 225,3 \text{ мм}; & Нвр_{16} &= (240 - 9,5) / 2 = 115,3 \text{ мм}; \\ Нвр_5 &= (560 - 9,5) / 2 = 275,3 \text{ мм}; & Нвр_{17} &= (280 - 9,5) / 2 = 135,3 \text{ мм}; \\ Нвр_6 &= (520 - 9,5) / 2 = 255,3 \text{ мм}; & Нвр_{18} &= (220 - 9,5) / 2 = 105,5 \text{ мм}; \\ Нвр_7 &= (470 - 9,5) / 2 = 230,3 \text{ мм}; & Нвр_{19} &= (220 - 9,5) / 2 = 105,5 \text{ мм}; \\ Нвр_8 &= (420 - 9,5) / 2 = 205,3 \text{ мм}; & Нвр_{20} &= (190 - 9,5) / 2 = 90,3 \text{ мм}; \\ Нвр_9 &= (370 - 9,5) / 2 = 180,3 \text{ мм}; & Нвр_{21} &= (210 - 9,5) / 2 = 100,3 \text{ мм}; \\ Нвр_{10} &= (320 - 9,5) / 2 = 155,3 \text{ мм}; & Нвр_{22} &= (180 - 9,5) / 2 = 85,3 \text{ мм}; \\ Нвр_{11} &= (470 - 9,5) / 2 = 230,3 \text{ мм}; & Нвр_{23} &= (185 - 9,5) / 2 = 87,8 \text{ мм}; \\ Нвр_{12} &= (420 - 9,5) / 2 = 205,3 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Ширина врізу калібру:

$$\begin{aligned} Ввр_1 &= 590 + (550 - 9,5) 0,364 = 786,7 \text{ мм}; \\ Ввр_2 &= 590 + (520 - 9,5) 0,364 = 775,8 \text{ мм}; \\ Ввр_3 &= 595 + (490 - 9,5) 0,364 = 769,9 \text{ мм}; \\ Ввр_4 &= 600 + (560 - 9,5) 0,364 = 800,4 \text{ мм}; \\ Ввр_5 &= 465 + (560 - 9,5) 0,364 = 665,4 \text{ мм}. \\ Ввр_6 &= 475 + (520 - 9,5) 0,364 = 665,4 \text{ мм}; \\ Ввр_7 &= 485 + (470 - 9,5) 0,364 = 652,6 \text{ мм}; \\ Ввр_8 &= 495 + (420 - 9,5) 0,364 = 644,4 \text{ мм}; \\ Ввр_9 &= 505 + (370 - 9,5) 0,364 = 636,2 \text{ мм}; \\ Ввр_{10} &= 515 + (320 - 9,5) 0,364 = 628 \text{ мм}; \\ Ввр_{11} &= 330 + (470 - 9,5) 0,364 = 497,6 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$B_{vp_{12}} = 340 + (420 - 9,5) 0,364 = 489,4 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{13}} = 350 + (370 - 9,5) 0,364 = 481,2 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{14}} = 360 + (320 - 9,5) 0,364 = 473 \text{ мм}$$

$$B_{vp_{15}} = 335 + (290 - 9,5) 0,364 = 437,1 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{16}} = 345 + (240 - 9,5) 0,364 = 428,9 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{17}} = 250 + (280 - 9,5) 0,364 = 348,5 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{18}} = 260 + (220 - 9,5) 0,364 = 336,2 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{19}} = 230 + (220 - 9,5) 0,364 = 306,6 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{20}} = 240 + (190 - 9,5) 0,364 = 305,7 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{21}} = 200 + (210 - 9,5) 0,364 = 273 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{22}} = 210 + (180 - 9,5) 0,364 = 272,1 \text{ мм};$$

$$B_{vp_{23}} = 185 + (185 - 9,5) 0,364 = 248,4 \text{ мм};$$

Радіус закруглень:

$$r_1 = 0,1 \cdot 550 = 55 \text{ мм};$$

$$r'_1 = 0,8 \cdot 55 = 44 \text{ мм};$$

$$r_2 = 0,1 \cdot 520 = 52 \text{ мм};$$

$$r'_2 = 0,8 \cdot 52 = 41,6 \text{ мм};$$

$$r_3 = 0,1 \cdot 490 = 49 \text{ мм};$$

$$r'_3 = 0,8 \cdot 49 = 39,2 \text{ мм};$$

$$r_4 = 0,1 \cdot 460 = 46 \text{ мм};$$

$$r'_4 = 0,8 \cdot 46 = 36,8 \text{ мм};$$

$$r_5 = 0,1 \cdot 560 = 56 \text{ мм};$$

$$r'_5 = 0,8 \cdot 56 = 44,8 \text{ мм}.$$

$$r_6 = 0,1 \cdot 520 = 52 \text{ мм};$$

$$r'_6 = 0,8 \cdot 52 = 41,6 \text{ мм};$$

$$r_7 = 0,1 \cdot 470 = 47 \text{ мм};$$

$$r'_7 = 0,8 \cdot 47 = 37,6 \text{ мм};$$

$$r_8 = 0,1 \cdot 420 = 42 \text{ мм};$$

$$r'_8 = 0,8 \cdot 42 = 33,6 \text{ мм};$$

$$r_9 = 0,1 \cdot 370 = 37 \text{ мм};$$

$$r'_9 = 0,8 \cdot 37 = 29,6 \text{ мм};$$

$$r_{10} = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ мм};$$

$$r'_{10} = 0,8 \cdot 32 = 25,6 \text{ мм}.$$

$$r_{11} = 0,1 \cdot 470 = 47 \text{ мм};$$

$$r'_{11} = 0,8 \cdot 47 = 37,6 \text{ мм};$$

$$r_{12} = 0,1 \cdot 420 = 42 \text{ мм};$$

$$r'_{12} = 0,8 \cdot 42 = 33,6 \text{ мм};$$

$$r_{13} = 0,1 \cdot 370 = 37 \text{ мм};$$

$$r'_{13} = 0,8 \cdot 37 = 29,6 \text{ мм};$$

$$r_{14} = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ мм};$$

$$r'_{14} = 0,8 \cdot 32 = 25,6 \text{ мм};$$

$$r_{15} = 0,1 \cdot 290 = 29 \text{ мм};$$

$$r'_{15} = 0,8 \cdot 29 = 23,2 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned}
 r_{16} &= 0,1 \cdot 240 = 24 \text{ мм}; & r'_{16} &= 0,8 \cdot 24 = 19,2 \text{ мм}; \\
 r_{17} &= 0,1 \cdot 280 = 28 \text{ мм}; & r'_{17} &= 0,8 \cdot 28 = 22,4 \text{ мм}; \\
 r_{18} &= 0,1 \cdot 220 = 22 \text{ мм}; & r'_{18} &= 0,8 \cdot 22 = 17,6 \text{ мм}; \\
 r_{19} &= 0,1 \cdot 220 = 22 \text{ мм}; & r'_{19} &= 0,8 \cdot 22 = 17,6 \text{ мм}; \\
 r_{20} &= 0,1 \cdot 190 = 19 \text{ мм}; & r'_{20} &= 0,8 \cdot 19 = 15,2 \text{ мм}; \\
 r_{21} &= 0,1 \cdot 210 = 21 \text{ мм}; & r'_{21} &= 0,8 \cdot 21 = 16,8 \text{ мм}; \\
 r_{23} &= 0,1 \cdot 180 = 18 \text{ мм}; & r'_{22} &= 0,8 \cdot 18 = 14,4 \text{ мм}; \\
 r_{23} &= 0,1 \cdot 185 = 18,5 \text{ мм}; & r'_{23} &= 0,8 \cdot 18,5 = 14,8 \text{ мм};
 \end{aligned}$$

2.3 Розрахунок енергосилових, кінематичних і температурних параметрів прокатки

Розраховуємо енергосилові параметри гарячого прокатування зливка 650x650 на блюмінгу 1050. Визначаємо катаючий діаметр валків в калібрах при мінімальному діаметрі валків після буртів після переточування.

$$D_i = 0,9 D - H_{вр}, \text{ мм} \quad (2.12)$$

де: D - діаметр нових валків;

$H_{вр}$ - глибина врізу калібру у валки;

0,9 - коефіцієнт зменшення діаметру валків в слідство переточування.

$$\begin{aligned}
 D_1 &= 0,9 \cdot 1050 - 270,4 = 674,6 \text{ мм}; & D_{13} &= 0,9 \cdot 1050 - 180,3 = 764,7 \text{ мм}; \\
 D_2 &= 0,9 \cdot 1050 - 255,2 = 689,7 \text{ мм}; & D_{14} &= 0,9 \cdot 1050 - 155,3 = 789,7 \text{ мм}; \\
 D_3 &= 0,9 \cdot 1050 - 240,3 = 704,7 \text{ мм}; & D_{15} &= 0,9 \cdot 1050 - 140,3 = 804,7 \text{ мм}; \\
 D_4 &= 0,9 \cdot 1050 - 225,3 = 719,7 \text{ мм}; & D_{16} &= 0,9 \cdot 1050 - 115,3 = 829,7 \text{ мм}; \\
 D_5 &= 0,9 \cdot 1050 - 275,3 = 669,7 \text{ мм}; & D_{17} &= 0,9 \cdot 1050 - 135,3 = 809,7 \text{ мм}; \\
 D_6 &= 0,9 \cdot 1050 - 255,3 = 689,7 \text{ мм}; & D_{18} &= 0,9 \cdot 1050 - 105,5 = 839,5 \text{ мм};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_7 &= 0,9 \cdot 1050 - 230,3 = 714,7 \text{ мм}; & D_{19} &= 0,9 \cdot 1050 - 105,5 = 839,5 \text{ мм}; \\
 D_8 &= 0,9 \cdot 1050 - 205,3 = 739,7 \text{ мм}; & D_{20} &= 0,9 \cdot 1050 - 90,3 = 854,7 \text{ мм}; \\
 D_9 &= 0,9 \cdot 1050 - 180,3 = 764,7 \text{ мм}; & D_{21} &= 0,9 \cdot 1050 - 100,3 = 844,7 \text{ мм}; \\
 D_{10} &= 0,9 \cdot 1050 - 155,3 = 789,7 \text{ мм}; & D_{22} &= 0,9 \cdot 1050 - 85,3 = 859,7 \text{ мм}; \\
 D_{11} &= 0,9 \cdot 1050 - 230,5 = 714,5 \text{ мм}; & D_{23} &= 0,9 \cdot 1050 - 87,8 = 857,2 \text{ мм}; \\
 D_{12} &= 0,9 \cdot 1050 - 205,3 = 739,7 \text{ мм};
 \end{aligned}$$

Визначаємо швидкість прокатування з виразу:

$$V = \frac{\pi D n}{60}, \text{ м/с} \quad (2.13)$$

де n — кількість оборотів валків в хвилину.

Визначаємо швидкість деформації металу:

$$U = V \cdot \Delta h / l_d \cdot h, \text{ с}^{-1} \quad (2.14)$$

де U - швидкість деформації металу, с^{-1} ;

V - швидкість прокатування, мм/с ;

Δh - величина обтискання, мм ;

l_d - довжина дуги контакту, мм ;

h -початкова висота прокату.

Довжину дуги контакту знаходимо по формулі:

$$l_d = \sqrt{R \cdot \Delta h}, \text{ мм} \quad (2.15)$$

По формулі А.В.Третьякова визначаємо межу текучості металу.

$$\sigma_t = \sigma_{0\delta} \beta k_t k_u k_\varepsilon, \text{ Н/мм}^2 \quad (2.16)$$

де σ_{06} - базове значення опору металу деформації;

$\beta = 1,15$ - коефіцієнт Лоде;

k_ε , k_t , k_u - поправочні коефіцієнти, які враховують відповідну температуру, ступінь обтискання і швидкість деформації.

Середній тиск розраховуємо по формулі :

$$p_{cp} = \sigma_t \cdot (1 + 0,2 \cdot l_d / h_{cp}) \cdot [1 + (1,1 - l_d / h_{cp})], \text{Н/мм}^2 \quad (2.17)$$

Знаходимо силу прокатування:

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B_{cp}, \text{ МН} \quad (2.18)$$

Визначаємо коефіцієнт положення рівнодіючої сил.

$$\psi = 0,79 - 0,89 \cdot l_d / h_{cp} + 0,44 (l_d / h_{cp}), \quad (2.19)$$

Розраховуємо момент прокатування, що крутить, для двох валків і сумарний статистичний момент на валу двигуна.

$$2M = 2\psi \cdot l_d \cdot P, \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (2.20)$$

$$M_{дв} = M'_{тр1} + M'_{тр2} + 2M, \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (2.21)$$

$$M'_{тр1} = P \cdot f_{ш} \cdot d_{ш}, \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (2.22)$$

$$M'_{тр2} = (1 / \eta_\varepsilon) (2M + M'_{тр1}), \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (2.23)$$

Розрахунок температурних параметрів прокатування проведемо по залежності:

$$T_i = T_{i+1} - \Delta T_i \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.24)$$

де: T_{i+1} – температура розкату перед проходом °С;

ΔT_i – падіння температури перед кожним проходом °С;

Падіння температури перед кожним наступним пропуском визначимо по виразу:

$$\Delta T_i = 0,0021 \cdot (T_{i+1} + 273/100)^4 \cdot \tau/h_0 \text{ °С} \quad (2.25)$$

де: τ – час попереднього пропуску і подальшої паузи, с;

h_0 – товщина розкату після попереднього пропуску, мм;

$$\tau = t_m + t_p \quad (2.26)$$

де: t_m - машинний час прокатування, с;

t_p - час пауз при прокатці;

На вітчизняних заводах час пауз без кантівки -2с, з кантівкою – 4с

Машинний час прокатування визначаємо з виразу:

$$t_m = 19,1/n_2 \cdot L / D + (a + b)/2ab \cdot (n_1 - n_2)^2/n_2, \text{ с} \quad (2.27)$$

де: L – довжина розкату після проходу, м;

D – що катає діаметр, м;

a, b – прискорення і уповільнення валків, об/хв.;

n_1, n_2 – частота обертання валків, об/хв.

Частота обертання валків на початку і в кінці проходу рівні, тому приймаємо $n_1 = n_2 = 20$ год. 40 об/хв. Відношення $n_2/n_1 = 2$ год 2,5. Прискорення $a = 40$ об/хв., замідлення валків $b = 60$ об/хв.

Підставляємо набуті значення у вирази 2.13 – 2.27:

Отже, швидкість прокатування дорівнює:

$$\begin{aligned}
V_1 &= \pi \cdot 0,675 \cdot 25 / 60 = 0,9 \text{ м/с}; & V_{13} &= \pi \cdot 0,765 \cdot 25 / 60 = 1,0 \text{ м/с}; \\
V_2 &= \pi \cdot 0,690 \cdot 35 / 60 = 0,9 \text{ м/с}; & V_{14} &= \pi \cdot 0,790 \cdot 25 / 60 = 1,0 \text{ м/с}; \\
V_3 &= \pi \cdot 0,705 \cdot 35 / 60 = 0,92 \text{ м/с}; & V_{15} &= \pi \cdot 0,805 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_4 &= \pi \cdot 0,720 \cdot 35 / 60 = 0,94 \text{ м/с}; & V_{16} &= \pi \cdot 0,830 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_5 &= \pi \cdot 0,670 \cdot 35 / 60 = 0,9 \text{ м/с}; & V_{17} &= \pi \cdot 0,810 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_6 &= \pi \cdot 0,690 \cdot 35 / 60 = 0,9 \text{ м/с}; & V_{18} &= \pi \cdot 0,840 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_7 &= \pi \cdot 0,715 \cdot 35 / 60 = 0,94 \text{ м/с}; & V_{19} &= \pi \cdot 0,840 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_8 &= \pi \cdot 0,740 \cdot 35 / 60 = 0,97 \text{ м/с}; & V_{20} &= \pi \cdot 0,855 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_9 &= \pi \cdot 0,765 \cdot 35 / 60 = 1,0 \text{ м/с}; & V_{21} &= \pi \cdot 0,844 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_{10} &= \pi \cdot 0,790 \cdot 35 / 60 = 1,0 \text{ м/с}; & V_{22} &= \pi \cdot 0,860 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_{11} &= \pi \cdot 0,715 \cdot 35 / 60 = 0,94 \text{ м/с}; & V_{23} &= \pi \cdot 0,858 \cdot 25 / 60 = 1,1 \text{ м/с}; \\
V_{12} &= \pi \cdot 0,740 \cdot 35 / 60 = 0,97 \text{ м/с}; & &
\end{aligned}$$

