

Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет  
(повне найменування інституту, факультету)

Обробка металів тиском  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

(ступінь вищої освіти)

на тему Вдосконалення технології прокатування  
спеціальних марок сталей в умовах  
сталу 325 ДАН «Дніпросталь»

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи МЗ-819 М

Спеціальності 131-Трикогни механіка  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Владнання та технології  
масштабного формування конструкцій машинобудування»  
(прізвище та ініціали)

Керівник А.Р. Мамюхін  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

2020

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет МУМФ  
 Кафедра Обробка металів тиском  
 Ступінь вищої освіти магістр  
 Спеціальність 131 - "Застосування механіки"  
(код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Обладнання та технології пластичного  
(назва освітньої програми (спеціалізації))  
формування конструкцій машин будівництва

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Дігорузов Данило Валерійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення технології прокатування спеціальних марок сталей в умовах ДАТ «Дніпросталь»

керівник проекту (роботи) Матюхін А.Ю. доц. канд. техн. наук,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18.12.2020

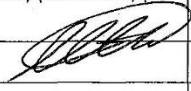
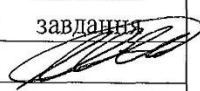

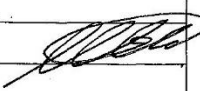


3. Вихідні дані до проекту (роботи) Звіт з преддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз існуючого технологічного процесу прокатування спеціальних марок сталей. 2. Технологічна застиска. 3. Конструкторська застиска. 4. Нагрівальні печі. 5. Травильні та мийні агрегати. 6. Механізація та автоматизація технологічних процесів. 7. Охорона праці

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

Презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

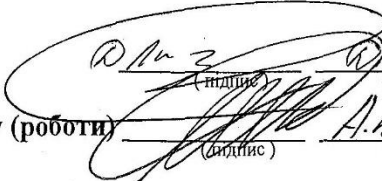
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	Матюхін А. Ю доц. каф. ОМТ		
7	Нестеров Р. В. зав. каф. ОМТ		
Нормоконтроль	Матюхін А. Ю доц. каф. ОМТ		

7. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2020 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз існуючого технологічного прокатування спеціальних марок сталей	7.09.2020 - 25.09.2020	
2.	Технологічна записка	28.09.2020 - 30.10.2020	
3.	Конструкторська записка	15.10.2020 - 30.10.2020	
4.	Нагрівальні печі	02.11.2020 - 12.11.2020	
5.	Травильні та мийні агрегати	13.11.2020 - 23.11.2020	
6.	Механізація та автоматизація технологічних процесів.	24.11.2020 - 08.12.2020	
7.	Охорона праці	09.12.2020 - 18.12.2020	

Студент(ка)

  
(підпис)

Р. В. Нестеров  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

А. Ю. Матюхін  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 107 стор., 7 мал., 6 табл., 29 джерела.

Об'єкт дослідження – ділянка стана 325 прокатного цеху металургійного заводу.

Мета роботи – вдосконалення технології прокатування круглого профілю 34 мм із підшипникової сталі ШХ15СГ в умовах стану 325 заводу ДСС з високою якістю поверхні готового прокату. Визначити можливість використання на заводі даних режимів деформації при заданих початкових і кінцевих розмірів розкату в реальних умовах при прокатуванні на стані 325.

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків у прокатному виробництві.

Отримані результати – поведені розрахунки стану 325. Розроблений новий вдосконалений технологічний процес прокатування та режим обтискування.

Рекомендації із впровадження – результати дипломного проекту планується застосувати на ПрАТ «Дніпроспецсталь».

ГАРЯЧЕ ПРОКАТУВАННЯ, ПЛАСТИЧНІСТЬ, ДЕФОРМАЦІЯ, СТАН, КЛІТЬ, ОБТИСКУВАННЯ, ВАЛКИ, СОРТ, ТЕМПЕРАТУРА, РЕЖИМ, РОЗКАТ, НАГРІВ, ПАРАМЕТР, ПОТУЖНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, МОМЕНТ, ВАЛ, ДВИГУН, КУТ ЗАХВАТА, КАЛІБР, ОКАЛИНА, ОКАЛИНОЛОМАЧ, ГІДРОСБИВ, ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ ГОТОВОГО ПРОКАТУ, ДЕФЕКТ.

## ABSTRACT

EN: 106 pages, 7 figures, 6 tables, 29 sources.

The object of research is the section of the mill 325 of the rolling shop of the metallurgical plant.

The purpose of the work is to improve the technology of rolling a round profile of 34 mm of bearing steel «IIIХ15СГ» in the conditions of condition 325 of the DSS plant with a high quality surface of the finished product. Determine the possibility of using at the factory these modes of deformation at a given initial and final dimensions of the roll in real conditions when rolling on the mill 325.

Calculation method - standard calculation methods in rolling production. The obtained results are calculated calculations of the state 325. A new improved technological process of rolling and crimping mode is developed.

Recommendations for implementation - the results of the diploma project are planned to be applied at PJSC "Dniprospetsstal".

HOT ROLLING, PLASTICITY, DEFORMATION, STATE, CRATES, ROLLS, VARIETY, TEMPERATURE, MODE, ROLLS, HEATING, PARAMETERS, POWER, PRODUCTIVITY, MOMENTS SHAFT, ENGINE, ANGLE CLAMPS, PLUGS, SCALE, SURFACE QUALITY READY PROAT.

## Зміст

Вступ	4
1. Аналіз існуючого технологічного процесу прокатування спеціальних марок сталі	7
1.1 Опис стану 325	8
1.2 Основне обладнання стану	9
1.3 Допоміжне обладнання стану	12
1.4 Технологічний процес виготовлення прока	18
1.5 Дефекти, що виникають при виробництві прокату (відповідно до ГОСТ 21014-88)	22
2. Технологічна частина	44
2.1 Обґрунтування запропонованого технологічного процесу виробництва круга 34 мм з сталі ШХ15СГ	45
2.2 Визначення деформаційних параметрів прокатування	45
2.3 Розрахунок кінематичних параметрів прокатування	60
2.4 Розрахунок енергосилових параметрів прокатування	65
3. Конструкторська частина	69
3.1 Розрахунок валків на міцність	69
3.2 Розрахунок натискного пристрою	72
3.3 Розрахунок на міцність станини прокатного стану	77
4. Нагрівальні печі	86
5. Травильні та миючі агрегати	88
6. Механізація та автоматизація технологічних процесів	90
7. Охорона праці	92
8. Висновки	103
9. Перелік джерел посилання	104

## Вступ

Розвиток промисловості країни в значній мірі визначається зростанням обсягу виробництва металів, розширенням асортименту виробів з металів і сплавів та підвищенням їх якісних показників, що значною мірою залежить від умов пластичної обробки. Знання закономірностей обробки металів тиском допомагає вибрати найбільш оптимальні режими технологічних процесів, необхідне основне і допоміжне обладнання і технічно грамотно його експлуатувати. Метали разом із здатністю деформуватися володіють також високими міцністю і в'язкістю, хорошими тепло- і електропровідністю. При сплаві металів в залежності від властивостей складових компонентів створюються матеріали з високою жаростійкістю і кислотоупорністю, магнітними та іншими корисними властивостями.

Використання металів людиною почалося в далекій давнині (більше п'яти тисячоліть до н. е.). Спочатку знаходили застосування кольорові метали (мідь, сплави міді, золото, срібло, олово, свинець і ін.). Пізніше почали застосовувати чорні - залізо і сплави на його основі. Металургійне виробництво підрозділяється на дві основні стадії. У першій, отримують метал заданого хімічного складу з вихідних матеріалів. У другій стадії, металу в пластичному стані надають ту чи іншу необхідну форму при практично незмінному хімічному складі оброблюваного матеріалу.

Здатність металів приймати значну пластичну деформацію в гарячому і холодному стані широко використовується в техніці. При цьому зміна форми тіла здійснюється переважно за допомогою тиску на метал інструментом. Тому отримання виробів таким способом називають обробкою металів тиском або пластичною обробкою. Обробка металів тиском являє собою важливий технологічний процес металургійного виробництва. При цьому забезпечується не тільки надання зливку або заготовки необхідної форми і розмірів, але разом з іншими видами обробки істотно поліпшуються механічні та інші властивості

металів. Прокатка, волочіння, пресування, кування, штампування є різні види обробки металів тиском в пластичному стані. Серед різних методів пластичної обробки прокатка займає особливе положення, оскільки таким способом виробляють вироби, придатні для безпосереднього (в стані поставки) використанні в будівництві та машинобудуванні (шпунт, рейки, профілі сільськогосподарського машинобудування та ін.). Прокаткою отримують також різноманітні види заготовок, які є вихідним матеріалом для інших способів обробки. Так, гарячекатана і холоднокатана листова сталь, смуги і стрічки у великих кількостях йдуть для листового штампування. При куванні в штампах в якості вихідного продукту використовують переважно катану заготовку. Вихідним матеріалом під час волочіння є катанка, одержувана на дровових станах. Величезне значення прокатного виробництва в народному господарстві підтверджується щорічним збільшенням випуску прокату. Через валки прокатних станів проходить 75÷80% всього виплавленого металу. Розвиток прокатного виробництва ґрунтується на застосуванні принципу безперервності самого процесу і всіх технологічних операцій (прокатка, термічна обробка, обробка, тощо). В даному випадку велику роль відіграє впровадження досягнень обчислювальної техніки та автоматизації.