Отже, довжина дуги контакту дорівнює:

$$\begin{aligned}
l_{d1} &= \sqrt{675 \cdot 40} = 164,3 \text{ мм}; & l_{d13} &= \sqrt{765 \cdot 50} = 195,4 \text{ мм}; \\
l_{d2} &= \sqrt{690 \cdot 30} = 143,9 \text{ мм}; & l_{d14} &= \sqrt{790 \cdot 50} = 198,7 \text{ мм}; \\
l_{d3} &= \sqrt{705 \cdot 30} = 145,4 \text{ мм}; & l_{d15} &= \sqrt{805 \cdot 70} = 237,4 \text{ мм}; \\
l_{d4} &= \sqrt{720 \cdot 30} = 147 \text{ мм}; & l_{d16} &= \sqrt{830 \cdot 50} = 203,7 \text{ мм}; \\
l_{d5} &= \sqrt{670 \cdot 40} = 163,7 \text{ мм}; & l_{d17} &= \sqrt{810 \cdot 65} = 229,5 \text{ мм}; \\
l_{d6} &= \sqrt{690 \cdot 40} = 166 \text{ мм}; & l_{d18} &= \sqrt{840 \cdot 60} = 224,5 \text{ мм}; \\
l_{d7} &= \sqrt{715 \cdot 50} = 189,1 \text{ мм}; & l_{d19} &= \sqrt{840 \cdot 30} = 158,7 \text{ мм}; \\
l_{d8} &= \sqrt{740 \cdot 50} = 195,4 \text{ мм}; & l_{d20} &= \sqrt{855 \cdot 30} = 160,2 \text{ мм}; \\
l_{d9} &= \sqrt{765 \cdot 50} = 195,6 \text{ мм}; & l_{d21} &= \sqrt{844 \cdot 30} = 159,1 \text{ мм}; \\
l_{d10} &= \sqrt{790 \cdot 50} = 198,7 \text{ мм}; & l_{d22} &= \sqrt{860 \cdot 30} = 161 \text{ мм}; \\
l_{d11} &= \sqrt{715 \cdot 45} = 179,4 \text{ мм}; & l_{d23} &= \sqrt{858 \cdot 25} = 146,5 \text{ мм}; \\
l_{d12} &= \sqrt{740 \cdot 50} = 192,4 \text{ мм}; & &
\end{aligned}$$

Отже, швидкість деформації металу дорівнює

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 900 \cdot 40 / 164,3 \cdot 550 = 0,39 \text{ с}^{-1}; & U_{13} &= 1000 \cdot 50 / 195,4 \cdot 370 = 0,69 \text{ с}^{-1} \\
 U_2 &= 900 \cdot 30 / 143,9 \cdot 520 = 0,36 \text{ с}^{-1}; & U_{14} &= 1000 \cdot 50 / 198,7 \cdot 320 = 1,79 \text{ с}^{-1}; \\
 U_3 &= 920 \cdot 30 / 145,4 \cdot 490 = 0,38 \text{ с}^{-1}; & U_{15} &= 1100 \cdot 70 / 237,4 \cdot 290 = 1,12 \text{ с}^{-1}; \\
 U_4 &= 940 \cdot 30 / 147 \cdot 460 = 0,42 \text{ с}^{-1}; & U_{16} &= 1100 \cdot 50 / 303,7 \cdot 240 = 1,13 \text{ с}^{-1}; \\
 U_5 &= 900 \cdot 40 / 163,7 \cdot 560 = 0,39 \text{ с}^{-1}; & U_{17} &= 1100 \cdot 65 / 229,5 \cdot 280 = 1,13 \text{ с}^{-1}; \\
 U_6 &= 900 \cdot 40 / 166 \cdot 520 = 0,42 \text{ с}^{-1}; & U_{18} &= 1100 \cdot 60 / 224,5 \cdot 220 = 1,34 \text{ с}^{-1}; \\
 U_7 &= 940 \cdot 50 / 189,1 \cdot 470 = 0,53 \text{ с}^{-1}; & U_{19} &= 1100 \cdot 30 / 158,7 \cdot 220 = 0,95 \text{ с}^{-1}; \\
 U_8 &= 970 \cdot 50 / 192,1 \cdot 420 = 0,6 \text{ с}^{-1}; & U_{20} &= 1100 \cdot 30 / 160,2 \cdot 190 = 1,08 \text{ с}^{-1}; \\
 U_9 &= 1000 \cdot 50 / 195,6 \cdot 370 = 0,69 \text{ с}^{-1}; & U_{21} &= 1100 \cdot 30 / 159,1 \cdot 210 = 0,99 \text{ с}^{-1}; \\
 U_{10} &= 1000 \cdot 50 / 198,7 \cdot 320 = 0,79 \text{ с}^{-1}; & U_{22} &= 1100 \cdot 30 / 161 \cdot 180 = 1,14 \text{ с}^{-1}; \\
 U_{11} &= 940 \cdot 45 / 179,4 \cdot 470 = 0,5 \text{ с}^{-1}; & U_{23} &= 1100 \cdot 25 / 146,5 \cdot 185 = 1,01 \text{ с}^{-1}; \\
 U_{12} &= 970 \cdot 50 / 192,4 \cdot 420 = 0,6 \text{ с}^{-1};
 \end{aligned}$$

З таблиці знайдемо поправочні коефіцієнти.

Коефіцієнти, які враховують температуру:

$$\begin{aligned}
 k_{t1,2} &= 0,53; & k_{t3,4} &= 0,545; & k_{t5,6} &= 0,56; & k_{t7,8} &= 0,575; \\
 k_{t9,10} &= 0,59; & k_{t11,12} &= 0,605; & k_{t13,14} &= 0,62; & k_{t15,16} &= 0,635; \\
 k_{t17,18} &= 0,65; & k_{t19,20} &= 0,665; & k_{t21} &= 0,68; & k_{t22} &= 0,7; \\
 k_{t23} &= 0,73;
 \end{aligned}$$

Коефіцієнти, які враховують швидкість деформації:

$$\begin{aligned}
 k_{u1,2} &= 0,65; & k_{u3,4} &= 0,67; & k_{u5,6} &= 0,72; & k_{u7,8} &= 0,72; \\
 k_{u9,10} &= 0,725; & k_{u11,12} &= 0,723; & k_{u13,14} &= 0,735; & k_{u15,16} &= 0,746; \\
 k_{u17,18} &= 0,755; & k_{u19,20} &= 0,76; & k_{u21} &= 0,79; & k_{u22} &= 0,8; \\
 k_{u23} &= 0,89;
 \end{aligned}$$

Коефіцієнти, які враховують ступінь обтискання:

$$\begin{aligned}
 k_{\varepsilon 1,2} &= 1,04; & k_{\varepsilon 3,4} &= 1,09; & k_{\varepsilon 5,6} &= 1,08; & k_{\varepsilon 7,8} &= 1,14; \\
 k_{\varepsilon 9,10} &= 1,19; & k_{\varepsilon 11,12} &= 1,25; & k_{\varepsilon 13,14} &= 1,25; & k_{\varepsilon 15,16} &= 1,285; \\
 k_{\varepsilon 17,18} &= 1,245; & k_{\varepsilon 19,20} &= 1,275; & k_{\varepsilon 21} &= 1,285; & k_{\varepsilon 22} &= 1,322; \\
 k_{\varepsilon 23} &= 1,286;
 \end{aligned}$$

Отже, межа текучості металу при $\sigma_{0\delta} = 105 \text{ Н/мм}$ для сталі 03Х22Н5АМЗ дорівнює :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\tau 1,2} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,53 \cdot 0,65 \cdot 1,04 = 44,6 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 3,4} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,545 \cdot 0,67 \cdot 1,09 = 51 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 5,6} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,56 \cdot 0,72 \cdot 1,08 = 52,6 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 7,8} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,575 \cdot 0,72 \cdot 1,14 = 57 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 9,10} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,59 \cdot 0,725 \cdot 1,194 = 58,8 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 11,12} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,605 \cdot 0,728 \cdot 1,25 = 66,5 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 13,14} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,62 \cdot 0,735 \cdot 1,25 = 69 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 15,16} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,635 \cdot 0,746 \cdot 1,285 = 73,7 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 17,18} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,65 \cdot 0,745 \cdot 1,245 = 72,8 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 19,20} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,665 \cdot 0,76 \cdot 1,275 = 77,8 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 21} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,68 \cdot 0,79 \cdot 1,285 = 83,3 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 22} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,322 = 89,4 \text{ Н/мм}^2; \\
 \sigma_{\tau 23} &= 105 \cdot 1,15 \cdot 0,73 \cdot 0,89 \cdot 1,286 = 100,9 \text{ Н/мм}^2;
 \end{aligned}$$

Середній тиск:

$$\begin{aligned}
 p_{cp1} &= 44,6 \cdot (1 + 0,2 \cdot 164,3/570) \cdot [1 + (1,1 - 164,3/570)] = 85,5 \text{ Н/мм}; \\
 p_{cp2} &= 44,6 \cdot (1 + 0,2 \cdot 143,9/535) \cdot [1 + (1,1 - 143,9/535)] = 86,1 \text{ Н/мм}; \\
 p_{cp3} &= 51 \cdot (1 + 0,2 \cdot 145,4/505) \cdot [1 + (1,1 - 145,4/505)] = 97,7 \text{ Н/мм}; \\
 p_{cp4} &= 51 \cdot (1 + 0,2 \cdot 147/475) \cdot [1 + (1,1 - 147/475)] = 96,9 \text{ Н/мм};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p_{cp5} &= 52,6 \cdot (1 + 0,2 \cdot 163,7/580) \cdot [1 + (1,1 - 163,7/580)] = 101 \text{ H/мм}; \\
p_{cp6} &= 52,6 \cdot (1 + 0,2 \cdot 166/540) \cdot [1 + (1,1 - 166/540)] = 100 \text{ H/мм}; \\
p_{cp7} &= 57 \cdot (1 + 0,2 \cdot 189,1/495) \cdot [1 + (1,1 - 189,1/495)] = 105,4 \text{ H/мм}; \\
p_{cp8} &= 57 \cdot (1 + 0,2 \cdot 192,4/445) \cdot [1 + (1,1 - 192,4/445)] = 103,3 \text{ H/мм}; \\
p_{cp9} &= 58,8 \cdot (1 + 0,2 \cdot 195,6/386) \cdot [1 + (1,1 - 195,6/386)] = 103,1 \text{ H/мм}; \\
p_{cp10} &= 58,8 \cdot (1 + 0,2 \cdot 198,7/345) \cdot [1 + (1,1 - 198,7/345)] = 99,9 \text{ H/мм}; \\
p_{cp11} &= 66,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot 179,4/492,5) \cdot [1 + (1,1 - 179,4/492,5)] = 123,8 \text{ H/мм}; \\
p_{cp12} &= 66,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot 192,4/445) \cdot [1 + (1,1 - 192,4/445)] = 117,3 \text{ H/мм}; \\
p_{cp13} &= 69 \cdot (1 + 0,2 \cdot 195,4/395) \cdot [1 + (1,1 - 195,4/395)] = 121,7 \text{ H/мм}; \\
p_{cp14} &= 69 \cdot (1 + 0,2 \cdot 198,7/345) \cdot [1 + (1,1 - 198,7/345)] = 117,5 \text{ H/мм}; \\
p_{cp15} &= 73,7 \cdot (1 + 0,2 \cdot 237,4/325) \cdot [1 + (1,1 - 237,4/325)] = 115,7 \text{ H/мм}; \\
p_{cp16} &= 73,7 \cdot (1 + 0,2 \cdot 230,7/265) \cdot [1 + (1,1 - 230,7/265)] = 113,2 \text{ H/мм}; \\
p_{cp17} &= 72,8 \cdot (1 + 0,2 \cdot 229,5/312,5) \cdot [1 + (1,1 - 229,5/312,5)] = 113,9 \text{ H/мм}; \\
p_{cp18} &= 72,8 \cdot (1 + 0,2 \cdot 224,5/250) \cdot [1 + (1,1 - 224,5/250)] = 103,2 \text{ H/мм}; \\
p_{cp19} &= 77,8 \cdot (1 + 0,2 \cdot 158,7/240) \cdot [1 + (1,1 - 158,7/240)] = 126,7 \text{ H/мм}; \\
p_{cp20} &= 77,8 \cdot (1 + 0,2 \cdot 160,2/205) \cdot [1 + (1,1 - 160,2/205)] = 118,6 \text{ H/мм}; \\
p_{cp21} &= 83,3 \cdot (1 + 0,2 \cdot 159,1/225) \cdot [1 + (1,1 - 159,1/225)] = 132,4 \text{ H/мм}; \\
p_{cp22} &= 89,4 \cdot (1 + 0,2 \cdot 161/195) \cdot [1 + (1,1 - 161/195)] = 131,4 \text{ H/мм}; \\
p_{cp23} &= 100,9 \cdot (1 + 0,2 \cdot 146,5/182,5) \cdot [1 + (1,1 - 146,5/182,5)] = 151,9 \text{ H/мм};
\end{aligned}$$

Визначаємо силу прокатування:

$$\begin{aligned}
P_1 &= 85,5 \cdot 0,164 \cdot 0,59 = 8,3 \text{ мН}; & P_{13} &= 121,7 \cdot 0,195 \cdot 0,35 = 8,2 \text{ мН}; \\
P_2 &= 86,1 \cdot 0,144 \cdot 0,59 = 7,3 \text{ мН}; & P_{14} &= 117,5 \cdot 0,199 \cdot 0,32 = 7,5 \text{ мН}; \\
P_3 &= 97,7 \cdot 0,145 \cdot 0,59 = 8,4 \text{ мН}; & P_{15} &= 115,7 \cdot 0,237 \cdot 0,335 = 9,2 \text{ мН}; \\
P_4 &= 96,9 \cdot 0,147 \cdot 0,595 = 8,5 \text{ мН}; & P_{16} &= 113,2 \cdot 0,204 \cdot 0,24 = 5,58 \text{ мН}; \\
P_5 &= 101 \cdot 0,164 \cdot 0,46 = 7,6 \text{ мН}; & P_{17} &= 113,9 \cdot 0,30 \cdot 0,24 = 8,2 \text{ мН}; \\
P_6 &= 100 \cdot 0,166 \cdot 0,465 = 7,7 \text{ мН}; & P_{18} &= 103,2 \cdot 0,225 \cdot 0,0,25 = 5,8 \text{ мН}; \\
P_7 &= 105,4 \cdot 0,190 \cdot 0,475 = 9,5 \text{ мН}; & P_{19} &= 126,7 \cdot 0,159 \cdot 0,22 = 4,4 \text{ мН}; \\
P_8 &= 130,3 \cdot 0,192 \cdot 0,485 = 9,6 \text{ мН}; & P_{20} &= 118,6 \cdot 0,16 \cdot 0,23 = 4,4 \text{ мН};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_9 &= 103,1 \cdot 0,196 \cdot 0,495 = 10 \text{ мН}; & P_{21} &= 132,4 \cdot 0,16 \cdot 0,19 = 4 \text{ мН}; \\
 P_{10} &= 99,9 \cdot 0,199 \cdot 0,505 = 10 \text{ мН}; & P_{22} &= 131,4 \cdot 0,16 \cdot 0,20 = 4,2 \text{ мН}; \\
 P_{11} &= 123,8 \cdot 0,179 \cdot 0,320 = 7,1 \text{ мН}; & P_{23} &= 151,9 \cdot 0,147 \cdot 0,21 = 4,7 \text{ мН}; \\
 P_{12} &= 117,3 \cdot 0,192 \cdot 0,340 = 7,7 \text{ мН};
 \end{aligned}$$

Визначимо коефіцієнт положення рівнодіючих сил:

$$\begin{aligned}
 \psi_1 &= 0,79 - 0,89 \cdot 164,3/570 + 0,44 \cdot (164,3/570) = 0,66; \\
 \psi_2 &= 0,79 - 0,89 \cdot 143,9/535 + 0,44 \cdot (143,9/535) = 0,67; \\
 \psi_3 &= 0,79 - 0,89 \cdot 145,4/505 + 0,44 \cdot (145,5/505) = 0,66; \\
 \psi_4 &= 0,79 - 0,89 \cdot 147/475 + 0,44 \cdot (147/475) = 0,65; \\
 \psi_5 &= 0,79 - 0,89 \cdot 163,7/580 + 0,44 \cdot (163,7/580) = 0,66; \\
 \psi_6 &= 0,79 - 0,89 \cdot 166/540 + 0,44 \cdot (166/540) = 0,65; \\
 \psi_7 &= 0,79 - 0,89 \cdot 189,1/495 + 0,44 \cdot (198,1/495) = 0,62; \\
 \psi_8 &= 0,79 - 0,89 \cdot 192,4/445 + 0,44 \cdot (192,4/445) = 0,60; \\
 \psi_9 &= 0,79 - 0,89 \cdot 195,6/386 + 0,44 \cdot (195,6/386) = 0,56; \\
 \psi_{10} &= 0,79 - 0,89 \cdot 198,7/345 + 0,44 \cdot (198/345) = 0,53; \\
 \psi_{11} &= 0,79 - 0,89 \cdot 179,4/492,5 + 0,44 \cdot (179,4/492,5) = 0,63; \\
 \psi_{12} &= 0,79 - 0,89 \cdot 192,4/445 + 0,44 \cdot (192,4/445) = 0,59; \\
 \psi_{13} &= 0,79 - 0,89 \cdot 195,4/395 + 0,44 \cdot (195,4/395) = 0,57. \\
 \psi_{14} &= 0,79 - 0,89 \cdot 198,7/345 + 0,44 \cdot (198,7/345) = 0,53; \\
 \psi_{15} &= 0,79 - 0,89 \cdot 237,4/325 + 0,44 \cdot (237,4/325) = 0,46; \\
 \psi_{16} &= 0,79 - 0,89 \cdot 203,7/265 + 0,44 \cdot (203,7/265) = 0,44; \\
 \psi_{17} &= 0,79 - 0,89 \cdot 229,5/312,5 + 0,44 \cdot (229/312,5) = 0,46; \\
 \psi_{18} &= 0,79 - 0,89 \cdot 224,5/250 + 0,44 \cdot (224,5/250) = 0,39; \\
 \psi_{19} &= 0,79 - 0,89 \cdot 158,7/240 + 0,44 \cdot (158,7/240) = 0,49; \\
 \psi_{20} &= 0,79 - 0,89 \cdot 160,2/205 + 0,44 \cdot (160,2/205) = 0,44; \\
 \psi_{21} &= 0,79 - 0,89 \cdot 159,1/225 + 0,44 \cdot (159,1/225) = 0,47; \\
 \psi_{22} &= 0,79 - 0,89 \cdot 161/195 + 0,44 \cdot (161/195) = 0,42; \\
 \psi_{23} &= 0,79 - 0,89 \cdot 146,5/182,5 + 0,44 \cdot (146,5/182,5) = 0,43;
 \end{aligned}$$

Розрахуємо момент прокатування, що крутить, для двох валків і сумарний статичний момент на валу двигуна. Діаметр шийки валка рівний $d_{ш} = 0,68$ мм, коефіцієнт тертя в підшипниках валків рівний $f_{ш} = 0,02$, сумарний коефіцієнт корисної дії передачі «двигун \Rightarrow валяння» рівний $\eta = 0,95$:

$$2M_1 = 2 \cdot 0,66 \cdot 0,164 \cdot 8,3 = 1,8 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр1} = 8,3 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,12 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр1}^2 = (1/0,95 - 1) \cdot (0,12 + 1,8) = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дв1} = 1,8 + 0,1 + 0,12 = 2,02 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_2 = 2 \cdot 0,67 \cdot 0,144 \cdot 7,3 = 1,4 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр2} = 7,3 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр2}^2 = (1/0,95 - 1) \cdot (0,1 + 1,4) = 0,08 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дв2} = 1,4 + 0,08 + 0,10 = 1,58 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_3 = 2 \cdot 0,66 \cdot 0,145 \cdot 8,4 = 1,6 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр3} = 8,4 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,11 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр3}^2 = (1/0,95 - 1) \cdot (0,11 + 1,6) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дв3} = 0,11 + 0,09 + 1,6 = 1,8 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_4 = 2 \cdot 0,65 \cdot 0,147 \cdot 8,5 = 1,6 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр4} = 8,5 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,11 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр4}^2 = (1/0,95 - 1) \cdot (0,11 + 1,6) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дв4} = 1,6 + 0,09 + 0,121 = 1,08 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_5 = 2 \cdot 0,66 \cdot 0,164 \cdot 7,6 = 1,65 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр5} = 7,6 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр5}^2 = (1/0,95 - 1) \cdot (0,10 + 1,65) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дБ5} = 1,65 + 0,1 + 0,09 = 1,84 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_6 = 2 \cdot 0,65 \cdot 0,166 \cdot 7,7 = 1,66 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр6} = 7,7 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тр6} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,1 + 1,66) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дБ6} = 1,66 + 0,09 + 0,1 = 1,85 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_7 = 2 \cdot 0,62 \cdot 0,189 \cdot 9,5 = 2,23 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр7} = 9,5 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,13 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тр7} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,13 + 2,23) = 0,12 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дБ7} = 2,23 + 0,13 + 0,12 = 2,49 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_8 = 2 \cdot 0,60 \cdot 0,192 \cdot 9,6 = 2,21 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр8} = 9,6 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,13 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тр8} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,13 + 2,21) = 0,12 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дБ8} = 2,21 + 0,13 + 0,12 = 2,46 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_9 = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,196 \cdot 10 = 2,2 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр9} = 10 \cdot 0,68 \cdot 0,02 = 0,14 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тр9} = (1/0,95 - 1) \cdot (2,2 + 0,14) = 0,12 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дБ9} = 2,2 + 0,14 + 0,12 = 2,46 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{10} = 2 \cdot 0,53 \cdot 0,199 \cdot 10 = 2,11 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр10} = 10 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,14 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тр10} = (1/0,95 - 1) \cdot (2,11 + 0,14) = 0,12 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дБ10} = 2,11 + 0,14 + 0,12 = 2,37 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{11} = 2 \cdot 0,63 \cdot 0,179 \cdot 7,1 = 1,6 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тр11} = 7,1 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,097 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тр11} = (1/0,95 - 1) \cdot (1,6 + 0,097) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ11}} = 1,6 + 0,097 + 0,09 = 1,8 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{12} = 2 \cdot 0,59 \cdot 0,192 \cdot 7,7 = 1,75 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр12}} = 7,7 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,10 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр12}} = (1/0,95 - 1) \cdot (1,75 + 0,1) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ12}} = 1,75 + 0,1 + 0,09 = 1,94 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{13} = 2 \cdot 0,57 \cdot 0,195 \cdot 8,2 = 1,8 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр13}} = 8,2 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,11 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр13}} = (1/0,95 - 1) \cdot (1,8 + 0,11) = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ13}} = 1,8 + 0,11 + 0,1 = 2,01 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{14} = 2 \cdot 0,53 \cdot 0,1999 \cdot 7,5 = 1,58 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр14}} = 7,5 \cdot 0,68 \cdot 0,02 = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр14}} = (1/0,95 - 1) \cdot (1,58 + 0,1) = 0,08 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ14}} = 1,58 + 0,1 + 0,08 = 1,76 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{15} = 2 \cdot 0,46 \cdot 0,237 \cdot 9,2 = 2 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр15}} = 9,2 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,13 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр15}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,13 + 2) = 0,11 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ15}} = 2 + 0,13 + 0,112 = 2,24 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{16} = 2 \cdot 0,44 \cdot 0,204 \cdot 5,5 = 0,99 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр16}} = 5,5 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,07 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр16}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,99 + 0,07) = 0,05 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ16}} = 0,99 + 0,07 + 0,05 = 1,14 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{17} = 2 \cdot 0,46 \cdot 0,225 \cdot 8,2 = 1,7 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр17}} = 8,2 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,11 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр17}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,11 + 1,7) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ17}} = 0,11 + 0,09 + 1,7 = 1,9 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{18} = 2 \cdot 0,39 \cdot 0,159 \cdot 5,8 = 0,72 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр18}} = 5,8 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,07 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр18}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,07 + 0,72) = 0,08 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ18}} = 0,72 + 0,07 + 0,08 = 0,87 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{19} = 2 \cdot 0,49 \cdot 0,159 \cdot 4,4 = 0,7 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр19}} = 4,4 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,06 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр19}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,7 + 0,06) = 0,04 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ19}} = 0,7 + 0,06 + 0,04 = 0,8 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{20} = 2 \cdot 0,44 \cdot 0,160 \cdot 4,4 = 0,62 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр20}} = 4,4 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,06 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр20}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,62 + 0,06) = 0,03 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ20}} = 0,62 + 0,06 + 0,03 = 0,71 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{21} = 2 \cdot 0,47 \cdot 0,159 \cdot 4 = 0,6 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр21}} = 4 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,05 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр21}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,6 + 0,05) = 0,03 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ21}} = 0,6 + 0,05 + 0,03 = 0,68 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{22} = 2 \cdot 0,42 \cdot 0,161 \cdot 4,2 = 0,6 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр22}} = 4,2 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,06 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр22}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,6 + 0,06) = 0,03 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дБ22}} = 0,6 + 0,06 + 0,03 = 0,69 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_{23} = 2 \cdot 4,7 \cdot 0,43 \cdot 0,147 = 0,6 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр23}} = 4,7 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,06 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{тр23}} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,6 + 0,06) = 0,03 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ДВ23}} = 0,6 + 0,06 + 0,03 = 0,69 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Визначаємо машинний час прокатування по проходах:

$$\begin{aligned}
 t_{m1} &= 19,1/50 \cdot 1,45 / 0,675 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,17 \text{ с;} \\
 t_{m2} &= 19,1/50 \cdot 1,54 / 0,69 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,22 \text{ с;} \\
 t_{m3} &= 19,1/50 \cdot 1,63 / 0,705 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,23 \text{ с;} \\
 t_{m4} &= 19,1/50 \cdot 1,71 / 0,72 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,26 \text{ с;} \\
 t_{m5} &= 19,1/50 \cdot 1,81 / 0,67 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,39 \text{ с;} \\
 t_{m6} &= 19,1/50 \cdot 1,91 / 0,69 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,41 \text{ с;} \\
 t_{m7} &= 19,1/50 \cdot 2,07 / 0,715 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,46 \text{ с;} \\
 t_{m8} &= 19,1/50 \cdot 2,27 / 0,74 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,52 \text{ с;} \\
 t_{m9} &= 19,1/50 \cdot 2,52 / 0,764 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,61 \text{ с;} \\
 t_{m10} &= 19,1/50 \cdot 2,85 / 0,79 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,73 \text{ с;} \\
 t_{m11} &= 19,1/50 \cdot 3,04 / 0,715 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,9 \text{ с;} \\
 t_{m12} &= 19,1/50 \cdot 3,30 / 0,74 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 2,05 \text{ с;} \\
 t_{m13} &= 19,1/75 \cdot 3,63 / 0,76 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 2,35 \text{ с;} \\
 t_{m14} &= 19,1/75 \cdot 4,10 / 0,79 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 2,51 \text{ с;} \\
 t_{m15} &= 19,1/75 \cdot 4,86 / 0,805 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 2,8 \text{ с;} \\
 t_{m16} &= 19,1/75 \cdot 5,68 / 0,8,3 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 3,13 \text{ с;} \\
 t_{m17} &= 19,1/75 \cdot 6,04 / 0,81 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 3,37 \text{ с;} \\
 t_{m18} &= 19,1/75 \cdot 8,27 / 0,84 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 4,28 \text{ с;} \\
 t_{m19} &= 19,1/75 \cdot 5,24 / 0,84 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 4,72 \text{ с;} \\
 t_{m20} &= 19,1/75 \cdot 10,25 / 0,855 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (75 - 30)^2/75 = 5,1 \text{ с;} \\
 t_{m21} &= 19,1/80 \cdot 11,22 / 0,845 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (80 - 40)^2/80 = 5,44 \text{ с;} \\
 t_{m22} &= 19,1/80 \cdot 12,40 / 0,860 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (80 - 40)^2/80 = 5,88 \text{ с;} \\
 t_{m23} &= 19,1/90 \cdot 13,86 / 0,857 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (90 - 40)^2/90 = 6,70 \text{ с;}
 \end{aligned}$$

Визначаємо час попереднього проходу:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= 1,17 + 2 = 3,17 \text{ с}; & \tau_{813} &= 2,35 + 2 = 4,35 \text{ с}; \\ \tau_2 &= 1,22 + 2 = 3,22 \text{ с}; & \tau_{14} &= 2,51 + 2 = 4,51 \text{ с}; \\ \tau_3 &= 1,23 + 2 = 3,23 \text{ с}; & \tau_{15} &= 2,8 + 4 = 4,8 \text{ с}; \\ \tau_4 &= 1,26 + 2 = 3,26 \text{ с}; & \tau_{16} &= 3,13 + 2 = 5,1 \text{ с}; \\ \tau_5 &= 1,39 + 4 = 5,39 \text{ с}; & \tau_{17} &= 3,37 + 4 = 7,37 \text{ с}; \\ \tau_6 &= 1,41 + 2 = 3,41 \text{ с}; & \tau_{18} &= 4,26 + 2 = 62,8 \text{ с}; \\ \tau_7 &= 1,46 + 2 = 3,46 \text{ с}; & \tau_{19} &= 4,72 + 4 = 8,72 \text{ с}; \\ \tau_8 &= 1,52 + 2 = 3,52 \text{ с}; & \tau_{20} &= 5,1 + 2 = 7,1 \text{ с}; \\ \tau_9 &= 1,61 + 2 = 3,61 \text{ с}; & \tau_{21} &= 5,44 + 4 = 9,44 \text{ с}; \\ \tau_{10} &= 1,73 + 2 = 3,73 \text{ с}; & \tau_{23} &= 5,88 + 2 = 7,88 \text{ с}; \\ \tau_{11} &= 1,99 + 4 = 5,99 \text{ с}; & \tau_{23} &= 6,70 + 4 = 10,70 \text{ с}; \\ \tau_{12} &= 2,05 + 2 = 4,05 \text{ с}; \end{aligned}$$

Визначимо падіння температури перед кожним наступним пропуском і температуру перед наступним проходом:

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= 0,0021 \cdot (1200 + 273/100)^4 \cdot 3,17/550 = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}; \\ T_1 &= 1200 - 0,6 = 1199,4 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \Delta T_2 &= 0,0021 \cdot (1199,4 + 273/100)^4 \cdot 3,22/520 = 0,6^\circ\text{C}; \\ T_2 &= 1199,4 - 0,6 = 1198,8 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \Delta T_3 &= 0,0021 \cdot (1198,8 + 273/100)^4 \cdot 3,23/490 = 0,7 \text{ }^\circ\text{C}; \\ T_3 &= 1198,8 - 0,7 = 1198,1 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \Delta T_4 &= 0,0021 \cdot (1198,1 + 273/100)^4 \cdot 3,26/460 = 0,7^\circ\text{C}; \\ T_4 &= 1198,1 - 0,7 = 1197,4 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \Delta T_5 &= 0,0021 \cdot (1197,4 + 273/100)^4 \cdot 5,39/560 = 0,98^\circ\text{C}; \\ T_5 &= 1197,4 - 0,98 = 1196,4 \text{ }^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

$$\Delta T_6 = 0,0021 \cdot (1196,4 + 273/100)^4 \cdot 3,41/520 = 0,7^\circ\text{C};$$

$$T_6 = 1196,4 - 0,7 = 1195,7^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_7 = 0,0021 \cdot (1195,7 + 273/100)^4 \cdot 3,46/470 = 0,7^\circ\text{C};$$

$$T_7 = 1195,7 - 0,7 = 1195^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_8 = 0,0021 \cdot (1195 + 273/100)^4 \cdot 3,52/420 = 0,8^\circ\text{C};$$

$$T_8 = 1195 - 0,8 = 1194,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_9 = 0,0021 \cdot (1194,2 + 273/100)^4 \cdot 3,61/370 = 0,97^\circ\text{C};$$

$$T_9 = 1194,2 - 0,97 = 1193,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{10} = 0,0021 \cdot (1193,2 + 273/100)^4 \cdot 3,73/320 = 0,97^\circ\text{C};$$

$$T_{10} = 1193,2 - 0,97 = 1192,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{11} = 0,0021 \cdot (1192,2 + 273/100)^4 \cdot 5,99/470 = 0,97^\circ\text{C};$$

$$T_{11} = 1192,2 - 0,97 = 1191,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{12} = 0,0021 \cdot (1191,2 + 273/100)^4 \cdot 4,05/420 = 0,97^\circ\text{C};$$

$$T_{12} = 1191,2 - 0,97 = 1190,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{13} = 0,0021 \cdot (1190,2 + 273/100)^4 \cdot 4,35/370 = 0,96^\circ\text{C};$$

$$T_{13} = 1190,2 - 0,96 = 1189,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{14} = 0,0021 \cdot (1189,2 + 273/100)^4 \cdot 4,51/320 = 0,96^\circ\text{C};$$

$$T_{14} = 1189 - 0,96 = 1188,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{15} = 0,0021 \cdot (1188,2 + 273/100)^4 \cdot 4,8/290 = 1,9^\circ\text{C};$$

$$T_{15} = 1188,2 - 1,9 = 1186,3^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{16} = 0,0021 \cdot (1186,3 + 273/100)^4 \cdot 5,13/240 = 1,9^\circ\text{C};$$

$$T_{16} = 1186,3 - 1,9 = 1184,4^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{17} = 0,0021 \cdot (1184,4 + 273/100)^4 \cdot 7,37/280 = 2,8^\circ\text{C};$$

$$T_{17} = 1184,2 - 2,8 = 1181,4^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{18} = 0,0021 \cdot (1181,4 + 273/100)^4 \cdot 6,28/220 = 2,8^\circ\text{C};$$

$$T_{18} = 1181,4 - 2,8 = 1178,6^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{19} = 0,0021 \cdot (1178,6 + 273/100)^4 \cdot 8,72/220 = 3,7^\circ\text{C};$$

$$T_{19} = 1178,6 - 3,7 = 1174,9^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{20} = 0,0021 \cdot (1174,9 + 273/100)^4 \cdot 7,1/190 = 3,7^\circ\text{C};$$

$$T_{20} = 1174,9 - 3,7 = 1171,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{21} = 0,0021 \cdot (1171,2 + 273/100)^4 \cdot 9,44/210 = 3,7^\circ\text{C};$$

$$T_{21} = 1171,22 - 3,7 = 1167,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{22} = 0,0021 \cdot (1167,5 + 273/100)^4 \cdot 7,88/180 = 3,6^\circ\text{C};$$

$$T_{22} = 1167,5 - 3,6 = 1164,2^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{23} = 0,0021 \cdot (1164,2 + 273/100)^4 \cdot 10,70/185 = 5,38^\circ\text{C};$$

$$T_{23} = 1164,2 - 5,38 = 1158,8^\circ\text{C};$$

Одержані енергосилові параметри прокатування зливка перетином 590·590 мм заносимо в таблицю 2.2.