Поряд з безперервним зростанням прокатного виробництва розширюється асортимент, збільшується випуск ефективних металовиробів, таких, як холоднокатаний лист, гнуті профілі, прокат з зміцнюючої термічної обробкою, високоміцні труби, в тому числі з захисними покриттями, розширюється випуск мідної катанки, алюмінієвої стрічки, фольги, тощо. Широкий розвиток одержує комплекс заходів щодо поліпшення споживчих властивостей прокату: міцності, пластичності, жаростійкості і морозостійкості, надійності і довговічності, тощо, шляхом легування, термічної обробки, лудіння, оцинкування, нанесення неорганічних і органічних покриттів, тощо. Висока продуктивність процесів обробки металів тиском, порівняно низька їх енергоємність, а також незначні втрати металу при виробництві виробів вигідно відрізняють їх у порівнянні, наприклад, з обробкою металу різанням, коли необхідну форму виробу отримують видаленням значної частини заготовки в стружку. Істотною перевагою пластичної

обробки є значне поліпшення властивостей металу в процесі деформування. Динамічне і пропорційне зростання чорної і кольорової металургії, виробництво виробів з металів і сплавів пластичної обробкою ґрунтуються на подальшому розвитку теорії обробки металів тиском, що є науковою базою розробки технологічних операцій отримання виробів з металів і сплавів. Теорія пластичної обробки металів дозволяє оцінити економічну доцільність прийнятого способу деформації, виявити вплив умов обробки на властивості одержуваних виробів, визначити силові і енергетичні параметри процесу і вказати шляхи їх раціональної зміни, дає можливість управляти процесом обробки з точки зору поліпшення здатності металів пластично деформуватися.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРОКАТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МАРОК СТАЛЕЙ

У прокатному цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь» встановлено чотири прокатні стани: обтискні - заготівки «1050», великосортний стан «550» і два дрібносортних стану «325» і «280». Обтискному-заготівки «1050» складається з двох лінійно розташованих клітей - обтискний і заготовочной. Сортамент стану - заготовки квадратного перетину 98-350 мм, електроди для ЕШП - квадратного перетину 240 мм, кругла заготовка діаметром 130-300 мм з вуглецевих, легованих і високолегованих сталей спеціального призначення, які потребують особливого режиму нагріву, прокатки і додаткової обробки готової продукції та заготівлі. Стан катає злитки, передані в прокатний цех, як гарячим, так і холодним всадом. Великосортний стан «550» складається з чотирьох клітей, розташованих в одну лінію, перша кліть - обтискна, друга і третя - чорнові, четверта кліть - чистове.

На стані виробляють прокатку якісних і високоякісних марок сталей в сортаменті:

- а) круглих профілів діаметром від 44 до 130 мм;
- б) квадратних профілів зі стороною квадрата від 45 до 100 мм;
- в) спеціальних профілів: гальмівна шина.

Дрібносортний стан «325» складається з двох робочих ліній і призначений для виробництва прокату вуглецевих, легованих і високолегованих сталей і сплавів з особливими властивостями. На стані виробляють прокатку наступного сортаменту:

- а) круглих профілів діаметром від 21 до 42 мм;
- б) квадратних профілів зі сторонами квадрата від 19 до 35 мм;
- в) шестикутника - 21, 23, 25, 28, 31, 33, 35, 37 мм;
- г) смуг:
  - прямокутного перерізу висотою 6 - 20 мм і шириною 25 - 50 мм;

- ресорних трапецієподібних перетином 6,0×45 мм, 6,5×45 мм, 7×65 мм.

д) куточка 40×40×5 мм;

е) арматурної сталі періодичного профілю Ø № 20 + 32 мм.

Дрібносортний стан «280» складається з трьох робочих ліній, призначений для виробництва прокату вуглецевих, легованих сталей і сплавів з особливими властивостями. На стані проводиться прокатка в сортаменті:

а) круглих профілів діаметром від 6,5 до 22 мм;

б) квадратних профілів від 8 до 18 мм;

в) шестигранних профілів 16 до 19 мм;

г) смужки 4×20 мм;

д) арматурна сталь періодичного профілю Ø № 10:18 мм;

е) трапецієподібного профілю перетином 8,5×9,9 мм і довжиною до 11,7 м.

### 1.1 Опис стану 325

Основне і допоміжне обладнання стану розташовано в п'яти прольотах цеху:

- склад заготовки;

- пічний проліт;

- становий проліт;

- склад готової продукції;

- машинний зал.

Склад заготовок стану 325 є частиною загального складу заготовок сортових станів і примикає до завантажувальних шлепперів нагрівальних печей. Для нагріву заготовок встановлені дві методичні нагрівальні печі, з яких одна - постійно діюча, інша-резерв. Стан 325 складається з двох робочих ліній і призначений для виробництва прокату вуглецевих, легованих і високолегованих сталей і сплавів з особливими властивостями. Обтискна лінія складається з приводу, шестеренної

кліті і трехвалковою робочою кліті закритого типу, під чистове лінія складається з приводу, шестеренної кліті і п'яти робочих клітей з прорізами для 4 - х валків, що працюють як двохвалкові. Відстань між осями робочих ліній стану 28 м. Для охолодження прокату перед порізкою на стані є рейковий холодильник с прийомним і відводить рольгангами. Довжина холодильника - 60 м, ширина - 5 м. За холодильником встановлені ножиці з рухомим упором для порізки розкатів на замовлені довжини, відвідний рольганг і пристрій для скидання готової продукції в збірний кишеню. Склад готової продукції обладнаний звареними секціями (бугелями); при прокаті великих партій трещіночувствительних сталей використовують колодязі уповільненого охолодження.

## 1.2. Основне обладнання стану

До основного обладнання стану належить: обтискна лінія і чистове лінія стану з підйомно - хитними столами. Обтискна лінія стану складається з приводу, однієї робочої кліті і підйомно - хитається столу має наступні характеристики:

- 1.привід - електродвигун потужністю  $N = 736$  кВт,  $n = 75 - 150$  об/мин;
2. шестернева кліть - тривалкових на підшипниках ковзання:
  - міжосьова відстань валків - 442 мм;
  - швидкість обертання валків -  $135 \div 140$  об / хв;
  - лінійна швидкість прокатки - 2,94 м / сек;
  - валки - шевронні, зі сталі 50;
3. тип робочої кліті – тривалкових;
  - станини - чавунні, відкритого типу;
  - матеріал робочих валків - литі (чавунні, хромонікелеві), ковані (сталь 55х);
  - лінійні розміри валів наведені в таблиці 1.1
  - підшипник робочих валків - текстолітові, водоохолоджувані;
  - урівноваження верхнього валка - пружинне на підвісній тязі;

- середній валок у вертикальній площині нерухомий, верхній і нижній валки мають натискні пристрої;
- натискний пристрій нижнього валка - клиновий, з ручним приводом;
- натискний пристрій верхнього валка - гвинтовий, з приводом через черв'ячний редуктор і гвинтову пару, є на кожній станині.

Таблиця 1.1 - Параметри валків обтискної кліті «500» стану

Бочка		Шейка		Трефлопосний		Загал. довж., мм	Вага кг
Діам., Мм	Довж., мм	діам.,мм	Довж., Мм	шир.,мм	Довж,мм	2380	2370
435–465	1450	280	285	250	180		

Підйомно - хитний стіл призначений для передачі розкату з нижньої пари валків в верхню, переміщення прокату від калібру до калібру, задання його у валки:

- місце установки - задня сторона кліті;
- довжина столу - 5570 мм;
- ширина робочої частини - 1450 мм;
- кількість роликів - 6 шт;
- тип роликів - з індивідуальним приводом;
- діаметр роликів - 335 мм;
- довжина бочки роликів - 1450 мм;
- крок роликів (починаючи від кліті) - 800, 800, 800, 1000, 1400 мм;
- привід механізму підйому столу - електродвигун потужністю  $N = 25$  кВт,  $n = 740$  об / хв;
- максимальний кут нахилу столу -  $6^\circ 45'$ .

Чистова лінія стану складається з приводу і п'яти робочих клітей, підйомно - хитного столу і має наступні характеристики:

1) привід робочих валків - електродвигун потужністю  $N = 1250$  кВт,  
 $n = 200 - 400$  об / хв;

2) шестеренна кліть – чотиривалкова:

- міжосьова відстань валків - 312 мм;
- швидкість обертання валків -  $220 \div 240$  об / хв;
- лінійна швидкість прокатки -  $3,4 \div 3,8$  м / сек;
- валки - шевронні, зі сталі 50;

3) тип робочих клітей - чотиривалкова - допель - «ДУО», при роботі використовуються, як змінні «ДУО»:

- станина - закритого типу, зі сталі Л35 - 5015;
- матеріал робочих валків - чавунні, хромонікелеві, з вибіленим шаром глибиною 10 - 15 мм, ковані (сталь 55х);
- лінійні розміри валів наведені в таблиці 1.2;
- охолодження робочих валків - водяне;
- урівноваження верхніх валків - пружинне;
- натискний пристрій клітей - гвинтовий з ручним приводом;
- з'єднання між клітями і шестеренною кліттю - універсальні шпинделя;
- підшипники робочих валків - роликові, дворядні, сферичні, конструкції ЦКБ, закладаються в подушки робочих валків. Змащуються машинним маслом під тиском.

4) Підйомна - хитний стіл перед 5-й кліттю призначений для завдання прокату в верхню робочу пару валків 5-й кліті:

- кількість роликів - 9 шт;
- крок роликів - 1000 мм;
- довжина столу - 8000 мм;
- діаметр роликів - 170 мм;
- довжина бочки роликів - 1000 мм;
- окружна швидкість роликів - 3,5 м / сек;

- механізм підйому столу - ексцентриковий.

Таблиця 1.2 - Параметри валків чистової лінії стану

№ клітей	Бочка		Шейка		Треф. лопастной			Загал. Довж., мм	Вага, кг
	діам., мм	Довж., мм	діам., мм	Довж., мм	тов., мм	Шир., мм	Довж., мм		
1	328-302	1050	180/168	292	100	165	248	2130	880
2-5	333-302	900	180/168	292	100	165	248	1980	710

### 1.3 Допоміжне обладнання стану

До допоміжного обладнання стану відносяться: станові рольганги, канатні шлепера, холодильник, ножиці.

1) Підвідний рольганг до печі призначений для транспортування заготовок до штовхача печі має наступні характеристики:

- тип - 4-х секційний, з груповим приводом секцій;
- число роликів в секції - 9 шт. ;
- крок роликів - 850 мм;
- загальна довжина рольганга - 29750 мм;
- діаметр роликів 1-ї секції - 400 мм;
- діаметр роликів 2,3,4-й секцій - 300 мм;
- довжина бочки роликів - 1200 мм;
- привід роликів кожної секції - електродвигун N = 16 кВт,  
n = 730 об / хв;

-окружні швидкість роликів - 2,2 м / сек.

2) Штовхач печі призначений для прошовхування заготовки уздовж печі, має наступні характеристики:

- тип - однорядний, гвинтовий;
- зусилля штовхача - 30 тн;
- максимальний хід - 3000 мм;
- швидкість штовхання - 0,059 м / сек;
- відстань між осями напрямних штанг - 1000 мм;
- гвинт з двухзаходной наполегливої різьбленням, кроком - 16 мм;
- діаметр гвинта - 180 мм;
- привід - електродвигун  $N = 60$  кВт,  $n = 580$  об / хв;

3) Підвідний рольганг до обтискної кліті призначений для транспортування нагрітої заготовки до стану і має наступні характеристики:

- число роликів - 24 шт (18 - приводних, 6 - неодружених);
- крок роликів - 830 мм;
- загальна довжина - 18400 мм;
- діаметр роликів - 265 мм;
- довжина бочки - 700 мм;
- привід роликів - індивідуальний від двигуна  $N = 6,5$  кВт,  $n = 480$  об / хв;
- окружна швидкість рольганга - 2,2 м / сек.

4) Подовжувач рольгангу перед обтискною кліттю призначений для подовження прокатного поля перед обтискною кліттю, паралельний підвідному рольгангу і має наступні характеристики:

- число роликів - 8 шт;
- крок роликів змінний - 2400, 1600, 800 мм;
- загальна довжина - 11200 мм;
- діаметр роликів - 255 мм;
- довжина бочки - 700 мм

5) Робочий рольганг перед обтискною кліттю призначений для забезпечення прокати розкатів в обтискній кліті стану і має наступні характеристики:

- кількість роликів - 8 шт;
- крок роликів - 800 мм;
- загальна довжина - 5600 мм;
- діаметр роликів - 368 мм;
- привід роликів - індивідуальний;
- окружна швидкість - 3 м / сек.

6) Рольганг відвідний за обтискною кліттю призначений для передачі розкату від обтискної кліті до чистової лінії стану і має наступні характеристики:

- кількість роликів - 4 шт;
- крок роликів - 1200 мм;
- загальна довжина - 3600 мм;
- діаметр роликів - 350 мм;
- довжина бочки роликів - 1450 мм;
- окружна швидкість - 2,55 м / сек.

7) Рольганг підлоговий з кантовальною буксою призначений для транспортування прокату від обтискної кліті стану, з кантуванням прокату на  $90^\circ$  і завданням у валки 1-ої кліті чистової лінії. Являє собою підлогову зварену конструкцію, що складається з станини, жолобів, рольганга з індивідуальним приводом роликів і має наступні характеристики:

- довжина жолоба - 13600 мм;
- ширина жолоба - 150 мм;
- кількість роликів - 9 шт;
- крок роликів (середніх) - 1400 мм;
- крок роликів (крайніх) - 1700 мм;
- діаметр роликів - 195 мм;
- довжина бочки роликів - 170 мм;
- привід втулки включається автоматично від фотоелектричного датчика.

8) Підлоговий канатний шлеппер передньої сторони чистової лінії призначений для переміщення прокату від 4-й до 5-ої кліті і має наступні характеристики:

- кількість ниток - 5 шт;
- крок ниток (від стану) - 3000, 3000, 4000, 4000 мм;
- хід візка з упорами - 3150 мм;
- довжина поля, що обслуговується шлеппером - 17000 мм;
- привід від двигуна  $N = 11$  кВт,  $n = 720$  об / хв;
- швидкість переміщення - 0,8 м / сек.

9) Рольганг на стані перед 5-ю кліттю призначений для прийому прокату з 4-ої кліті і завдання в 5-ю кліть і має наступні характеристики:

- кількість роликів - 22 шт;
- крок роликів - 1000 мм;
- діаметр роликів - 170 мм;
- довжина бочки ролика - 1000 мм.

10) Підлоговий канатний шлеппер задньої сторони чистової лінії стану призначений для переміщення прокату поперек раскатні поля і має наступні характеристики:

- кількість секції - 2 шт;
- кількість ниток в секціях - 4 і 5 шт;
- крок ниток від стану - 2000, 2000, 1000, 4000, 2000, 2000., 2000., 2000 мм;
- хід зникаючих упорів - 8075 мм;
- довжина поля обслуговується ШЛЕППЕР - 19700 мм;
- привід кожної секції - електродвигун потужністю  $N = 7,5$  кВт,
- $n = 705$  об / хв;
- швидкість переміщення - 0,8 м / сек.

11) Рольганг за 4-ю кліттю (задня сторона) призначений для завдання прокату в валки 4-й кліті і має наступні характеристики:

- кількість секцій - 4 шт;
- кількість роликів в секціях:

- 1-а секція - 4 шт (2 приводних, 2 холостих);
- 2-а секція - 5 шт (3 приводних, 2 холостих);
- 3-тя секція - 5 шт (1 приводний, 4 холостих);
- 4-а секція - 5 шт (3 приводних, 2 холостих);
- загальна кількість роликів - 19 шт;
- крок роликів - 1000 мм;
- загальна довжина рольганга - 18825 мм;
- привід роликів - індивідуальний;
- лінійна швидкість роликів - 2,68 м / сек.

12) Приймальний рольганг за 5-ю кліттю призначений для прийому прокату, що виходить з 5-ї кліті, розташований між робочою кліттю і летючими ножицями, виставлений на рівень роз'єму валків 5-ої кліті і має 4 шт (3 приводних, 1 холостий) роликів ;

13) Летючі ножиці призначені для різання прокату, що виходить з 5-ї кліті на частини, що укладаються на холодильнику. Являють собою обертові диски з ножами і мають такі характеристики:

- діаметр ножів - 1425 мм;
- привід - електродвигун потужністю  $N = 21,2$  кВт,  $n = 740$  об / хв;
- відстань від осі чистової лінії - 10000 мм.