Розрахунок потужності приводного двигуна кліті

Статична потужність двигуна визначається по залежності:

$$N_{\text{дв}} = 960 \cdot M_{\text{дв}} \cdot V / R \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (2.28)$$

підставляємо значення у вираз 2.28 і одержимо:

$$N_{\text{дв1}} = 960 \cdot 2,02 \cdot 0,9 / 0,337 \cdot 0,95 = 5451 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв2}} = 960 \cdot 1,58 \cdot 0,9 / 0,345 \cdot 0,95 = 5009 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв3}} = 960 \cdot 1,8 \cdot 0,9 / 0,352 \cdot 0,95 = 4754 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв4}} = 960 \cdot 1,8 \cdot 0,94 / 0,360 \cdot 0,95 = 4749 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв5}} = 960 \cdot 1,84 \cdot 0,9 / 0,335 \cdot 0,95 = 4995 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв6}} = 960 \cdot 1,85 \cdot 0,9 / 0,345 \cdot 0,95 = 4876 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв7}} = 960 \cdot 2,48 \cdot 0,94 / 0,357 \cdot 0,95 = 6599 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв8}} = 960 \cdot 2,46 \cdot 0,97 / 0,370 \cdot 0,95 = 6517 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв9}} = 960 \cdot 2,46 \cdot 1,0 / 0,382 \cdot 0,95 = 6474 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв10}} = 960 \cdot 2,37 \cdot 1,0 / 0,395 \cdot 0,95 = 6063 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв11}} = 960 \cdot 1,8 \cdot 0,94 / 0,357 \cdot 0,95 = 4789 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв12}} = 960 \cdot 1,94 \cdot 0,97 / 0,370 \cdot 0,95 = 5140 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв13}} = 960 \cdot 2,01 \cdot 1,0 / 0,4382 \cdot 0,95 = 5317 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв14}} = 960 \cdot 1,76 \cdot 1,0 / 0,395 \cdot 0,95 = 4503 \text{ кВт};$$

$$N_{дв15} = 960 \cdot 2,24 \cdot 1,1 / 0,402 \cdot 0,95 = 6194 \text{ кВт};$$

$$N_{дв16} = 960 \cdot 1,14 \cdot 1,1 / 0,415 \cdot 0,95 = 3053 \text{ кВт};$$

$$N_{дв17} = 960 \cdot 1,9 \cdot 1,1 / 0,405 \cdot 0,95 = 5215 \text{ кВт};$$

$$N_{дв18} = 960 \cdot 0,87 \cdot 1,1 / 0,420 \cdot 0,95 = 2303 \text{ кВт};$$

$$N_{дв19} = 960 \cdot 0,80 \cdot 1,1 / 0,420 \cdot 0,95 = 2303 \text{ кВт};$$

$$N_{дв20} = 960 \cdot 0,71 \cdot 1,1 / 0,427 \cdot 0,95 = 1848 \text{ кВт};$$

$$N_{дв21} = 960 \cdot 0,68 \cdot 1,1 / 0,422 \cdot 0,95 = 1791 \text{ кВт};$$

$$N_{дв22} = 960 \cdot 0,66 \cdot 1,1 / 0,430 \cdot 0,95 = 16 \text{ кВт};$$

$$N_{дв23} = 960 \cdot 0,39 \cdot 1,1 / 0,429 \cdot 0,95 = 1788 \text{ кВт};$$

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку енергосилових параметрів прокату зливка перетином 590x590.

№ проходу	$\Delta h, \text{мм}$	$\varepsilon, \%$	$\sigma_{\text{т}}, \text{Н/мм}^2$	T_i, C°	$P_{\text{сп}}, \text{Н/мм}^2$	$P, \text{МН}$	$M_i, \text{КН*М}$	$N_i, \text{кВт}$
1	40	0,68	44,6	1199,4	86,1	8,3	2,02	5451
2	30	0,54	44,6	1198,8	97,7	7,3	1,58	5009
3	30	0,58	51	1198,1	96,9	8,4	1,8	4754
4	30	0,61	51	1197,4	101	8,5	1,8	4749
5	40	0,67	52,6	1196,4	100	7,6	1,84	4995
6	40	0,71	52,6	1195,7	105,4	7,7	1,85	4876
7	50	1	57	1195	103,3	9,5	2,48	6599
8	50	1,1	57	1194,2	103,1	9,6	2,46	6517
9	50	1,2	58,8	1193,2	99,9	10	2,46	6474
10	50	1,4	58,8	1192,2	123,8	10	2,37	6063
11	45	0,9	66,5	1191,2	117,3	7,1	1,8	4789
12	50	1,1	66,5	1190,2	121,7	7,7	1,94	5140
13	50	1,2	69	1189,2	121,7	8,2	2,01	5317
14	50	1,1	69	1188,2	117,5	7,5	1,76	4503
15	70	2	73,7	1186,3	115,7	9,2	2,24	6194
16	50	1,2	73,7	1184,4	113,2	5,5	1,14	3053
17	65	2	72,8	1181,4	113,9	8,2	1,9	5215
18	60	1,2	72,8	1178,6	103,2	5,8	0,87	2303
19	30	1,2	77,8	1174,9	126,7	4,4	0,8	2303
20	30	1,4	77,8	1171,2	118,6	4,4	0,71	1848
21	30	1,3	83,3	1167,5	132,4	4	0,68	1791
22	30	1,4	89,4	1164,2	131,4	4,2	0,69	1653
23	25	1,4	100,9	1158,8	151,9	4,7	0,69	1788

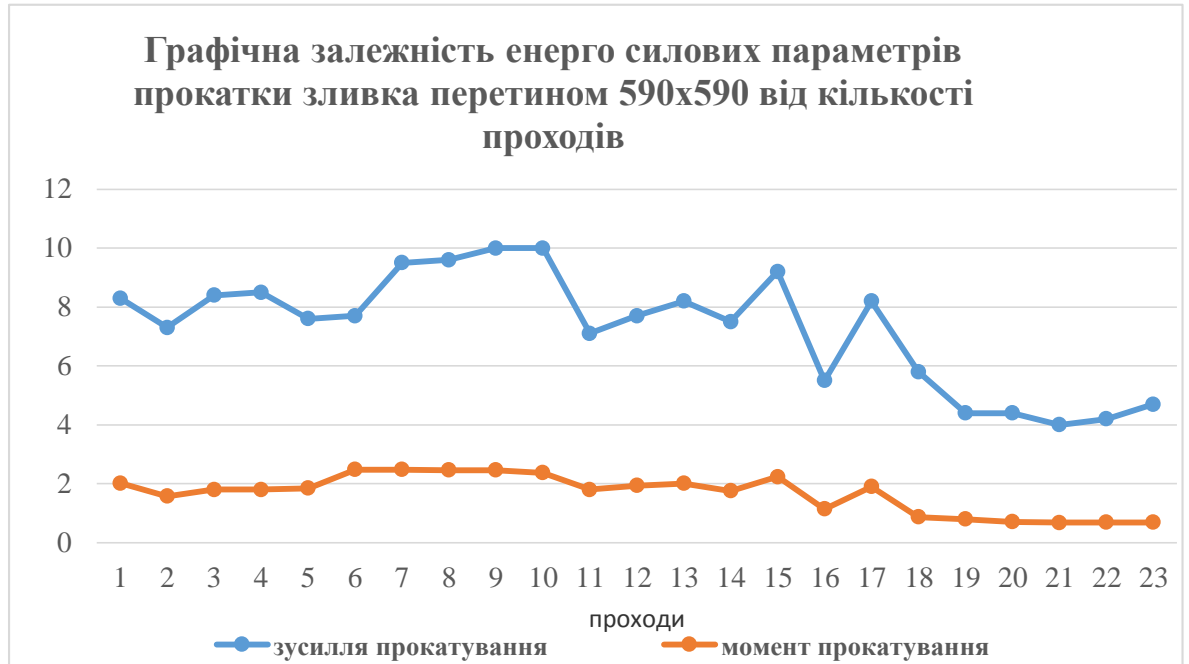


Рисунок 2.2 - Графічна залежність енергосилових параметрів прокатки зливка перетином 590x590 від кількості проходів.

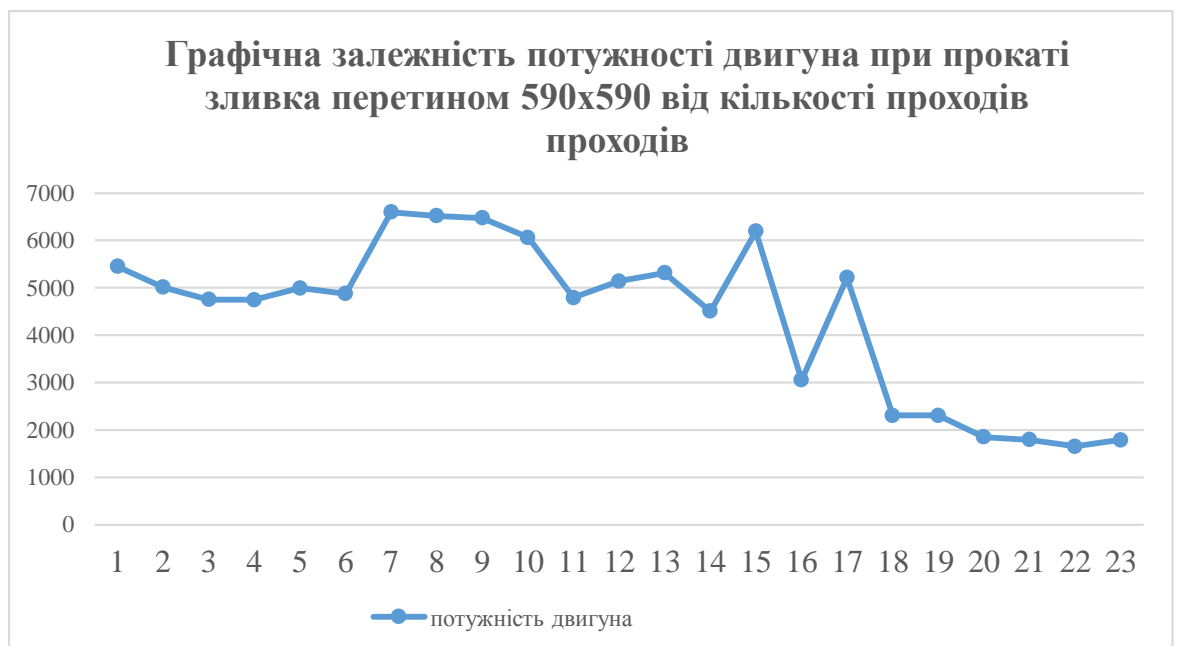


Рисунок 2.3 - Графічна залежність потужності двигуна при прокатці зливка перетином 590x590 від кількості проходів.

2.4 Розрахунок на міцність валок блюмінга 1050.

Результати попередньо виконаного розрахунку зусилля на валок показали, що найбільші зусилля буде при плющенні у першому калібрі (на гладкій бочці) $P_{10} = 10 \text{ Мн}$. У калібрах 2,3,4,5 прокатують блюми перерізом 515 X 320, 345 X 240, 260 X 220, 240 X 190, найбільше при цьому посилення буде в калібрі 1= $P_{10}=10 \text{ Мн}$.

1.Визначуваний момент вигину, по формулі:

$$M_{\text{вг}} = P \frac{x}{a} (a - x) = Px \left(1 - \frac{x}{a} \right)$$

де: P - повне посилення плющення в даному калібрі = 10 МН

a - прискорення 40 об/ мин.

при плющенні в калібрі 1 перетин 10 X=0,73 м

$$M_{\text{вг}10} = 10 \cdot 0,73 \left(1 - \frac{0,73}{4,0} \right) = 6,0 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

2.Знаходимо момент опору в перетині

$$W_{10} = 0,1 \cdot D^3 = 0,79 \text{ м}^3$$

3. Будуємо епюри моментів, що вигинають (рисунок 2.4)

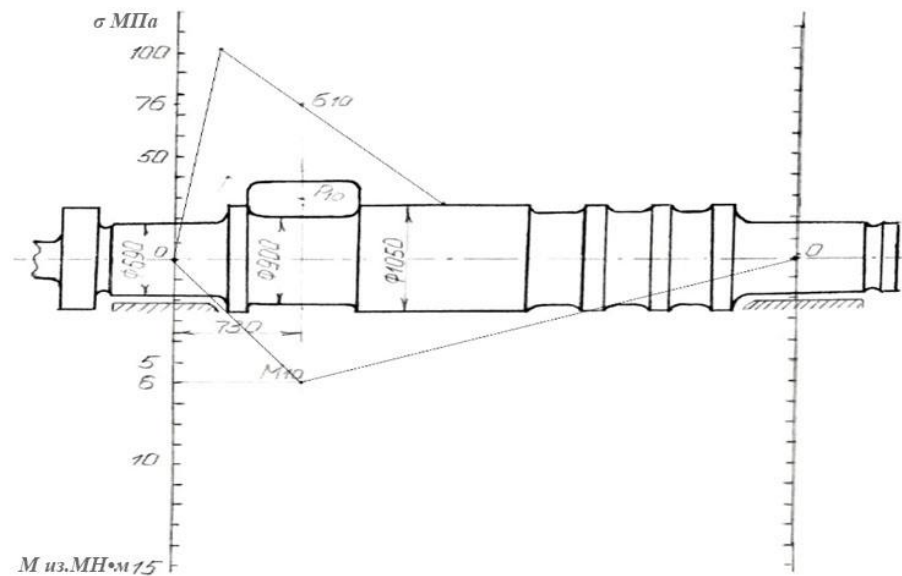


Рисунок 2.4 - Епюра моментів, що вигинають валок.

4. Визначаємо напругу вигину в кожному перетині від моменту M_{10} по формулі:

$$\sigma_{10} = \frac{M_{BG}}{W_{10}}$$

де: M_{BG} - момент, що вигинає, що діє в даному перетині

W_{10} - момент опору поперечного перетину бочки валка на вигин.

$$\sigma_{10} = \frac{6,0}{0,79} = 76 \text{ МПа}$$

5. Максимальне натягнення вигину буде в перетині 10 (1 калібр) = 76 МПа. Попередні підрахунки показали, що при цьому до валка прикладається момент, що крутить, від електродвигуна $M_{кр} = 2,37 \text{ МН} \cdot \text{м}$ напруги кручення в калібрі 1.

$$\tau = \frac{2,37 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 900^3} = 16,3 \text{ МПа}$$

результатів напруги в перетині 10.

$$\sigma_{рез} = \sqrt{76^2 + 2,37 \cdot 16,3^2} = 80 \text{ МПа}$$

Валки виготовлені з кованої вуглецевої сталі тієї, що має $\sigma_B = 650$ МПа, запас міцності складе:

$$n = \frac{650}{80} \approx 8,1$$

6. Перевіряємо напругу кручення шийки валка (перетин 10). При плющенні блюмів на гладкій бочці, шейка передає максимальний момент, що крутить, $M_{кр} = 2,37 \text{ МН} \cdot \text{м}$

$$\tau_{max} = \frac{2,37}{0,2 \cdot 0,69^3} = 36 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2} = 36 \text{ МПа}$$

що нижче допустимого $[\tau] = 80 \text{ МПа}$.

7. Визначаємо тиск в підшипниках валка (текстолітових).

$$p = \frac{p/2}{ld} = \frac{10 \cdot 10^6}{2 \cdot 700 \cdot 690} = 10,4 \text{ МПа}$$

При швидкості шийки $v = 3 \text{ м/с}$ $pv \approx 54 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$. Допустимо для прокатних станів $[p] = 40 \text{ МПа}$ и $[pv] = 200 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$.

Висновок:

У дослідницько-розрахунковій частині наведений розрахунок режиму деформації зливка 3,7т зі сталі спеціального призначення.

Розрахунок раціональний для стана 1050 режим деформації повною мірою визначає кількість клітей, потужність приводів, законом розподілу обтисків по клітях і наявністю систем регулювання міжвалкового зазору і контролю розмірів заготовки.