14) Холодильник призначений для охолодження прокату перед порізкою на задані довжини і має наступні характеристики:

а) підвідний рольганг за летючими ножицями:

- кількість роликів - 26 шт;
- крок роликів - 1000 мм;
- загальна довжина - 12000 мм;
- тип роликів - конічний;
- діаметр роликів - 275/245 мм;
- довжина бочки роликів - 360 мм;
- привід роликів - індивідуальний.

б) приймальний рольганг:

- кількість роликів - 61 шт;
- крок роликів - 1000 мм;
- загальна довжина - 59000 мм;
- тип роликів - конічний;
- діаметр роликів - 275/245 мм;
- довжина бочки роликів - 360 мм;
- привід роликів - індивідуальний.

в) відвідний рольганг:

- кількість роликів - 28 шт;
- крок роликів - 2000, 1250, 1150 мм;
- загальна довжина - 52400 мм;
- довжина бочки роликів - 1000 мм;
- діаметр роликів - 250 мм;
- тип роликів - електроролікі з індивідуальним приводом.

г) скидач з приймального рольганга на правильні плити холодильника;

д) нерухомий і рухомий рейковий настил з приводом від електродвигуна через черв'ячний редуктор, ексцентриковий механізм, на трансмісійні вали і важелі;

е) збиральне пристрій.

15) Ножиці з рухомим форштосом призначені для різки прокату на задані довжини, мають такі характеристики:

- зусилля різання - 150 тн .;
- привід-електродвигун потужністю  $N = 22,5$  кВт,  $n = 940$  об / хв;
- форштос - рухомий з електроприводом. [8]

## **1.4. Технологічний процес виготовлення прокату**

### **1.4.1. Нагрів заготовки**

Для прокатки на стані застосовують катані і ковані заготовки:

- а) катані - квадрат 98 - 105 мм довжиною 1,5 - 2,47 м;
- б) ковані - для швидкорізальних і нержавіючих сталей - квадрат 90 - 100 мм, довжиною 1,8 - 2,45 м, для жароміцних сплавів - квадрат 95 мм довжиною 1,5 - 2,45 м.

Катані заготовки поступають на прокатку після ад'юстажної обробки. Ковані заготовки за розмірами і якістю поверхні повинні відповідати вимогам на поставку кованої заготовки згідно ТУ.

Для температурного «бар'єру» і настройки стану застосовують заготовки вуглецевих і низьковуглецевих конструкційних сталей, отримані з паспортної болванки (ПБ).

Заготовки перед посадкою в піч контролюють методом іскріння з метою запобігання змішування марок.

Нагрівання заготовок проводять по режимах, вказаних у [2]. При наявності в печі металу, що вимагає нагріву по різним режимам, температурний режим печі ведеться по сталі з більш низькою температурою нагріву. Підвищення температури печі проводять після видачі з печі останньої заготовки, що має більш низький температурний режим нагріву.

Відхилення від зазначених в таблиці температур (у вигляді «пік» на діаграмі потенціометра) не повинні перевищувати  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хв. Співвідношення «газ - повітря» має відповідати чинній для даної печі таблиці співвідношень.

При прокатці смугових профілів всіх марок сталей температуру нижньої зони знижують на  $20^{\circ}\text{C}$  проти передбаченої в таблиці.

Підвищувати температуру на температуру прокатки забороняється:

- а) при прокатці конструкційних вуглецевих і конструкційних, легованих сталей з вмістом вуглецю понад 0,3;
- б) сталей 30 ÷ 45, 30 ÷ 40X, 38 ХА, що поставляються з контролем мікроструктури;
- в) сталі ХВГ, що поставляється на замовлення на холодну обробку;
- г) сталі ШХ 1 СМ - Ш (ДІЗ6 Ш).

Для сталей 3, 4, 5, 6 груп, контрольованих на зневуглецьнення, нагрів і прокатку заготовок слід вести таким чином, щоб в зоні високих температур метал знаходився не більше години (умовно прийнято, що в зоні високих температур розміщується 50 заготовок перетином 105 мм, рахуючи від вікна видачі).

На замовлення, які вимагають контролю карбідної сітки призначити плавки стали ШХ15 (СГ), що пройшли гомогенізацію на стані 1050.

Мінімальна тривалість нагріву повинна відповідати 1 година 10 хв. максимальна - 3 години. Для плавок підшипникових сталей, що мають в заготовці підвищений бал карбідної ліквіації, мінімальна тривалість нагріву повинна бути не менше 2 год. 30 хв.

Відключення пальників нижньої зони роблять дистанційним закриттям газових регулюючих дроселів. Включення пальників після простою відбувається в момент пуску стану.

У разі знаходження металу в зоні високих температур понад 60 хв. і відсутності замовлень на менші профілі, з печі викидають 30 заготовок. Викинуті заготовки дозволяється задавати тільки після суцільної зачистки

#### **1.4.2. Технологія прокатування**

На складі за допомогою електромостового крану з магнітом заготовки укладаються на завантажувальний стіл, обладнаний ланцюговими шлеперами для подачі заготовок на пічний рольганг.

Пічний рольганг транспортує заготовки під упор штовхача, який проштовхує їх в методичну піч. Нагріті заготовки через бокове вікно видають на стіл, звідки скидачем - на відповідний рольганг до обжимної кліті стану.

Прокатку заготовок на кінцевий профіль роблять згідно з відповідною схемою налаштування стану. На обтискній кліті заготовки прокатуються за 7 - 9 проходів на проміжні заготовки, які потім при русі кантуються на 90 ° автоматичної

На чистовій лінії прокат круглого перетину діаметром 21 - 26 мм, квадратного 19 - 22 мм, шестигранники розміром 21,23 мм і деякі смугові профілі послідовно

передають з кліті в кліть обвідними апаратами, допускається ручне завдання прокату в третю кліть квадратів 19 - 22 мм, в третю і четверту кліть при прокатці смуг і куточка 40 x 40 x 5 мм. Заготовка для прокату великих розмірів передають з першої кліті в четверту (минаючи другу і третю) за допомогою підлогових шлеперів.

Виходячи з п'ятої кліті прокат довжиною понад 60 м перед подачею на холодильник розрізаються летючими ножицями на дві частини.

Після охолодження і різання прокат трещіночутливих марок сталей за допомогою мостового крана прибирають в термостати або в колодязі уповільненого охолодження, інший метал в бугеля.

Прокатку сорту роблять на стані, налаштованому відповідно до затвердженої схеми прокатки. Для налаштування використовують заготовки, забраковані на Ад'юстажі або вирізані з головної частини зливка при прокатці на стані «1050».

Прокатку підкату роблять в калібрах з чистою і гладкою поверхнею. Якість поверхні калібрів визначається шляхом огляду зразків і зразків на осаджування. У разі якщо з'явилися на прокаті дефекти не усуваються коректуванням налаштування стану, прокатка припиняється, проводиться заміна калібрів або перевалка. Для забезпечення необхідних механічних властивостей після волочіння (калібрування) підкат марок сталі 15X ÷ 45X, 20 ÷ 50 при виході з чистої кліті охолоджують в установці прискореного охолодження до температури поверхні не вище 770 ° C після вирівнювання її по перетину.

При прокаті підкату необхідно забезпечити темп прокатки не менше 65 заготовок / год. Зупинки стану на підігрів металу не допускається.

При виході з чистої кліті прокат вищезазначених марок сталі (крім ХВСГФ, ХВГ) охолоджують в установці прискореного охолодження, при цьому не рідше ніж один раз на годину контролюється температура металу на холодильнику через 5 - 10 сек після виходу їх з установки прискореного охолодження.

Температура поверхні розкату на холодильнику, після вирівнювання її по перетину профілю повинна бути не вище 770 ° C і не нижче 720 ° C.

У разі перевищення температури розкату при вимірі на холодильнику необхідно:

- збільшити витрату води і подачу повітря в ДУО;
- зробити підстужиння до більш низьких температур перед 5-й кліттю;
- зменшити швидкість прокатки в чистовий лінії стану.

Контроль якості поверхні і геометрії прутків в процесі прокатки проводиться шляхом огляду протравлених або просвітлених проб довжиною 200 - 250 мм і проб на гарячу осадку. За дві проби для огляду поверхні і по три проби на осадку відбираються від кожної партії - плавки. При прокатці великих партій - плавок проби відбираються через кожні 50 гуркотів.

При незадовільну якість проб прокатку припиняють і вживають заходів щодо усунення причин утворення дефектів.

Порізку прокату на прутки мірної, кратної або нормальної довжини роблять на ножицях холодного різання із застосуванням профільних ножів. Задану довжину прутків зазначають в робочій карті. Порізку прокату кутової сталі роблять тільки на профільних ножах.

При різанні підкату сталей, контрольованих на знеуглецення, передні і задні кінці прокату не відрізані, при цьому довжина кінцевих прутків збільшується на довжину обрізків. Кінцеві прутки в процесі різання відсортуються в окремі пачки, на контрольних штангах і бирках яких додатково наноситься клеймо «А».

Охолодження металу після прокатки роблять на повітрі або уповільнено в термостатах. При транспортуванні прокату зі стану в колодязі уповільненого охолодження повинні дотримуватися всіх заходів, що забезпечують швидку передачу металу з метою збереження температури.

Після заповнення металом термостати і колодязі щільно закриваються кришками. Тривалість охолодження прокату в охолоджуючих пристроях 24 - 36 годин, після чого метал повинен бути відвантажений в термічний цех для відпалу не пізніше 8 годин з моменту вивантаження з охолоджувального пристрою. Температура металу при вивантаженні - не вище 120 °С. На подальшу переробку метал відвантажують з прокатного цеху.

### **1.5. Дефекти, що виникають при виробництві прокату (відповідно до ГОСТ 21014-88)**

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

2. Розкатана корочка - дефект поверхні, що представляє собою часткове відшарування або розрив металу, що утворився в результаті розкочування загорнувшись корочок, що були на поверхні злитка або литої заготовки і представляють собою окислений метал, що супроводжується накопиченням неметалічних включень складного складу.

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

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

5. Прокатана полина - дефект поверхні, що представляє собою відшарування металу язикоподібної форми, з'єднані з основним металом однією стороною, що утворилося внаслідок розкочування рванина, підрізів, слідів глибокої зачистки дефектів або сильного випрацювання валків, а також грубих механічних пошкоджень.

6. Ус - дефект поверхні, що представляє собою поздовжній виступ з одного або двох діаметрально протилежних сторін прутка, що утворився наслідок неправильної подачі металу в калібр, переповнення калібрів або неправильної настройки валків і прівалкової арматури.

7. Підріз - дефект поверхні у вигляді поздовжнього поглиблення, розташованого по всій довжині або на окремих ділянках поверхні прокату і

утворився в результаті неправильного налагоджуванні привалкової арматури або одностороннього перекриття калібру.

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

9. Вкатана окалина - дефект поверхні у вигляді вкраплень залишків окалини, що була втиснута в поверхню металу при деформації.

10. Раковини від окалини - дефект поверхні у вигляді окремих заглиблень, частково витягнутих уздовж напрямку прокатки, що утворюються при витравленні та випадінні вкатої окалини.

11. Залишки окалини - дефект поверхні, що представляє собою ділянки поверхні, покриті окалиною, що залишаються після механічної обробки.

12. Зморшки - дефекти поверхні у вигляді групи чергових поздовжніх заглиблень і виступів, розташованих, в основному, по всій довжині розкату, переважно в зоні, відповідної роз'єму валків, і утворюється при підвищених обтисненб бічних граней.

Таким чином, суттєвий об'єм браку, що виникає в процесі прокатування спеціальних марок сталей пов'язаний з таким явищем як утворення окалини. Оскільки мова йде про спеціальні марки сталей, тобто про досить дорогий матеріал, зменшення браку через утворення окалини, є пріоритетним завданням для вдосконалення технології прокатування.

Невидалена окалина, всякого роду забруднення, погана обробка поверхні деталей різко знижують корозійну стійкість металу. Тому з поверхні деталей слід повністю видаляти навіть сліди окалини, а також найдрібніші частинки заліза. Крім того, вкатана окалина викликає необхідність зняття додаткового шару металу у стружку під час адьюстажної обробки. В кінцевому випадку це призводить до здороження продукції.

Низька якість поверхні призводить до того, що при виробництві доводиться видаляти поверхневий шар металу обдиранням або шліфуванням. З 3000 т підшипникової сталі, що виготовляється, за місяць необхідно відправляти на

механічну обробку 150 т. У відхід йде велика кількість дорогого металу, через що завод зазнає величезних матеріальних втрат. Зменшення механічної обробки готового прокату є однією з нагальних проблем виробництва в умовах заводу ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Для поліпшення якості прокату дорогих сталей і сплавів пропонується використовувати перший і другий прохід в обтискній клітці для розпушування окалини з невеликими ступенями обтиснень (до 5%), і кантуванням між ними. Ці проходи використовуються як пластична деформація в окалиноломачі, що дозволяє уникнути негативний вплив окалини на якість поверхні чистового прокату.

Нова технологія передбачає застосування гідрозбиву окалини на додаток окалиноломача. Гідрозбив окалини відбувається безпосередньо після першого проходу і після другого з попередньої кантуванням прокату на 90 °. Застосування нової схеми прокатування і технології видалення окалини з поверхні металу дозволить скоротити обсяг дорогого металу, що потребує подальшої механічної обробки, на 60 т щомісяця. [3].

У практиці застосовують хімічні, електрохімічні і механічні способи видалення окалини.

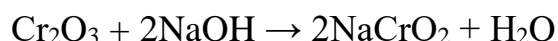
До хімічних і електрохімічних методів відносять травлення, пасивування і електролітичне полірування, а до механічних – галтувальна обробка, чищення, шліфування та полірування.

Корозійна стійкість полірованої поверхні значно вище, ніж шліфованої або труєної. Тому в процесі обробки деталей з нержавіючих сталей слід вимагати більшої чистоти поверхні і повного згладжування дрібних нерівностей.

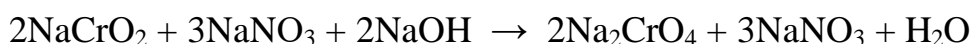
Аустенітні хромонікелеві сталі гірше шліфуються і поліруються, ніж хромисті сталі. Багато деталей, що застосовуються в машинобудуванні, підлягають обробці. Тому з двофазних сталей типу 08Х22Н6Т окалину доцільно видаляти механічними способами, так як при хімічних в результаті витравлення феритної фази поверхня металу стає шорсткою і її додатково потрібно шліфувати і полірувати.

### **Травлення і пасивування.**

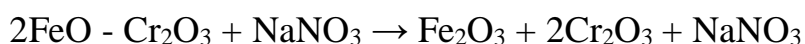
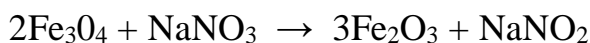
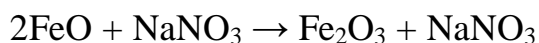
Процес травлення складається з наступних операцій: обробки в лужному розплаві, промивання у холодній проточній воді, травлення в розчині кислоти, промивання, пасивирования, промивання, протирання і сушки. При обробці в лужному розплаві окис хрому взаємодіє з лугом:



Хроміт натрію при окисленні селітрою переходить в легко розчинний у воді хромат натрію:



Що входять до складу окалини оксиди заліза і хромит заліза окислюються селітрою:



Ці хімічні реакції викликають зміну структури окалини, в результаті чого вона легко руйнується. Лужний розплав складається з 60-70% їдкого натру, 25- 35% натрієвої селітри і 5% кухонної солі. Метал витримують в розплаві 5-25 хв при 450-500 ° С. Деталі перед завантаженням в розплав ретельно просушують. В процесі обробки металу в розплаві окалини частково відшаровується і осідає у вигляді шламу на дно ванни. Частину, що залишилася окалину після промивання видаляють травленням в розчині, що містить 10-18% сірчаної кислоти (щільність 1,84) з добавкою 3-8% кухонної солі, або в розчині, содержа-щем 20% сірчаної кислоти, 1,5% азотнокислого натрію і 2,5% кухонної солі. Тривалість травлення 3-5 хв, температура розчину 70-80 ° С. При травленні хромистих нержавіючих сталей типу 1X13, X17, X25 і X27 температура розчину повинна бути 50-60 ° С.

Травильний розчин коректують, додаючи сірчану кислоту при зменшенні її концентрації <11%. Кислоту вводять в такій кількості, щоб після ретельного перемішування її зміст в розчині становив 18-22%. Хлористий натрій і селітру додають в тих випадках, коли поверхня протравленого металу набуває сірого кольору.