Результати розрахунків енергосилових параметрів знесено у таблицю.

Розрахунок на міцність валків блюмінга 1050 показав, що за даних умов навантаження (сила прокатки у 10 прході $P_{10} = 10$ МН, крутний момент $M = 2,37$ МН·м) запас міцності шийки опорного валка дорівнює $\approx 8,1$, напруга кручення шийки валка 36 МПа при допустимих 80 МПа, тиск в підшипниках валка 10,4 МПа при допустимих 40МПа.

3 ОБРОБКА ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вимоги що пред'являються стандартами до металопродукції

Сукупність вимог до металу певного призначення складає стандарту на металургійній продукції.

Усі стандарти на прокатану металопродукцію можна розділити на дві групи.

Перша група - стандарти на технічні умови - встановлюють вимоги до макроструктури і механічних властивостей металу.

Друга група - стандарти на сортамент - передбачає розміри профілів, що виготовляються, допуски на розміри.

Вимоги до поверхні металу.

Стандартами передбачений ряд вимог до поверхні сортової сталі. Сортову сталь звичайної якості забороняють поставляти з тріщинами, закатами, пленами, пухирями і шлаковими включеннями на поверхні. Ці дефекти мають бути усунені пологим вирубуванням, пневматичним молотком або зачисткою абразивними кругами. Глибина зачистки або вирубування не повинна виходити за межі допустимих відхилень на розмір.

На більшість стандартів сортового прокату з якісних і високоякісних сталей встановлені вимоги до поверхні металу залежно від характеру його використання у споживача.

Прокат різних видів, споживач замовляє за номінальним розміром. Проте фактичні розміри відхиляються від номінальних на "плюс" або на "мінус", оскільки прокатні сортові стани, волочильні стани не можуть забезпечити такої точності прокату при якій би фактичний розмір співпав би з номінальним. Причини цього: різна температура початка і кінця прокатки, внаслідок різної пластичності не однакові її розміри, коливання температури

нагріву заготовок перед прокатом. Є дві системи допусків: двостороння і одностороння. При двосторонній системі допусків відхилення на "плюс" і на "мінус". Ця система прийнята для прокату більшості марок сталей.

Одностороння система допусків передбачає плюсові відхилення і прийнята тільки для інструментальних і шарикоподшипникових сталей, оскільки розміри виробів, що виготовляються з них, мають бути близькі до номінальних. Стандартами на сортамент передбачається також ряд інших вимог до якості металу по його зовнішньому вигляду і розмірам.

Так, кривизна сортового металу за вимогами ряду стандартів не повинна перевищувати 2,0мм/1м., не допускається скручування профілю.

3.2 Контроль якості сталі спеціального призначення 03X22H5AM3 на ад'юстажі стана 1050, та результати проведення досліджень.

Ділянка обробки прокатного цеху є останнім етапом виготовлення металопродукції (рисунок 3.1).

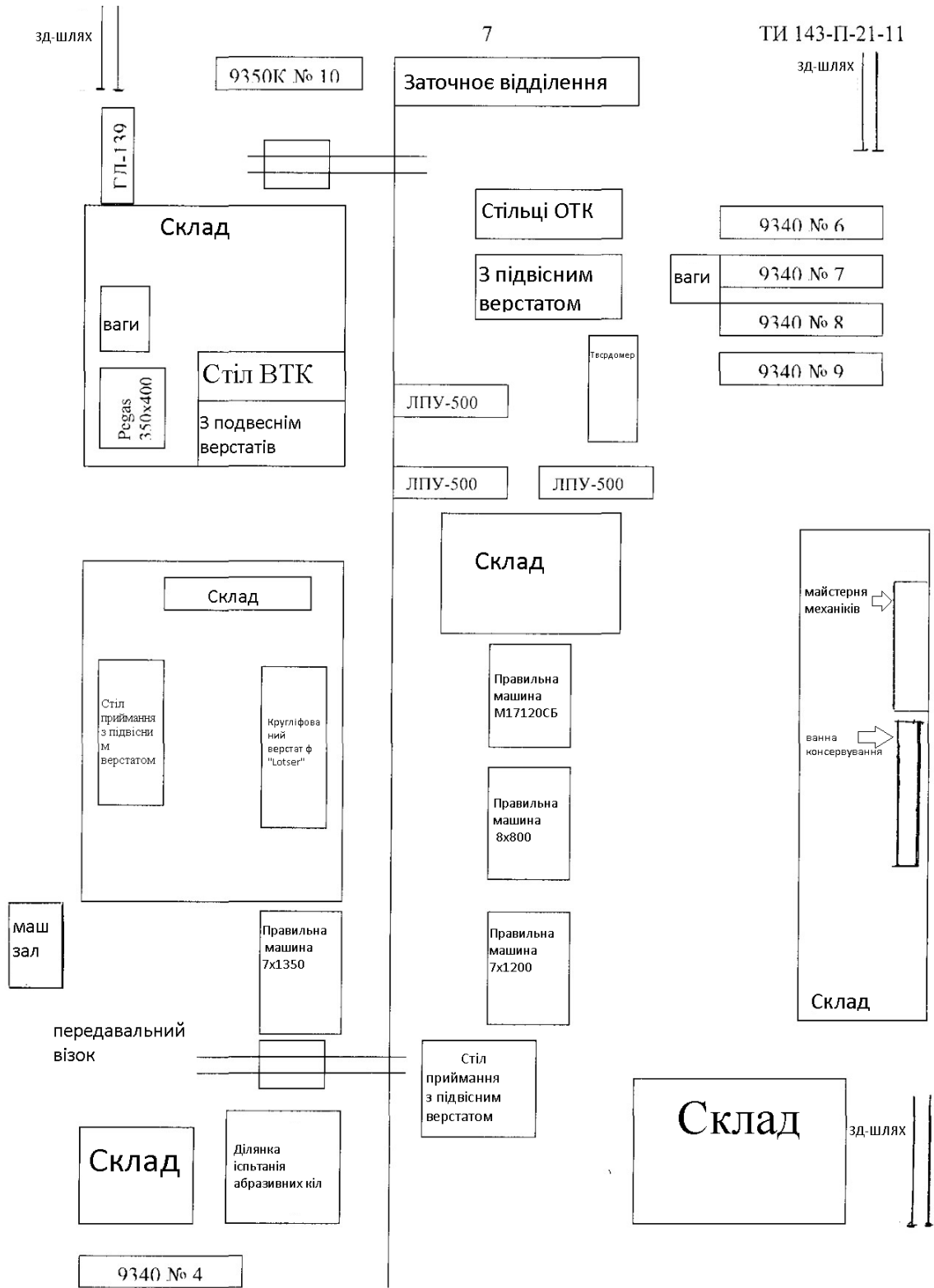


Рисунок 3.1 - Обладнання ділянки ад'юстажа стана 1050.

На цій ділянці метал, що поступив з прокатного стану, після охолодження правлять, зачищають, сортують по сортах і розмірах, підбирають по замовленнях, маркірують, пакітують і віддають на склад готової продукції для відвантаження по замовленнях.

Якість металу залежить від умов виробництва його на усіх етапах технологічного процесу. Погана якість сировини, неправильна його шихтовка, недотримання технологічних інструкцій виплавки і розливання сталі, нагріву і плющення металу і інших порушень технології можуть бути причиною:

- відхилень від заданого хімічного складу;
- дефектів поверхні, макро - і мікроструктури металу;
- отримання прокату неправильних розмірів і профілю.

Металопродукція випускається металургійними заводами, використовується споживачами для виготовлення виробів, що мають різні умови експлуатації. Від одних виробів потрібно підвищену міцність, інші успішно протистоять корозії, треті, мають антифрикційні властивості і т. д.

Якість металопродукції підтверджується сертифікатом якості ISO 9001:2008 (система менеджменту якості. Вимоги), який у свою чергу видається на підставі позитивних усіх видів випробування. Також на підприємстві працюють такі сертифікати як: ISO 9000: 2005 - система менеджменту якості. Основні положення і словник.

ISO 9004: 2009 - система менеджменту якості. Рекомендації по поліпшенню діяльності.

Засоби обробки металу

Зачистці піддається майже увесь товарний прокат із станів 1050 . Перш ніж приступити до зачистки прокату, необхідно за допомогою вимірювального інструменту перевірити фактичний розмір профілю (діаметр круга, сторону квадрата і так далі). Залежно від призначення прокат піддається вибірковій або суцільній зачистці. Виявлені поверхневі дефекти зачищають на прокаті до повного видалення. Глибина визначається залежно від ГОСТу або

ТУ на постачання. Видалення поверхневих дефектів на заготовках робиться наявними на ад'юстажі засобами:

- на обдирних- шліфувальних верстатах,
- методом вогневої зачистки.

Зачистка має бути пологою, без підрізів, гострих гребенів, кутів і переходів. Виточка повинна мати розвал не менше 1/5. Заготовки, оброблені на верстатах, піддаються інспекторському прийманню контролером ВТК(відділ технічного контролю). Огляду піддається усі чотири сторони. Оброблені і прийняті ВТК заготовки збираються і укладаються у бугеля поплавочно. На ад'юстажах метал піддають наступним операціям:

- усунення надмірної кривизни прутків,
- зачистка задирок на торцях, обдирання, світлення,
- видалення поверхневих дефектів,
- сортування з метою відбракування прутків,
- УЗК і іскріння,
- зважування,
- маркіровка, упаковка і навішування бирок,
- відвантаження.

Діляниця різцевого обдирання

Обдиранню піддається металопрокат усіх марок сталі, постачання яких за технічними умовами і стандартами повинне бути в ободраному стані або якість поверхні не відповідає необхідним вимогам.

Верстати для обробки лезвійним інструментом.

Ці верстати умовно діляться на три групи за способом обробки, складності, точності і шорсткості поверхні виробів.

До першої групи входять великі товарно-обдирні верстати моделей РТ-503, РТ-504, СДЛ-800, призначені для обдирання зливків, великих поковок і прокату діаметром від 150мм до 800мм і завдовжки 700мм до 6000мм. Ці верстати дозволяють отримати шерохватість поверхні в межах Rz 60-80 мкм.

Другу групу верстатів великі і середні безоцентровочні моделі 9330, 9340, 9340-А, СВХ-180, ВДН-160, призначені для обточки сортового прокату і трубної заготовки діаметром від 50мм до 270мм і завдовжки від 2800мм до 7500мм. Шорсткість металопродукції, ободної на цих верстатах, знаходиться приблизно на тому ж рівні, що і для обдирних верстатів першої групи, але з більшою хвилястістю.

У третю групу входять верстати моделей СВХ-30М, ВДН - 75, ВДН - 60, що дозволяють отримати дрібносортну продукцію із спеціальною обробкою поверхні і призначені для обробки прутків діаметром від 8,5мм до 78мм і завдовжки від 1800мм до 6000мм. Обробка здійснюється безоцентровочним методом точіння і подальшим обкатуванням (поліровка) торроїдальними валками, що дозволяють отримати шорсткість обробленої поверхні Ra 0,32-2,5 мкм.

Лезвійний різальний інструмент. На токарно-обдиральних верстатах застосовуються різці різної конфігурації з твердосплавними і швидкорізальними пластинами. Усі різці по конструкції діляться на чотири групи:

- крупні односторонні або двусторонні для токарних верстатів моделі РТ-503 РТ-504 СДЛ-800 з напайними різальними пластинами з твердого сплаву або швидкорізальної сталі на державках 32x40x400мм;

- малі односторонні різці з твердосплавними напайними різальними пластинами 18x25x73мм для безцентровотокарних верстатів моделі КЖ 9309, 9309;

- середні односторонні напайні різці з різальними пластинами з твердого швидкорізальної сталі на державках 30x50x120мм для великих безоцентровотокарних верстатах моделі 9330, 9340.

- збірні різці з нормалізованими і твердосплавними різальними пластинами згідно ТУ 48-19-141-75 для безцентровотокарних верстатів і лінії з автоматичним регулюванням різців в різцевих голівках.

Твердосплавні пластини для збірних і напайних різців отримуються, центролізовано у заводо-виготовника. Напайні різці виготовляються на інструментальних заводах або РМЦ заводу «ДНПРОСПЕЦСТАЛЬ».

Заточування і доведення твердосплавних і швидкорізальних різців усіх видів робити згідно ТИ (технічній інструкції) 143-А- 23-89.

Шорсткість оброблених поверхонь не повинна перевищувати величину, передбачену відповідними технічними протоколами.

Контроль шорсткості поверхні обробленого металу робити приладом оцінки шорсткості або атестованими зразками, погодженими із замовником. Не видалені при обдиранні окремі місцеві дефекти видаляють абразивним інструментом.

Дефекти, що виникають при обдиранні прутків:

-поверхневі надриви - виникають при обдиранні низьковуглецевих марок сталі при підвищених оборотах;

-місцеві кільцеподібні і гвинтоподібні складки уздовж штанги при неправильній установці різців, прокручування штанги в затисках.

Класифікація неруйнівних методів виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів прокату в сорті

Неруйнівний контроль (НК) - контроль властивостей і параметрів об'єкта, не руйнуючи його та при якому не повинна бути порушена придатність об'єкта до використання та експлуатації.

В НК використовуються різноманітні фізичні явища або процеси, що при певних умовах не завдають шкоди об'єктові контролю (ОК), або ж не впливають на його експлуатаційні характеристики.

Згідно з ДСТУ 2865-94, НК - контроль якості продукції, за якого не повинна бути порушена придатність щодо застосування із повним збереженням закладених із самого початку функцій.

НК особливо важливий при створенні та експлуатації життєво важливих виробів та об'єктів, компонентів і конструкцій. Для виявлення різних дефектів використовуються різні методи НК, такі як:

-рентгенівські промені - на знімках з використанням яких добре видно дефекти (тріщини, непровари, шлакові чи газові включення, підрізи, пори, раковини, тріщини),

-ультразвукова дефектоскопія - де різноманітні дефекти проявляють себе відбитими імпульсами.

Види та методи НК.

Види НК: акустичний контроль, ультразвукова дефектоскопія, вихрострумовий контроль, радіохвильовий контроль, радіаційний контроль, електричний контроль, оптичний контроль, візуальний контроль, електрогазодинамічний контроль, контроль проникаючими речовинами.

Методи НК:

За характером взаємодії фізичних полів або речовин з об'єктами контролю:

метод розсіяного, відбитого проникаючого випромінювання, електричний метод.

За первинним інформативним параметром: амплітудний метод, часовий метод, геометричний метод, газовий та рідинний методи, метод намагніченості, метод магнітної проникності, метод напруженості, метод залишкової індукції.

За способом отримання первинної інформації: акустичний метод індукційний метод, іонізаційний метод, метод термофарб, порошковий метод, магнітопорошковий метод дефектоскопії, радіоактивний метод.

Дефекти які характерні для дуплексних марок сталей

Усі дефекти поділяються на поверхневі і внутрішні, які можливо виявити за допомогою візуального, ультразвукової дефектоскопії та капілярного методів.

Поверхневі дефекти у свою чергу діляться на дефекти:

- сталеплавильного виробництва,
- прокатного виробництва.

Поверхневі дефекти які властиві саме дуплексним маркам сталі.

Волосовина - дефект поверхні у вигляді ниткоподібних несучільностей в металі, що утворилися при деформації наявних в ньому неметалевих включень.

При написанні випускної роботи магістра були дослідженні наступні дефекти (рисунок 3.2 - 3.7):

Розкатане забруднення – дефект поверхні, що представляє собою витягнуте в напрямку деформації розкатане поверхнєве забруднення злитка або литої заготовки шлаком, вогнетривом, теплоізоляційної сумішшю.

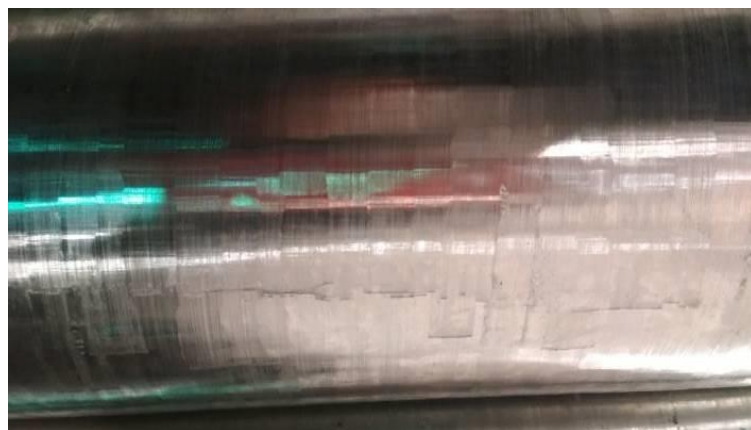


Рисунок 3.2 - Розкатане забруднення.

Розкатана тріщина - дефект поверхні, що представляє собою розрив металу, який утворився при прокатці поздовжньої або поперечної тріщини злитка або литої заготовки.



Рисунок 3.3 - Розкатана тріщина (на металі після шлифування).