Двофазні сталі типу EI811 рекомендують трюїти в 15- 18% -ому розчині соляної кислоти при 60-70 ° С протягом 3-10 хв. У разі появи пухкої відшаровується плівки на поверхні металу двофазних сталей (ЕП53, ЕП54) після травлення в соляній кислоті в травильний розчин рекомендують вводити 0,9% інгібітору ПБ-8/2. Двофазні сталі можна також трюїти в сернокислотном розчині наступного складу: 18% -ва H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 3% NaCl + 0,015% ЧС (травильних присадка) при температурі розчину 80 ° С протягом 5 10 хв. Після травлення сталі піддають пасивування в 3 5% -ому розчині азотної кислоти при 40-50 ° С протягом 3 5 хв. Для пасивування хромистих сталей застосовують той же розчин, але рекомендують вводити в нього додатково 1-2% біхромату натрію. Після пасивування поверхню напівфабрикатів і деталей стає сріблясто-матовою, чистою, в результаті значно підвищується корозійна стійкість металу. Щоб уникнути в процесі пасивування почорніння поверхні металу слід складати пасивуючий розчин на чистій воді, яка не містить хлоридів. Крім того, для отримання самої пасивної плівки з більш високими корозійними властивостями промивні води і лужні розчини, що застосовуються при цьому процесі, повинні містити мінімальну кількість хлоридів, а ще краще не містити їх. На машинобудівних заводах часто відсутні установки з лужними розплавами. У таких випадках для полегшення кислотного травлення перед термічною обробкою деталі слід занурювати в насичений розчин кухонної солі. Під час термічної обробки NaCl вступає у взаємодію з оксидами металу і окалина, остигаючи, при найменшому постукуванні легко обсипається. Окалина може віддалятися з поверхні сталі і без попереднього розпушення в лужному розплаві. Для цього застосовують розчини наступного складу: 200-250 г / л азотної кислоти, 15-25 г / л фтористого натрію і

15-25 г / л хлористого натрію. Температура розчину кімнатна, тривалість травлення 15-90 хв.

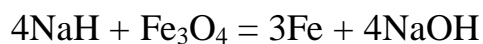
Можна застосовувати розчин з меншою концентрацією компонентів: 100 г / л азотної кислоти і 4 г / л фтористого натрію при температурі розчину 50-60 ° С. Для попереднього розпушення товстої окалини можна використовувати розчин (частин за обсягом):

- Сірчана кислота (щільність 1,84) 6-8
- - Соляна кислота (щільність 1,19) 2-4
- -Вода ..... 100.

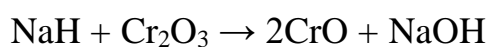
Для отримання блискучої, глянсової поверхні металу застосовують травильну суміш кислот,% (об'ємні.):

- Соляна кислота ..... 20
- Фосфорна кислота . 5
- Азотна кислота ..... 5
- Вода ..... 70.

Гідриднатрієвий метод травлення застосовують для видалення окалини з поверхні деталей з нержавіючих сталей різних марок, сплавів на основі титану, нікелю та інших металів, що не розчиняються в лугах. Деталі обробляють в розплавленій лузі з добавкою 2% гідриду натрію (NaH), який утворюється в травильній ванні при взаємодії металевого натрію з воднем. Оксиди заліза повністю відновлюються по реакції



Оксиди хрому відновлюються частково:



Метал, завантажений в розплав, повинен бути абсолютно сухим, тому деталі попередньо прогрівають в печах при 300 ° С. Тривалість витримки в розплаві (в

залежності від стану окалини) становить 5-20 хв, температура розплаву 350-380 ° С. Відновлена окалина, що має вигляд пухкої губчастої маси, залишається на поверхні деталей; її видаляють з їх поверхні струменевого промиванням холодною водою. Для отримання блискучої поверхні сталеві деталі після гідриднатрієвої обробки додатково трують 2-5 хв в 5-10 % - ном розчині сірчаної кислоти; деталі з нержавіючої сталі після травлення додатково пасивують протягом 1 хв в 5-10% - ому розчині азотної кислоти при 60-70 ° С; деталі зі сплавів титану піддають травленню в суміші азотної і плавикової кислот; деталі зі сплаву типу німонік трують в суміші азотної кислоти і хлорного заліза.

У лабораторних умовах без попереднього розпушення окалини для травлення зразків з нержавіючої сталі можна застосовувати розчини наступного складу: 5 мл азотної кислоти (щільність 1,4), 45 мл соляної кислоти (щільність 1,19) і 50 мл води. Температура розчину 60-70 ° С, продовжителність травлення 5-10 хв. В процесі видалення окалини зразки металу кілька разів виймають з травильного розчину, промивають водою і зачищають металевими щітками (зробленими з нержавіючої дроту). Видаляти окалину з поверхні нержавіючих сталей можна так званім лужним розчином перманганату. Як розчин використовують 50-100 г / їдкогo натру, 50-100 г / л перманганату калію. Температура розчину 80-100 ° С. Тривалість 1-30 хв залежно від товщини окалини. При складанні розчину спочатку розчиняють у воді луг, потім вводять необхідну кількість перманганату. Після обробки металу в зазначеному розчині слід промивка у воді і додаткове травлення в кислотних розчинах. Вважають більш ефективною таку послідовність операції: травлення в кислотах, обробка в лужному розчині перманганату калію і повторне травлення в кислотах. Видалення окалини з металу пояснюється об'ємними змінами, що відбуваються при переході нижчих окислів металу до вищих. Так, наприклад, на нержавіючих хромистих сталях окалина складається з оксидів тривалентного хрому, які під дією перманганату окислюються до шестивалентного. Оксид шестивалентного хрому легко розчиняється в лужному розчині. Оскільки перманганат калію є дорогим хімікатом, процес видалення окалини в цьому розчині в виробничих умовах буде також неекономічним.

Його можна застосовувати для видалення окалини в лабораторній практиці. Електролітичне травлення нержавіючих сталей можна також проводити в 5-10% - ому розчині азотної кислоти при кімнатній температурі, тривалість 10 хв. Катодна щільність струму 3-4 А / дм<sup>2</sup>. Як анодів застосовують кремністий чавун, катодами служить нержавіюча сталь. Деталі з різьбою, а також деталі, які «після термічної обробки не можна механічно зачищати і шліфувати, трують на аноді в розчині наступного складу: 100 мл сірчаної кислоти (щільність 1,84), 800 мл фосфорної кислоти (щільність 1,54), 100 г хромового ангідриду, 100 мл води. Температура розчину 70-75 ° С, щільність струму на аноді 70-75 А / дм<sup>2</sup>, тривалість травлення 5-10 хв (катодами слугують свинцеві пластини). Оксиди, що утворюються на поверхні стали в процесі зварювання, і травильний шлам можна видаляти в 15-20% -ному розчині перекису водню. Тривалість процесу 5-10 хв, температура розчину кімнатна. Крім травильних якостей, розчин перекису водню володіє хорошими пасивуючими властивостями. Перекис водню при взаємодії з оксидами металів швидко розкладається, в зв'язку з чим значно підвищується її витрата, і травлення в зазначеному розчині вимагає великих витрат. Для видалення іржавих плям, що утворюються на виробках в процесі зберігання, можна застосовувати 10% -ний розчин лимоннокислого натрію. Освітлення стали Х18Н10Т з метою очищення поверхні від кольорів мінливості, оксидів і невидаленого травильного шламу можна здійснювати в 30% -ного перекису водню при температурі 55-65 ° С або в суміші, що складається з 25 мл / л 30% -ного перекису водню і 75 мл / л азотної кислоти (щільність 1,32) при температурі 20-60 ° С. Швидкість видалення травильного шламу різко зростає при підвищенні температури розчинів. Освітлення стали 10Х17Н13М2Т з метою видалення окислів після зварювання металу рекомендують виконувати пастою такого складу: 200 г / л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 20% NaCl і 400 г / л азбесту, а пасивацію сплаву 06ХН28МДТ після шліфування металу - в 19% -ної сірчаної кислоти, що містить 0,1% перекисі водню.

Анодное травлення дрібних деталей і зразків з аустенітних сталей типу Х18Н10Т проводять в хромовом електроліті, що містить 200-250 г / л хромового ангідриду і 2-2,5 г / л сірчаної кислоти, при температурі 50-55 ° С і анодної

плотності струму 540-50 А / дм<sup>2</sup>. Тривалість травлення 3-10 хв. Катодами при цьому служать свинцеві пластини. Після травлення слід промивка у воді. При наявності на поверхні нержавіючої сталі травильного шламу застосовують декапіровку в 5-15% -ому розчині соляної кислоти з наступним промиванням, нейтралізацією залишків кислоти і сушінням. Анодне травлення можна також здійснювати в 10% -ному водному розчині сірчаної кислоти при щільності струму 10-20 А / дм<sup>2</sup> протягом 2-10 хв. Температура кімнатна. Як катодів застосовують свинцеві пластини або пластини з нержавіючої сталі.

### **Хімічне травлення.**

Видаляти окалину після термічної обробки з нержавіючих хромонікелевих сталей можна хімічним травленням у водному розчині 4% -ної азотної кислоти (щільність 1,35), 36% -ної соляної кислоти (щільність 1,19). Температура розчину 35-50 ° С, тривалість травлення 3-6 хв.

### **Травлення пастами.**

Даний вид очищення застосовують для листового прокату з двошарової сталі, наприклад нержавіючої сталі X18H10T і Ст3. Травильну пасту готують з 200-250 г / л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 150-175 г / л NaCl і 15-20 г / л NaNO<sub>3</sub>. У розчин вводять подрібнену вогнетривку глину до отримання сметаноподібної консистенції. Пасту наносять пензлем на поверхню корозійностійких листів, потім їх укладають горизонтально і витримують протягом доби. Після чого пасту змивають водою і біметал трукують по режиму для вуглецевої сталі протягом 10-15 хв, промивають, пасивують і сушать. Для слабкого травлення (видалення оксидів) рекомендують насичені водні розчини сульфату міді, сильно підкислені соляною кислотою. Для травлення застосовують також царську горілку (суміш концентрованих кислот): 3 ч. HCl + 1 ч. HNO<sub>3</sub>. Одночасне травлення і фарбування в темний колір поверхні нержавіючих сталей досягається в розчині, що містить 250 см<sup>3</sup> концентрованої HCl і 750 мл води, в який додають 50 г нітрату вісмуту і 50 г теллуристий кислоти. Для цих же цілей (травлення та фарбування) можна використовувати суміш, що складається з концентрованого розчину 800 мл FeCl<sub>3</sub> і концентрованої HCl (20 мл). Хімічне фарбування деталей зі сталі типу X18H10T проводять в розчині наступного складу:

Клеймо наносять гумовим штампом, змочуючи його про подушечку з листового азбесту або пористої гуми. Розчин слід зберігати в скляній банці з притертою пробкою.

### **Електролітичне полірування.**

Суть цього способу полягає в анодній обробці поверхні металу в спеціальних електролітах. Поверхня металу згладжується в результаті розчинення виступаючих ділянок. При електролітичному поліруванні видаляються лише дрібні шорсткості (другого порядку). Тому вироби після грубої обробки різцем ми вироби, що мають глибокі западини на поверхні (шорсткості першого порядку), перед електрополірування повинні попередньо піддаватися меха-нічної обробці і мати поверхню, відповідну 7-8-го класу чистоти обробки. Електролітичне полірування може бути здійснено в розчині, що містить 45% фосфорної кислоти, 40% сірчаної кислоти, 5% хромового ангідриду і 10% води. Температура розчину 50-70 ° С, щільність струму 30-60 А / дм<sup>2</sup>, тривалість полірування 10-15 хв. В якості катодного ма-теріала застосовують свинець, а також в розчині: 20% сірчаної кислоти, 55% лимонної кислоти, 25% води, температура розчину 80-85 ° С, щільність струму 10-25 А / дм<sup>2</sup>, тривалість полірування 5-10 хв (катодом служать мідні пластинки).

### **Хімічне полірування.**

Для хімічного полірування аустенітних сталей може бути застосований розчин наступного складу: 4 обсягу соляної кислоти, 1 обсяг азотної кислоти, 0,5 обсягу сірчаної кислоти, 5 г / л оцтової кислоти, температура розчину 80-150 ° С. Для хімічного полірування хромистих і хромонікелевих нержавіючих сталей, а також вуглецевих сталей готують розчин фосфорної кислоти, який повільно нагрівають до 250 ° С, при цьому фосфорна кислота частково переходить в пірофосфорна. Реакція триває 1,5 год (її закінчення визначають по припиненню виділення газу). Потім кислоту швидко охолоджують і додають близько 10% сірчаної кислоти. Чим більше вміст вуглецю в стали, тим менше добавляють кислоти. Полірування проводять при 200 ° С протягом 1 -10 хв. Після пасивирования, електролітичного або хімічного полірування необхідна

нейтралізація залишків кислоти на деталях, яку здійснюють в 1-3% -ому розчині кальцинованої соди з наступним промиванням і сушінням. Для хімічного полірування пружин зі сталі 12Х18Н10Т рекомендують розчин наступного складу: Температура розчину 65-70 ° С, витримка 5-30 хв. Після електролітичного (або хімічного) полірування отримують поверхню з високою відбивною здатністю, яка не забруднюється залишками полірувальних речовин. Такому поліруванню піддають, попередньо добре відшліфовану поверхню. Разом з тим електролітичне (і хімічне) полірування має істотний недолік: деталі, піддані сильної деформації, набувають шорстку поверхню, а зварні шви, невидимі при механічному поліруванні, різко виявляються.

### **Крацювання.**

Крацювання застосовують для видалення розпушеного шару окалини і шламу з поверхні виробів складної конфігурації. Операцію крацевання виконують на крацевальних верстатах круглими щітками з тонкої пружної нержавіючої сталевого дроту діаметром 0,1-0,4 мм. Частота обертання щіток 750-1000 хв-1. Поверхня виробів під час крацевання змочують 3 5% -ним розчином кальцинованої соди або полірувальної вапном.

### **Галтовка.**

Цю операцію здійснюють перед шліфуванням для видалення з поверхні металу різних забруднень, травильного шламу, грубих нерівностей і задирок. Деталі обкатуються спільно з абразивними полірувальними матеріалами в обертових барабанах з частотою обертання 30-60 хв-1. Розрізняють галтовку мокру і суху. У першому випадку деталі обробляють з абразивними матеріалами, до яких додають 2-3% -ний розчин соди, в другому-з сухими абразивними матеріалами. Не допускається обробка деталей, виконаних з корозійностійких сталей, кульками зі звичайної сталі.

### **Гідроочищення.**

До гідроочистки відносяться гідрошліфування і гідрополірування. На більшості пристроїв гідроочищення всі операції, за винятком завантаження і вивантаження деталей, механізовані. Деталі шліфуються і поліруються в

перфорованих барабанах, при цьому усувається ручна обробка на повстяних колах. Чистота поверхні підвищується до 8-9-го класу. Рідинному шліфуванню і поліруванню піддають дрібні деталі (масою до 500 г) після штамловки, лиття, механічної обробки з чистотою поверхні не нижче 4-6-го класів. Сутність процесу гідроочищення полягає в обробці деталей разом зі шліфувальними матеріалами, поміщеними в шестигранний барабан. Останній занурюють у ванну з робочою рідиною, де він обертається зі швидкістю 25-30 об / хв. При обробці хромистих сталей частота обертання барабана може бути збільшена до 50 хв-1. При обертанні барабана деталі і шліфує матеріал перемішуються і взаємно притираються. Барабан з отворами діаметром 3-5 мм виконаний з вініпласту, ванна зі сталі Ст3 всередині облицьована вініпластом. Всі металеві деталі кріплення, привід форсунки, баки, мішалки, змійовики і сопла (при струменевому подачі рідини) повинні бути виконані з корозійностійкої сталі, пластмаси або скла. Установка повинна бути призначена спеціально для обробки корозійностійких сталей. Не допускається одночасне завантаження деталей із звичайних сталей. В якості робочої рідини застосовують кип'ячену воду, додаючи 0,1-0,2% нейтрального мила і 0,1-0,2% кальцинованої соди. Температура розчину 25-45 ° С. При шліфуванні в якості абразивного матеріалу використовують бій електрокорундових кіл зернистістю 150-180. Барабан завантажують з розрахунку 2 ч. (По масі) абразивного матеріалу і 1 ч. (По масі) деталей. При поліруванні застосовують фарфоровий бій, іноді додають кульки з корозійностійкої сталі (X17H2 або X18). Співвідношення поліруючих матеріалів і деталей в барабані приблизно те ж, що і при шліфуванні. В процесі рідинного шліфування та полірування не допускається забруднення розчину металевим пилом, іржею, а також застосування в якості абразивного матеріалу наждака і інших речовин, що містять оксиди заліза. Даний процес обробки широко застосовують на машинобудівних заводах легкої і харчової промисловості при обробці нагострених, литих і штампованих деталей різної конфігурації, виготовлених не тільки з корозійностійких, але і з вуглецевих сталей, а також міді, титану і їх сплавів.