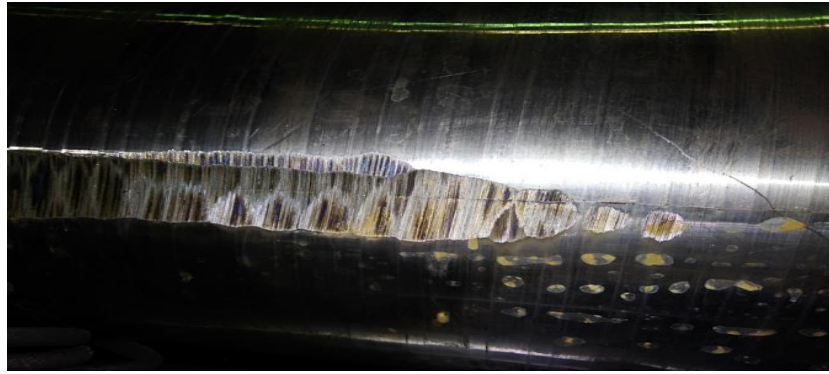


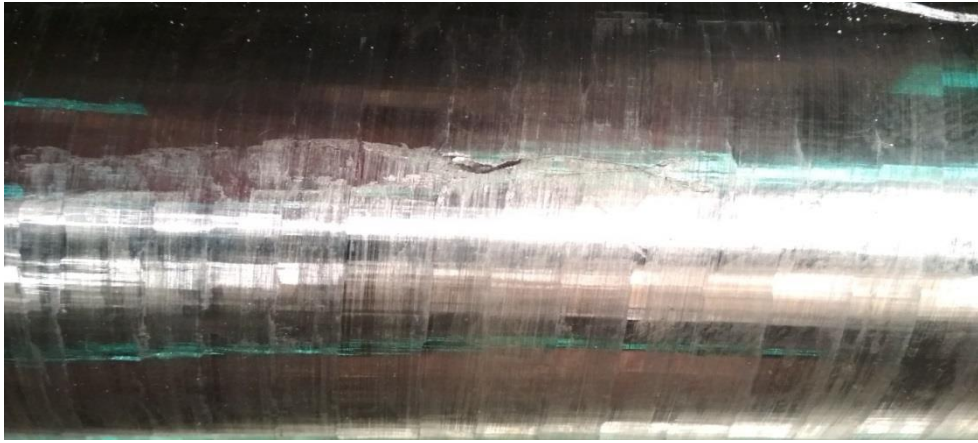
Рисунок 3.4 - Розкатана тріщина (на металі після обдирання).

Примітка. На мікрошліфу тріщина розташовується під прямим або гострим кутом до поверхні, у поверхні ширша з поступовим звуженням вглиб, звивиста, має розгалужений кінець. Стінки дефекту покриті окалиною, прилегли до них ділянки обезуглерожені і насичені дифузійними оксидами.

Деформаційна рванина - дефект поверхні у вигляді розкритого розриву, розташованого поперек або під кутом до напрямку найбільшої витяжки металу при прокатці або куванні, що утворився внаслідок зниженої пластичності металу.



Рисунок 3.5 - Деформаційна рванина (у черновому вигляді).



Примітки: Причина зниженої пластичності обумовлена технологією виплавки металу або порушенням режимів нагріву або деформації. На мікрошліфу в зоні дефекту спостерігаються розгалужені розриви металу.

Рисунок 3.6 - Деформаційна рванина (залишкова рванина на металі після обдирання).

Закат - дефект поверхні, що представляє собою прикатаний поздовжній виступ, що утворився в результаті заочування вуса, підрізу, грубих слідів зачистки і глибоких рисок



Примітки: 1. Дефект часто розташований з двох діаметрально протилежних сторін і може мати зазубрений край. 2. На поперечному мікрошліфу дефект розташовується під гострим кутом до поверхні без розгалуження, заповнений окалиною і супроводжується спотворенням структури.

Рисунок 3.7 - Закат.

Візуальний метод контролю:

Візуальним методом контролю називається контроль, який проводиться шляхом огляду об'єкта неозброєним оком або із застосуванням нескладних оптичних засобів: дзеркал і луп.

Під час візуального контролю оператор повинен виявити неозброєним оком дефект типу тріщини або точки корозії розміром 0,1 мм і більше.

Візуальний контроль виробів при технічному діагностуванні здійснюють з метою виявлення змін їх форми, а також поверхневих дефектів (тріщин, корозійних пошкоджень, деформацій та ін.).

Візуальний огляд виконують з метою виявлення і видалення не допустимих дефектів на поверхні заготовки. Норми допустимих дефектів визначаються стандартами, технічними умовами і нормативно-технічною документацією.

Коли контролер ОТК зазнає труднощі з 100% виявленням поверхневих дефектів він прибігає до капілярного методу.

Перевагою цього методу є стовідсоткове виявлення дефектів. Недоліками є ціна та час витрачений на контроль.

Капілярний метод контролю.

Капілярний метод контролю (КМК) - метод неруйнівного контролю придатний лише для виявлення дефектів, які виникають на поверхні контрольованого об'єкта [10].

Метод заснований на проникненні спеціальних рідин - пенетранта - в порожнині поверхневих і наскрізних несучільностей об'єкту контролю, і на вилученні рідини (пенетранта) з дефектів за допомогою спеціального покриття та у фіксуванні рідини (пенетранта) [11]. Глибина дефектів, які виявляються КМК, повинна значно перевищувати їх ширину. Якщо ширина поверхневого ушкодження більше його глибини (риска, подряпина), то легко заповнюється пенетрантом і так само легко видаляється з пошкоджень. Такі дефекти, як правило, КМК (капілярний метод контролю) не виявляються.

Капілярна дефектоскопія призначена для виявлення дефектів, що виходять на поверхню контрольованих об'єктів: тріщин, пор, раковин, непроварів, з можливістю проведення 100% контролю поверхні без її руйнування [9].

У проведенні капілярного контролю можна виділити 5 етапів (рисунок 1.19):

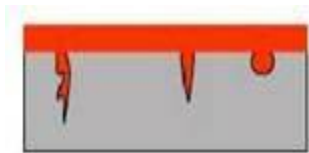
1 - попереднє очищення поверхні.

Щоб барвник міг проникнути в дефекти на поверхні, її попередньо слід очистити водою або органічним очищувачем. Всі забруднюючі речовини (масла, іржа, і т.д.) будь-які покриття (металізація) повинні бути видалені з контрольованої ділянки. Після цього поверхня висушується, щоб усередині дефекту не залишалося води або очищувача.



2 - нанесення пенетранта.

Пенетрант, зазвичай червоного кольору, наноситься на поверхню шляхом розпилення, пензлем або зануренням об'єкта контролю в ванну, для доброго просочення і повного покриття пенетрантом. Як правило, при температурі $+5 \dots +50 \text{ }^\circ\text{C}$, на час $5 \dots 30 \text{ хв.}$ при температурі $-10 \dots +50 \text{ }^\circ\text{C}$



3 - видалення надлишків пенетранта.

Надлишок пенетранта видаляється протиранням серветкою, промиванням водою, або тим же очищувачем, що і на стадії попереднього очищення. При цьому пенетрант повинен бути вилучений тільки з поверхні контролю, але ніяк не з порожнини дефекту. Потім поверхня висушується серветкою без ворсу або струменем повітря.



4 - нанесення проявника.

Після просушування відразу ж на поверхню контролю тонким рівним шаром наноситься проявник (зазвичай білого кольору, для більшого контрасту).



5– контроль. Через 10 хвилин після нанесення проявника, проводиться фіксація і вимірювання всіх індикацій, що проявилися на об'єкті контролю.



Рисунок 3.8 - Схема поетапного проведення капілярного методу контролю.

До виявлення *внутрішніх дефектів* можна віднести такі методи:

Дефектоскопія - комплекс методів і засобів НК (неруйнівний контроль) матеріалів і виробів з метою виявлення дефектів. Дефектоскопія включає: розробку методів і апаратуру (дефектоскоп та ін.) [6-8];

- складання методик контролю,
- обробку свідчень дефектоскопів.

Внаслідок недосконалості технології виготовлення або як результат експлуатації в тяжких умовах у виробках з'являються різноманітні дефекти:

- порушення несучільностей або неоднорідності металу,
- відхилення від заданого хімічного складу або структури.

Дефекти змінюють фізичні властивості металів (щільність, електропровідність, магнітні, пружні властивості металів и др.). В основі існуючих методів дефектоскопії лежить дослідження фізичних властивостей матеріалів при дії на них рентгеновських, інфрачервоних, ультрафіолетових і гамма-променів, радіохвиль, ультрозвукових коливань магнітного і електростатичного полів та ін.

В роботі проводила дослідження заготовок дуплексної марки сталі за допомогою ультразвукової дефектоскопії.

Ультразвукова дефектоскопія - метод, запропонований С. Я. Соколовим в 1928 році і заснований на дослідженні процесу поширення ультразвукових коливань з частотою 0,5 - 25 МГц в контрольованих виробках за допомогою спеціального обладнання - ультразвукового перетворювача і дефектоскопа . Є одним з найпоширеніших методів неруйнівного контролю [8].

Звукові хвилі не змінюють траєкторію руху в однорідному матеріалі. Відображення акустичних хвиль походить від кордону розділу питомими акустичними опорами . Чим більше розрізняються акустичний опір, тим більша частина звукових хвиль відбивається від кордону розділу середовищ. Так як включення в металі зазвичай містять газ (суміш газів) від середовищ з різними властивостями, які виникають внаслідок процесу прокатки. І не встигають вийти назовні при затвердінні металу, суміш газів має на п'ять порядків менше питомий акустичний опір, ніж сам метал, то відображення буде практично повне.

Роздільна здатність акустичного дослідження, тобто здатність виявляти дрібні дефекти окремо один від одного, визначається довжиною звукової хвилі , яка в свою чергу залежить від частоти введення акустичних коливань. Чим більше частота, тим менше довжина хвилі. Ефект виникає через те, що при розмірі перешкоди менше чверті довжини хвилі, відображення коливань практично не відбувається, а домінує їх дифракція . Тому, як правило, частоту ультразвуку прагнуть підвищувати. З іншого боку, при підвищенні ча-

стоти коливань швидко зростає їх згасання, що скорочує можливу область контролю. Практичним компромісом стали частоти в діапазоні від 0,5 до 10 МГц [7].

Збудження і прийом ультразвуку.

Існує кілька методів збудження ультразвукових хвиль в досліджуваному об'єкті. Найбільш поширеним є використання п'єзоелектричного ефекту. В цьому випадку випромінювання ультразвуку проводиться за допомогою перетворювача, який перетворює електричні коливання в акустичні, шляхом зворотного п'єзоелектричного ефекту. Пройшовши через контрольовану середу, ультразвукові коливання потрапляють на приймальню п'єзопластини перетворювача і, внаслідок прямого п'єзоелектричного ефекту знову стають електричними, які і реєструються вимірними ланцюгами. Залежно від конструкції і підключення, п'єзопластини перетворювача можуть виконувати роль лише випромінювача ультразвукових коливань або тільки приймача, або поєднувати в собі обидві функції [6].

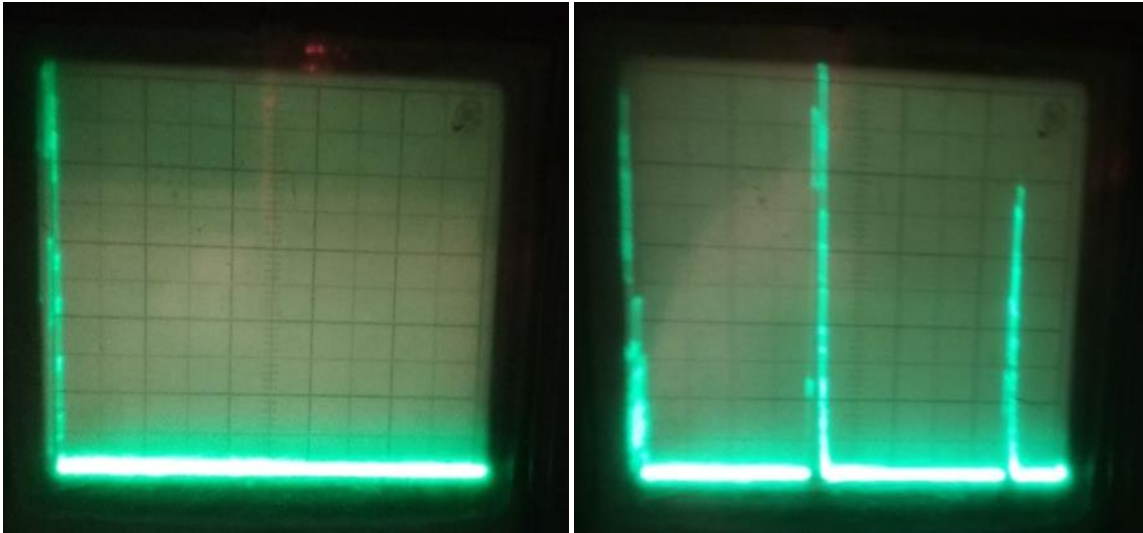
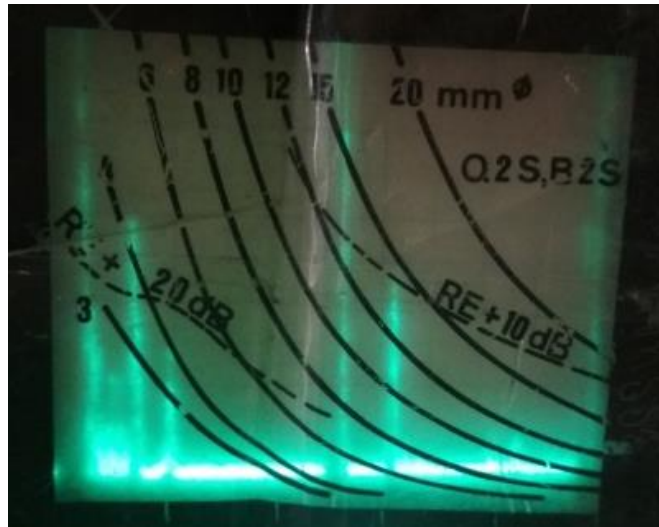
Ультразвукові п'єзоелектричні перетворювачі, що використовуються при ручному контролі: прямий В1S-О, мініатюрний похилий MWB 70-4, похилий WK45-2.

Класифікація методів дослідження.

Існуючі акустичні методи неруйнівного контролю поділяють на дві великі групи - активні і пасивні.

Активні методи контролю мають на увазі під собою випромінювання і прийом акустичних хвиль (рисунок 3.9).

Ехо імпульс.

*а**б**в*

а-зондуючий ехо- сигнал; *б*-доний ехо- сигнал; *в*- дефектний ехо-сигнал

Рисунок 3.9 - Результати досліджень під час проведення ультразвукового контролю.

Ехо -імпульсний метод контролю без дефекту (рисунок 3.9 а, б) і з дефектом (рисунок 3.9 в).

Ехо -метод або ехо -імпульсний метод - найбільш поширений: перетворювач генерує коливання (тобто виступає в ролі генератора) і він же приймає

відбиті від дефектів сигнали (приймач). Даний спосіб набув широкого поширення за рахунок своєї простоти, так як для проведення контролю потрібно тільки один перетворювач, отже при ручному контролі відсутня необхідність в спеціальних пристроях для його фіксації та суміщенні акустичних осей при використанні двох перетворювачів. Крім того, це один з небагатьох методів ультразвукової дефектоскопії, що дозволяє досить точно визначити координати дефекту, такі як глибину залягання і положення в досліджуваному об'єкті (щодо перетворювача) [8].

У стаціонарних дефектоскопах - найбільш універсальних - передбачені самозаписуючий пристрій для реєстрації показань і їх об'єктивної оцінки.

Сутність ехо – імпульсного методу УЗК, який використовується на ПрАТ «ДНПРОСПЕЦСТАЛЬ» (ультразвукового методу контролю).

Ультразвукова дефектоскопія заснована на використанні пружних коливань, головним чином ультразвукового діапазону частот. Порушення цілості або однорідності середовища впливають на поширення пружних хвиль у виробі або на режим коливань виробу. Основний, найбільш універсальний метод, який використовується на підприємстві – ехометод. Чуттєвість ехометоду досить висока: в оптимальних умовах контролю на частоті 2 – 4 МГц можна виявити дефекти, віддзеркалена поверхня яких має площу біля 1 мм². Сутність методу така: у суміщенному або роздільному режимі роботи обладнання імпульс УЗХ (ультразвукових хвиль) посилається в об'єкт контролю (металопродукцію). Якщо на його шляху зустрічається дефект, то імпульс частково відображається від нього та повертається у перетворювач, утворюючи сигнал на прийомі (ехо – сигнал). На підприємстві є ручні УЗ дефектоскопи: УСК – 7С, УСК – 8Б, УСМ – 3С, УСН – 52Р – всі виготовлені фірмою Крауткрамер – Германія; УД2 – 12 НПО «Волна» - Молдова, Кишенів; УД2 – 70, УД4 – 76 – Помприбор, Київ, Україна.

До внутрішніх дефектів можна віднести:

Мікродефекти. До мікродефектів належать порушення у структурі, що їх виявляють оптичними мікроскопами. Деякі з них, наприклад мікропори, мікротріщини, мікропузирі газів або дрібні включення інтерметалідів і карбідів, утворюються внаслідок росту відповідних субмікродефектів. Тривалий нагрів до високих температур спричиняє перегрів металу виникнення крупнокристалічної структури. При вищих температурах можливий перепал металу, що характеризується окисненням, а іноді й частковим оплавленням границь зерен. Особливим видом мікродефектів є залишкові мікронапруження, зосереджені в межах окремих зерен полікристала й зумовлені надлишком дислокацій одного знака. До мікродефектів належать і дендрити, що утворюються внаслідок мікроскопічної ліквідації й призводять при низькотемпературному деформуванні до розшарування через виникнення волокнистої або смугастої структури. Такі структури здебільшого властиві сталям, що містять неметалеві включення. Пленки (тонкі шлакові або окисні плівки) всередині литих металів і непровари виникають під час зварювання плавленням.

Макродефекти. Макродефекти (тріщини, пори, газові пузирі) іноді розвиваються з мікродефектів. Газові пузирі призводять до виникнення дірчастості при усадці в процесі тверднення рідких металів, що супроводиться звичайно утворенням усадкової раковини — воронкоподібної порожнини у верхній частині вилівка. Якщо в сталі є водень, виникають флокени — внутрішні тріщини, заповнені воднем. До макродефектів належать і порушення суцільності зовнішніх частин zdeформованого металу, вм'ятини, риски, подряпини тощо.

3.3 Заходи, щодо реконструкції

Встановлено, що за діючою технологією нагріву і прокату, в процесі приймання сортового прокату на ад'юстежі створювались труднощі при виявленні таких дефектів:

-поверхневі дефекти візуально виявити не було можливим (доводилося застосовувати капеллярний метод - що призводило до збільшення витрат на реактиви та час для виявлення поверхневих дефектів);

-внутрішні дефекти виявити було не можливо із-за крупнозернистої структури прокату.

Аналіз впливу температури посадки зливків у нагрівальний колодязь перед прокаткою дуплексної марки сталі 03X22H5AM3.

При посадці в колодязі контролюють якість зовнішньої поверхні злитків і їх температуру. Нагрівання зливків перед прокаткою повинно забезпечити найменший опір деформації і високу пластичність сталі. Чим вище температура нагріву металу, тим менша витрата енергії при прокатці, більше обтиснення по проходах, вище продуктивність станів. При цьому різко знижується число випадків поломки прокатних валків і інших деталей станів. Особливо важливо забезпечити рівномірний нагрів металу з тим, щоб його температура за перетинах була по можливості однаковою.

Однак надмірно підвищувати температуру нагріву не рекомендується. При температурі нагріву, близькій до температури плавлення сталі, спостерігається швидке зростання зерен, що призводить до зниження пластичності і руйнуванню металу при невеликих деформаціях. При підвищеній температурі нагріву сталі в окислювальній атмосфері спостерігається явище перепалу окислення меж зерен, що також призводить до руйнування металу. Перепал відбувається тим легше, чим вище температура металу і чим більше окислювальний потенціал атмосфери в печі. Особливо схильні до перепалу хромоні-келеві

сталі, що певною мірою пояснюється низькою температурою плавлення міжзернової речовини цього класу сталей. При перепалі відбувається перерозподіл сірки, фосфору, кремнію аустенітом і рідкою фазою, що утворюється на кордонах зерен підплавлена міжзернева речовина. Міжзернева речовина збагачується зазначеними елементами, пластичність його знижується.

Температура нагріву заготовок зі сталі різного хімічного складу різна. Чим вище вміст вуглецю, тим нижче температура нагріву сталі. Температура нагріву сталі з вмістом вуглецю $<0,45\%$ дорівнює 1200°C .

Аналіз технології прокатування за діючою технологією на ад'юстажі стану 1050 для поліпшення якості прокату і подальшого приймання сортового прокату на стану 1050.

Так зливки сталі 03X22H5AM3 передають в прокатний цех із холодним всадом, раніше посадка відбувалась гарячим всадом.

Посадка холодним всадом дає можливість:

- зменшити кількість поверхневих дефектів у сорті (так як зливки перед прокаткою вже пройшли вибірково зачистку дефектів).

- зменшити витрати на паливо і додаткову обрізь (утянутих кінців). Нагрів зливка для прокату сорту відбувається один раз, минаючи етап повторного нагріву проміжної заготовки.

- зменшити витрати на стружку готового сорту, прокатується заготовка на профіль 185, після обдирання 180 (було 190/180).

Нагрів злиwkів сталі особливого призначення роблять в нагрівальних колодязях стану 1050 за наступною технологією:

- посадка в колодязі при температурі не більше 700°C , далі витримка без газу 1 годину,

- рівномірний нагрів до температури 1300°C за 4-5 годин витримка 2-2,5 годин,

- зниження температури до 1250°C , витримка 3-4 години,

- підйом температури до 1280°C , витримка 30 хвилин,

- видача на прокатування.

Далі виконується різання на довжини прутків згідно замовлення та таврування.

Увесь сортовий прокат (незалежно від умов замовлення) охолоджується у ванні з водою не менше 4 хвилин для $\varnothing 140$, не менше 5 хвилин від $\varnothing 140$ до $\varnothing 190$ і не менше 6 хвилин понад $\varnothing 190$.

У разі утворення рванин при плющенні перших зливків зупинити і зробити підігрівання зливків при температурі 1300 на протязі 1 години. Плющення зливків здійснювати з мінімальним поданням води на валках першої кліті стану 1050.

Зважування здійснюється після повного охолодження.

Після охолодження у воді сортовий прокат замовлення якого вимагає термічну обробку поступає на загартування в КПЦ.

Загартування здійснюється в термічних пічах з наступними особливостям,

-температура печі при посадці - не менше 950°C -1000°C,

-підйом температури з максимальною швидкістю до 1080°C,

-далі витримка при температурі 1080°C (знаходження прокату в печі від моменту завантаження до моменту вивантаження повинно бути не більше 3 годин),

-видача металу на загартування повинно робитися з максимальною швидкістю,

-охолодження у воді не менше 25 хвилин.

Після чого готовий прокат поступає на ділянку ад'юстажа стану 1050 (рисунок 3.10).

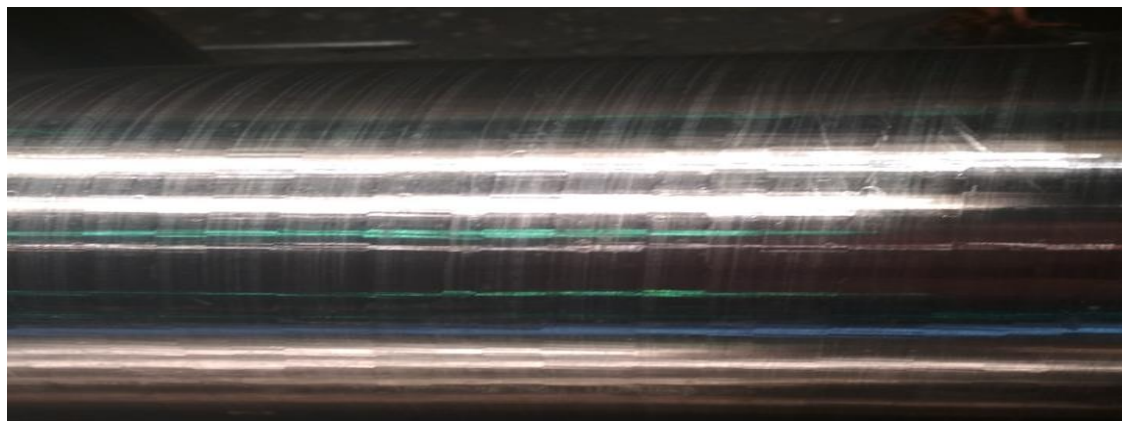


Рисунок 3.10 - Обточенный пруток без дефекту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності [12].

Охорона праці є складова низки фундаментальних прав людини, закріплених в Конституції та Законах України.

Повністю безпечних та нешкідливих умов праці не буває. Виробниче середовище завжди характеризується наявністю певних ризиків для здоров'я людини [13.14].

Завдання охорони праці – звести до мінімуму імовірність травматизму чи захворювання працюючих та створити оптимальні умови для їх праці, що забезпечують найкраще самопочуття та максимальну працездатність людини.

Мета – надати майбутнім фахівцям теоретичні знання та практичні навички, які необхідні для прийняття рішень, спрямованих на покращення умов праці та захист працюючих від впливу шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища[14].

Державна політика в області охорони праці визначається відповідно до Конституції України і направлена на створення належних, безпечних умов праці, відвертання нещасних випадків і професійних захворювань базується на принципах: пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності працедавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці[15].

4.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.

Прокатний цех оснащений різноманітним механічним і електричним підйомно-транспортним устаткуванням, обслуговування якого вимагає чіткого дотримання правил охорони праці й норм виробничої санітарії.

Прокатне виробництво відрізняється від інших металургійних виробництв високою швидкістю технологічних операцій, інтенсивністю вантажопотоків і різноманітністю метеорологічних умов на різних ділянках. Одним з основних ділянок цеху є стан гарячої прокатки, на якому проводять гарячу обробку металу тиском. Стан гарячої прокатки має ділянки: пічна, чорнова і чистова група клітей, хвостова частина. Технологічний процес на стані 1050 механізований і автоматизований, операції з металом здійснюються без особистої участі обслуговуючого персоналу. На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці[16]:

- огорожувальні пристрої, що створюють перешкоду між людиною й небезпечним фактором, що надійно охороняють працюючого незалежно від правильності або неправильності його дій;
- запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів;
- відключення устаткування при порушенні контролюючого параметра (температури, переміщення, величини струму або напруги, зусилля);
- гальмові пристрої для швидкої зупинки частин, що рухаються, машин і устаткування;
- блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані;
- сигналізація перед наступаючою небезпекою (світлова, звукова).

Умови праці характеризуються наявністю таких шкідливих факторів, як запиленість, загазованість, тепловипромінювання й шум. Багато основних та

допоміжних технологічних операцій супроводжуються виділенням значної кількості пилу.

Вміст різних елементів у пилу пропорційно хімічному вмісту сталі. Найбільш високий вміст пилу спостерігається в становому прольоті й на складі готової продукції. При прокаті зливків на стані виділяється пил, що містить окисли заліза. У зв'язку із цим проводиться пиловловлення. Для цих цілей установлені скрубери. Основними джерелами виділення шкідливих газів служать нагрівальні пристрої, прокатні стани й інше технологічне устаткування.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, що випромінюється нагрітими заготівками й устаткуванням стана. Більша інтенсивність теплового випромінювання має місце на робочих місцях біля нагрівальних печей, у прокатного стана, на ділянці ножиців і пил гарячого різання, а також біля штабелів гарячого металу на складах готової продукції.

Виділення тепла на деяких ділянках досягає 411 Вт/м^2 . Інтенсивне інфрачервоне випромінювання, крім прямого впливу на робітників, нагріває навколишні поверхні і предмети, які стають додатковими потужними джерелами тепловиділення. В результаті повітря цеху в теплий період року значно нагрівається до 37°C . У холодний період року тепловиділення, створюючи сильний тепловий напір, сприяє інтенсивному повітрообміну, за рахунок якого повітря робочої зони нерідко значно переохолоджується.

У технологічних процесах цеху основними потенційними небезпеками є ураження електричним струмом, рухомі машини і механізми. Джерелами прихованої небезпеки дії електричного струму служать електроустановки. Робота електротермічного устаткування створює небезпеку теплового ураження персоналу.

Вимоги безпеки під час роботи:

Кожен працівник повинен виконувати тільки ту роботу, яка входить в коло його обов'язків або йому доручена. Робити будь-яку роботу, що не вхо-

дять в коло обов'язків працюючого навіть у порядку допомоги іншим працюючому, без дозволу керівника не допускається. Для уникнення травм при будь-якій спільній роботі належить погоджувати свої дії з діями працюючих поруч.

Забороняється знаходячись в прокатному, ковальському цехах переходити під час прокату через прокатні поля, знаходитися в зоні роботи ковальних молотів, пресів, грузопідйомних кранів і інших небезпечних ділянках. При нагріві злиwkів забороняється дивитися на полум'я і зливки без захисних окулярів.

4.3 Заходи з електро безпеки.

При роботі з електроприладами, не допускається зіткнення з металевими предметами, гарячими, вологими і покритим олією поверхням, а так само при користуванні переносними лампами і різними електроприладами, торкатися одночасно дудь-яких трубопроводів, батарей опалювання, металевих конструкцій сполучених із землею, забороняється. Угвинчувати і вигвинчувати електролампи при необхідності, а також міняти вставки плавких запобіжників може тільки черговий електрик.

Забороняється під напругою очищати від пилу і забруднення освітлювальну арматуру і лампи.

Електронагрівними приладами, трансформаторами і іншими електроприладами допускається користуватися тільки особам, що мають на це право. Не дозволяється при роботах користуватися тимчасовою електропроводкою, електронагрівними приладами не заводського виробництва.

За для уникнення поразок електричним струмом не дозволяється пересувати, переносити електронагрівні прилади, трансформатори і інше, що знаходиться під напругою, робити їх огляд. Всякі, ремонти електроустаткування повинні робитися тільки працівниками електричної служби [19].

4.4 Заходи з пожежної безпеки.

У цехах можливі аварійні ситуації, рішення яких викладене в плані ліквідації аварійної ситуації. З якими кожен працівник ознайомлений і при виникненні аварійної ситуації повинен діяти згідно з планом ліквідації аварійної ситуації.

Усі ділянки цехів мають бути обладнані спеціальними пожежними щитами і засобами первинного пожежогасіння(рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 - Щит пожежний відкритого типу і його комплектація.

На ділянках знаходяться первинні засоби пожежогасіння такі як:

- пісок для гасіння дрібних загорянь кабелів, електропроводки,
- пожежний щит (3 шт.),
- вогнегасники (15 шт. ВВК-3,5),

- пожежний кран (6 шт.)

При займанні олії, промаслених матеріалів, лісоматеріалів і тому подібного, необхідно зробити заходи по локалізації вогнища займання і приступити до гасіння пожежі наявними засобами. При загорянні електропроводки негайно припинити роботу, відключити електро мережу і приступити до гасіння пожежі піском або вуглекислотним, порошковим вогнегасником.

При неможливості гасіння пожежі власними силами необхідно викликати пожежну частину.

Кожен працівник зобов'язаний під час роботи застосовувати засоби індивідуального захисту (респіратори, захисні окуляри, окуляри зі світлофільтром, щитки, бірущі, вібраційні, х/б, гумові, рукавиці, захисна каска), спецодяг повинен відповідати виконуваним роботам (х/б костюм, суконний костюм, черевики) і бути чистою, цілою.

Місце виконання робіт повинне мати відповідне устаткування, бути безпечним [20].

Обезпилювання при зачистці готового прокату.

Зовнішня обробка готового прокату наждачними кругами супроводжується виділенням металевого і абразивного пилу. Для запобігання розповсюдження пилу обдирочні і шліфувальні станки оснащують пило приймачами і пиловловлювачами.

Для вловлювання пилу при обробці поверхонь металу на підвісних наждачних станках застосовують спеціальні столи-приймальники.

Вогнева зачистка металу може здійснюватись в потоці або в спеціальних камерах. Обидва ці способи вимагають обладнання спеціальних стаціонарних відсмоктуючих і обезпилюючих пристроїв.

Заходи з поліпшення умов праці.

Пил має шкідливу дію на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи в легені, пил може викликати специфічні професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз та ін. [16].

Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є механізація виробничих процесів аспірації пилу з місць її утворення, а також зрошування водою при різних робочих операціях, пов'язаних з пилоутворенням. Також необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратора «лепесток», який усуває дію пилу на організм працюючих [16].

Одному з основних заходів по попередженню можливого отруєння оксидом вуглецю (II), сірчистим ангідридом, оксидом марганцю і іншими газами є своєчасне виявлення місць їх виділення або скупчення. Ці місця є газонебезпечними. Перелік таких місць і ділянок складається заздалегідь і затверджується головним інженером заводу. Працівники санітарно-технічних лабораторій і газорятувальні служби щодоби по встановленому графіку контролюють склад повітряного середовища в усіх газонебезпечних місцях. При виявленні виділень або скупчень газу негайно приймають заходи по припиненню допуску в газонебезпечні зони людей і локалізації джерела виділення газу [16]. Основними заходами щодо боротьби з пилом у прокатному виробництві є:

- впровадження раціональних технологічних процесів і вдосконалення устаткування;
- застосування ефективної герметизації всіх пиловиділяючих джерел, зволоження пилу водою або парою;
- пристрій спеціальної пиловловлювальної вентиляції від місць пилоутворення з очищенням повітря перед викидом його в атмосферу через систему фільтрів, регулярне збирання пилу з робочих місць спеціальними пило-сосами, застосування індивідуальних засобів захисту (респіраторів, окулярів, спецодягу й ін.).

Заходами щодо зменшення загазованості є: забезпечення постійного нагляду за дотриманням технологічних інструкцій і інструкцій з техніки безпеки; дотримання затверджених технологічних режимів; проведення регулярних профілактичних оглядів устаткування й газових комунікацій для своєчасного згоряння газу й справності системи видалення продуктів згоряння.

Для поліпшення мікроклімату на робочих місцях передбачена природна і механічна подача повітря душируючими установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах до постійних робочих місць.

Також потрібна витяжна вентиляція за допомогою місцевих відсмоктувань і механічної вентиляції з верхньої зони, і природна загальнообмінна вентиляція з верхньої зони [16].

Для обігріву цеху в зимову пору року уздовж стін на ділянках, де працюють люди, встановлене водяне опалення. Для перемішування повітря встановлені калорифери типу СТД-300. Вони розташовані так, щоб від них струмись примусової подачі повітря сковзав уздовж прольоту.

Для огороження припливу холодного повітря ззовні під час в'їзду й виїзду транспорту над воротами встановлені пристрої для створення завіси з теплого повітря. Всі обігрівальні установки забезпечують температуру повітря в приміщенні в межах 16-20°C.

Вентиляція виробничих приміщень забезпечує потрібні гігієнічні якості повітря. У цеху спостерігається зайве теплове виділення від нагрітого металу.

З метою забезпечення нормального повітрообміну в стінах цеху передбачені три ряди отворів для природної вентиляції: 1 ряд - на рівні 1,5 м від підлоги; 2 ряд - на рівні 4,5 м від підлоги.

У прокатному цеху застосовується природне й штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в бічних стінах і ліхтарі.

У випадку виходу з ладу робочого освітлення використовують аварійне, яке забезпечує можливість продовження роботи або евакуації персоналу.

У прокатному цеху установка аварійного освітлення обов'язкова на пості керування прокатним станом; пунктах керування системами водопостачання, вентиляції й каналізації, у машинному залі й диспетчерському пункті.

Найменша освітленість робочих поверхонь, потребує обслуговування при аварійних режимах, становить 5 % освітленості, нормованої дня загального робочого освітлення, але не менш 2 лк. Аварійне освітлення для евакуації персоналу, проходів і сходів не менш 0,5 лк.

Окремі ручні операції в прокатних цехах сполучені зі шкідливим впливом вібрації на організм людини. Особливо небезпечними є ручна вирубка пороків на поверхні металу пневматичними зубилами, наждакове зачищення поверхні, ручне таврування металу за допомогою пневмоінструменту. Нормами визначена маса віброуючого устаткування й сила натиску на нього працюючого.

Маса віброуючого устаткування і його частин, що утримується руками в різних положеннях у процесі роботи, не повинна перевищувати 10 кг. Сила натиску працюючого на віброуюче устаткування і його частини не повинна перевищувати 20 кгс.

Всі робітники, зайняті на роботах з віброуючим устаткуванням, повинні проходити один раз у рік медичний огляд. Санітарними нормами й правилами заборонений допуск до роботи з вібрацією осіб молодше 18 років і жінок у період вагітності.

Надмірний шум негативно позначається на продуктивності праці. Тривала дія шуму може привести до зниження слуху, а іноді до глухоти. Шум негативно впливає на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Для захисту виробничого персоналу від шуму устаткування його повністю закривають герметично звукоізолюючим кожухом, який виготовляють зазвичай із сталевих листів товщиною 2-3 мм, а внутрішні поверхні облицьовували звукопоглинальними матеріалами. Якщо це не зробити, то за рахунок хорошої відбивної здатності сталевих листів рівень шуму усередині кожуха різко підвищиться і його фактична звукоізоляція виявиться зменшеною на 18-20 дБА. Звукоізолюючий кожух встановлюють на пружних прокладеннях, а машину ретельно віброізолюють від фундаменту, не допускаючи жорстких контактів між машиною і кожухом. Отвори для циркуляції повітря і

проходу комунікацій забезпечуються глушниками шуму або герметизуються сальниками.

Для захисту від шумових навантажень на організм людини застосовуються спеціальні вставки у вуха «беруши» і противошумові навушники.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, випромінюваного нагрітими заготівлями й устаткуванням стана. Більша інтенсивність теплового випромінювання має місце на робочих місцях у нагрівальних печей, у прокатного стана, на ділянці ножиців і пив гарячого різання, а так само в штабелів гарячого металу на складах готової продукції.

Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом що утримує в крові воду. Вимивання з'єднань хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань [18].

Для зниження шкідливої дії тепла на організм людини стінки і колони мають бути теплоізольовані, а над печами мають бути влаштовані зонти з витяжними трубами. З боків електропечей для захисту від променистого тепла мають бути влаштовані екрани у вигляді щитів з металевих листів і азбесту або сіток, безперервно зрошуваних водою. Також використовують спеціальний одяг для запобігання працюючих у гарячому цеху від впливу теплового випромінювання й опіків.

4.5 Розрахунок з виробничої санітарії.

Освітлення.

Нормативне освітлення сприяє зниженню напруження людини в процесі роботи, а разом з цим і втомленості, зменшує брак і виробничий травматизм. Недостатнє освітлення ускладнює роботу, примушує людину перенапружувати зір, викликає втому центральної нервової системи, знижує працездатність.

Найкращим є природне освітлення. Як встановили фізіологи, продуктивність праці робітників при природному освітленні вище на 10 - 15%, ніж при штучному. Це потрібно враховувати при плануванні режимів праці та відпочинку. Освітлення регулюється санітарними нормами залежно від виду робіт і вимірюється в люксах (лк) (таблиця 3.1)[18]. Люкс дорівнює освітленню, яке створюється світловим потоком в один люмен (лм), рівномірно розподіленим на площі в 1 м².

Таблиця 4.1 - Норми освітлення штучним світлом на робочих поверхнях для виробничих приміщень.

Характеристика Зорової роботи	Розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк	
			Комбіноване освітлення	Загальне освітлення
Найвищої точності	менше 0,15	I	2500	750
Дуже високої точності	0,15 - 0,3	II	2000	500
Високої точності	0,3 - 0,5	III	750	300
Середньої точності	0,5 - 1	IV	400	200
Малої точності	1 - 5	V	-	150
Груба (дуже малої точності)	менше 5	VI	-	150
Робота з матеріалами, які світяться, та з виробами в гарячих цехах	менше 0,5	VII	-	200
Загальне постійне спостереження за ходом виробничого процесу	-	VIII a	-	75
Періодичне спостереження за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей у приміщенні	-	VIII б	-	50
Те ж саме при періодичному перебуванні людей у приміщенні	-	VIII в	-	30

Розрахунок штучного освітлення

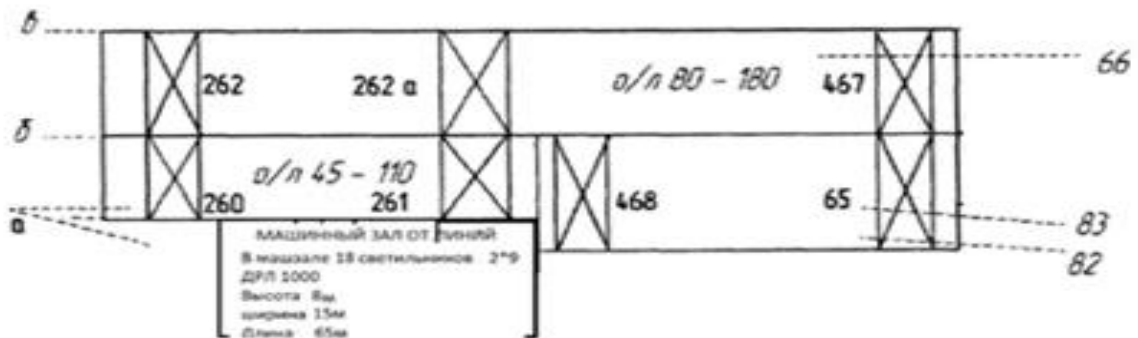


Рисунок 4.2 - Схема розрахунку штучного освітлення

Вихідні данні:

Розміри приміщення, $A \times B = 90 \times 50$ м

Висота установки світильників над робочою поверхнею $h = 8$ м

Нормативна освітленість $E = 400$ лк

Лампа ДРЛ 1000

Кількість світильників $N = 36$

Кількість ламп у світильнику $= 1$

Коефіцієнти відбиття відповідно для стелі, стін і робочої поверхні:

$$\rho_c = 70\%; \rho_{ст} = 50\%; \rho_p = 10\%.$$

Необхідно визначити тип газорозрядних ламп – ДРЛ- це електротехнічний пристрій, що відноситься до групи світлотехнічних приладів, які служать для штучного освітлення. Такі прилади працюють за принципом газового розряду в парах ртуті, поміщених в замкнуту колбу. Джерела світла даного типу відносяться до категорії ртутних газорозрядних ламп.

Визначимо необхідну кількість світильників.

Розрахунок ведемо методом коефіцієнта використання.

З таблиці знаходимо світловий потік лампи ДРЛ 1000 - 59000 лм:

$$\Phi = 59000$$

2. Коефіцієнт нерівномірності для люмінесцентних ламп :

$$z = 1,15$$

3. Коефіцієнт запасу для приміщень з повітряним середовищем, що містить менш 1 мг/м³ пилу.

$$k = 1,5$$

4. Площа, що освітлюється, м²

$$S = AB = 90 \cdot 50 = 4500 \text{ м}^2$$

5. Індекс приміщення:

$$i = AB/h(A + B) = 90 \cdot 50 / 8(90 + 50) = 1,25$$

6. Знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку для знайдених значень коефіцієнтів відбиття і індексу приміщення для світильника 1 групи з додатку

$$\eta = 0,52$$

7. Необхідна кількість світильників:

$$N = EkSz/\Phi\eta = 400 \cdot 1,15 \cdot 4500 \cdot 1,5/59000 \cdot 0,52 = 101,2$$

Приймаємо $N = 101$ шт.

Відповідь: для відповідного освітлення ділянки площею 4500м^2 (рис. 3.3 - Ділянка ад'юстажу о/л 80-180, візуалізація освітлення) потрібен 101 світильник.

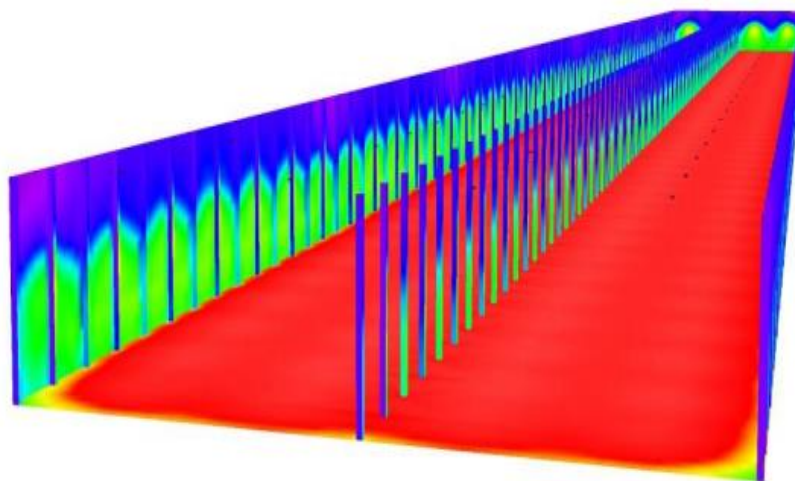


Рисунок 4.3 Ділянка ад'юстажу о/л 80-180, візуалізація освітлення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.

1. Проведено аналіз літературних даних за властивостями та структурою нержавіючих дуплексних марок сталей. Визначено загальні переваги та недоліки даних видів сталей.

2. Проведено розрахунок енергосилових параметрів, режиму деформації зливка 3,7т зі сталі спеціального призначення максимальне зусилля прокатки дорівнює 10МН та потужність не перевищує 6600 кВт у 9-10 проходах.

3. Проведено розрахунок валка на міцність та побудована епюра згинальних моментів. Результат розрахунку показав, що за даних умов навантаження прокатки запас міцності шийки опорного валка дорівнює 8,1, напруга кручення шийки валка 36 МПа що не перевищує допустимих значень.

4. Проведено аналіз поверхневих та внутрішніх дефектів до них можна віднести: розкатані забруднення, тріщини, деформаційні рванини, закати, несплошності.

5. Досліджено загальні види НК. Проведено контроль якості поверхневих та внутрішніх дефектів на зразках зі сталі особливого призначення 03X22H5AM3, за допомогою ехо –імпульсного методу та КМК на ПраТ «Дніпроспецталь».

6. Проведено аналіз впливу температури посадки злиwkів у нагрівальний колодязь перед сортовим прокатуванням.

7. Проведено аналіз технології прокатування за діючою технологією на стані 1050, для поліпшення якості прокату і подальшого приймання сортового прокату на ад'юстажі стана 1050.

В роботі пропонується зміна технології прокатування, для поліпшення якості прокату, а саме: прокатувати зливки з холодного всаду, після вибіркової зачистки. Що надасть нам можливість: скоротити кількість поверхневих дефектів у сорті (так як зливки перед прокаткою вже пройшли вибіркoву зачистку

дефектів), виключити додаткову обрізь, скоротити витрати на паливо для нагріву(нагрів зливка для прокату сорту відбувається один раз, минаючи етап повторного нагріву проміжної заготовки), скоротити кількість витрат на стружку за рахунок прокату прутків Ø185, з обдиранням Ø180 (раніше було Ø190/180).

8. Вдосконалення технології прокатування дасть можливість зменшити кількість і даже наявність поверхневих дефектів, а подальша терміч-на обробка (загартування) дасть можливість уникнути наявність крупнозернистої структури.

9. Проведено аналіз небезпечних місць на виробництві та розглянуті розділи з техногенної безпеки: вимоги безпеки під час роботи, обезпилювання при зачистці готового прокату, заходи з електробезпеки та пожежної безпеки. Зроблено розрахунок штучного освітлення ділянки ад'юстажа стана 1050, яке згідно розрахунку потребує реконструкції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Д: Східний видавничий дім, 2004—2013.
2. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов-М.: Машиностроение, 1989-640с.
3. Нікіль та сплави на його основі : Навч. посіб. / В.З.Куцова, Н.Е.Погребна, Т.С.Хохлова та ін. ; Учбово-наук. комплекс «Нац. металург. акад. України – Держ. ін-т підготов. та перепідготов. кадрів пром-сті». — Д. Пороги, 2004. — 135 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 134-135. - ISBN 9665254871
4. Молибден // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
5. Чижевский Н.П. Железо и азот. Томск. -1914
6. Шрайбер Д. С. Ультразвуковая дефектоскопия //М.: Металлургия. — 1965. — Т. 392. — С. 29.
7. Выборнов Б. И. Ультразвуковая дефектоскопия — М.: Металлургия, 1985.
8. Щербинский В. Г., Паврос С. К., Гурвич А. К. Ультразвуковая дефектоскопия: вчера, сегодня, завтра //В мире неразрушающего контроля. — 2002. — №. 4. — С. 18.
9. Елифанцев Б. Н., Гусев Е. А., Матвеев В. И., Соснин Ф. Р. Неразрушающий контроль. Книга 4. Контроль излучениями. Под. ред. Сухорукова В. В. — М.: Высшая школа, 1992. (рос.)
10. Ермолов И. Н., Остапин Ю. Я. «Методы и средства неразрушающего контроля качества». М.: Высшая школа, 1988. — 368 с.

11. Стороженко В. К., Вавилов В. П. и др. «Неразрушающий контроль качества промышленной продукции активным тепловым методом». Киев. Техніка, 1988.
12. Целиков А.И., Ленков А.В. Теория прокатки. Справочник. М., “Металлургия”, 1962 г., 324 с.
13. Закон України "Про охорону праці" в редакції від 21 листопада 2002р.
14. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".
15. Законодавство України про охорону праці (збірник нормативних документів. У 4 т. - К.: Держнагляд охорони праці; Основа, 1995.
16. Кодекс законів про працю України. - К.Юрінком Інтер, 1998.-1040с.
17. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу Охорона праці. -1998. - № 6.
18. Лапін В.М. Основи охорони праці // Лапін В.М. – Львів: ЛБІ НБУ, 2002. –142 с.
19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / Жидецький В.Ц. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
20. Трахтенберг А.М. Гигиена труда и производственная санитария // Трахтенберг А.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. – К.: Киев, 1997. – 462 с.
21. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: [учеб. пособие для вузов] / Долин П.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
22. Рожков А.П. Пожарная безопасность на производстве / Рожков А.П. – К.-Охрана труда, 1997. – 448