### **Шліфування та полірування.**

Шліфування здійснюють для попередньої підготовки поверхні металу перед поліруванням. При шліфуванні гострі грані зерен абразиву згладжують великі нерівності на поверхні деталей, однак при цьому залишаються ризки. Шліфування виконують на верстатах з обертовими колами (головним чином фетровими), на поверхню яких наклеюють абразивний матеріал. Деталі з корозійностійких сталей перед шліфуванням і механічним поліруванням слід декапировать в 5-8% -ому розчині азотної кислоти для видалення всіх слідів, залишених інструментом. При шліфуванні і поліруванні необхідно враховувати склад сталі, її структуру та фізико-хімічні властивості. Аустенітні сталі слід шліфувати з тиском зразка на коло 3,0-7,5 МН/м<sup>2</sup> (30-75 кгс/см<sup>2</sup>), подальше збільшення тиску зменшує чистоту поверхні металу. При шліфуванні хромистих (мартенситних) сталей тиск об'єкта на круг не позначається на чистоті поверхні і практично може підвищуватися до 25 МН/м<sup>2</sup> (250 кгс/см<sup>2</sup>). Шліфування корозійностійких сталей слід вести колами з абразивним порошком, попередньо просаленою жирними речовинами. З абразивних матеріалів при шліфуванні і поліруванні корозійностійких сталей найбільш широко використовують корунд, що містить 99% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для отримання поверхні високої якості шліфування та полірування слід вести з великою кількістю переходів і послідовним застосуванням абразивів відповідних номерів. Гарячекатаний метал шліфують кругами з трьома переходами абразиву № 60-80, 100-120, 150-200. Поліруючи холоднокатаний лист, обробку ведуть з двома переходами (№ 250 і 300). При шліфуванні камінням потрібно частіше правити кола (так як вони швидко жирніє) і застосовувати інтенсивне охолодження.

При чистовому поліруванні корозійностійких сталей для отримання дзеркальної поверхні застосовують повстяні кола, а також кола, зшиті з дисків еластичною шкірою і тканини. Полірування усуває нерівності, які залишаються після шліфування, і поверхня металу набуває дзеркального блиску. Його здійснюють на тому ж обладнанні, що і шліфування. При поліруванні корозійностійких сталей застосовують вапняні, алюмінієві і хромові пасти. Найкращими з хромових паст є пасти, що складаються з окису хрому, так звані пасти ГОІ (розрізняють грубі, середні і тонкі). При шліфуванні і поліруванні корозійностійких сталей такі

матеріали, як наждак, що містить до 35% окису заліза, карборунд з невеликою кількістю графіту, крокус і залізний сурик, застосовувати не можна. Оксиди заліза в пастах викликають появу іржі, а графіт науглероживається поверхню деталей, що може зробити метал схильним до міжкристалітної корозії. З цих же причин не слід застосовувати наждачний і особливо крокусну пасту. Пасивність, а отже, і корозійна стійкість корозійностійких сталей пов'язані не тільки зі станом поверхні металу, але і зі структурою. Тому для зняття наклепу і напруг метал слід піддавати загартуванню. Після термічної обробки окалина повинна бути повністю вилучена. Однак в процесі межопераційного зберігання на поверхні корозійностійких сталей іноді утворюються іржаві ділянки, які необхідно видалити промиванням в 10% -ому розчині лимоннокислої натрію. Для Забороняється використовувати металеві щітки зі звичайної вуглецевої дроту. Необхідно пам'ятати, що будь-які частинки заліза, залишки окалини, оксиди після зварювання можуть викликати утворення іржі. [4-5].

На думку автора роботи, гідробивання окалини є найбільш прогресивним, економічно вигідним та екологічним методом видалення окалини, адже:

- гідробивання окалини можливо проводити оперативно та саме в той час, коли це необхідно, наприклад, до початку деформації в валках, між проходами або після деформації;

- не відбувається забруднення навколишнього середовища та не змінюється мікроклімат у виробничій будівлі;

- завдяки можливості повторного використання технічної води затрати на її споживання зводяться до нівелювання того об'єму води, що була випарувана під час гідробивання, тощо.

Оскільки, на світовому ринку устаткувань для металургійних підприємств існує досить багато пропозицій по виробництву, встановленню та налагоджуванню системи гідробивання окалини, розробка нової системи вважається не доцільною. Найкращим варіантом застосування гідробивання окалини, у вже існуючому виробництві, є вибір оптимальної системи, аналіз її технологічних можливостей.

Фірмою – виробником такої системи, наприклад, може бути німецька фірма Lechler.

У той час, як багато підприємств все ще використовують прості плоскоструменеві насадки, компанія Лехлер ще на початку 90-х років створила модернізовані сопла для видалення окалини, названі Скейлмастер (Scalemaster). Ця вдосконалена серія сопел має спеціально сконструйований струменевий стабілізатор з нержавіючої сталі, встановлений з боку входу води. Стабілізатор, що має 8 камер однакового розміру, вирівнює потік води і перетворює турбулентний плин у вхідного отвору сопла в майже ламінарний потік (Рис.1.1). За рахунок усунення турбулентності і зміни характеру водяного потоку біля вхідного отвору сопла можливе різке зменшення товщини водяного струменя. В результаті, площа впливу стає мінімальною, і витрачаючи ту ж саму кількість води на меншу площу можна викликати сильніший удар для збивши окалини, не змінюючи інші параметри, такі як тиск струменя або швидкість потоку.



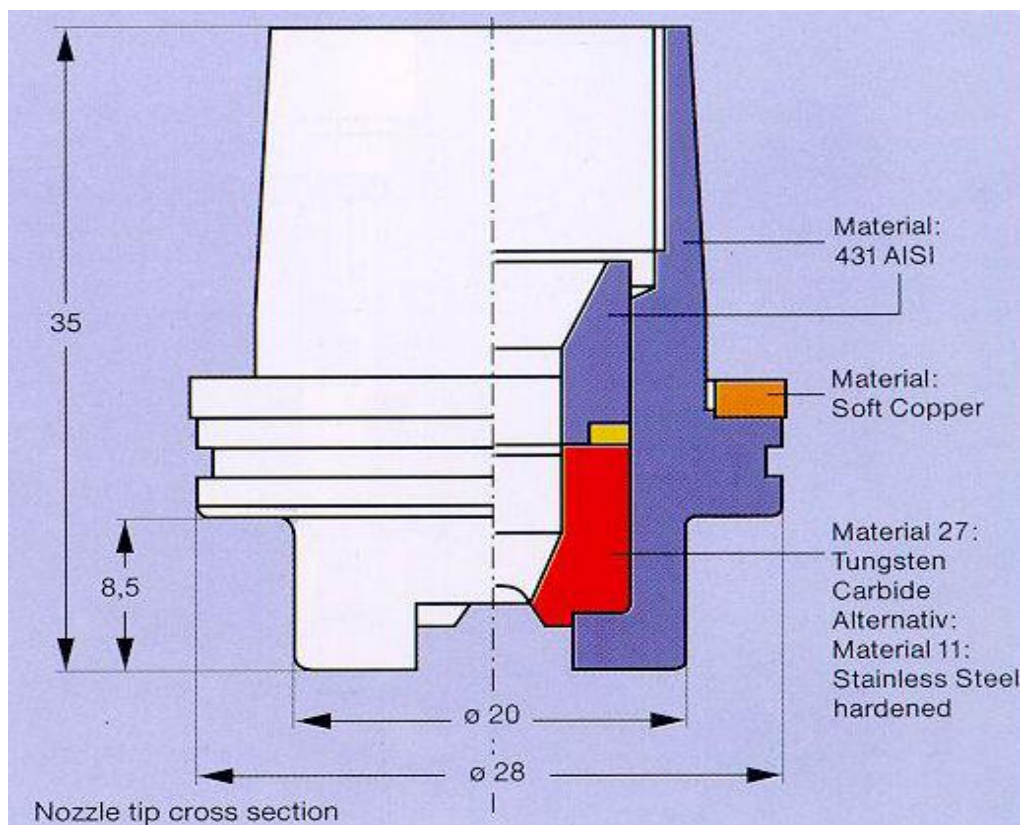


Рисунок 1.1 – Сопло Scalemaster

Тепер цю збільшену силу удару можна використовувати в цілях поліпшення показників процесу видалення окалини. З іншого боку, якщо показники і раніше відповідали вимогам, то можна забезпечити таку ж силу удару при використанні високоефективних сопел Скейлмастер™ (Scalemaster) менших розмірів. Таким чином, при збереженні тієї ж сили удару водяного струменя знижуються витрати на воду і енергію накачування. Менш інтенсивна гарт матеріалу може стати додатковою перевагою. Це дозволяє заощадити до 30% дорогої розпилюється води. Зрозуміло, індивідуальна конструкція колектора з соплами може об'єднати обидва переваги: використовуючи сопла Скейлмастер можна домогтися збільшення сили удару при економії значної частини розпилюється води. Додатковий фільтр перед стабілізатором, що оберігає сопло від засмічення, сприяє збільшенню терміну його служби і зниження витрат на обслуговування і ремонт. На відміну від звичайних сопел для збивши окалини в з'єднанні ластівчин хвіст трикулачні сопло

Скейлмастер вставляється по осі в ніпель, а для легкого поєднання приварюється ніпеля і зняття сопла для збивши окалини є спеціальні інструменти. Сопло Міні-Скейлмастер (Mini-Scalemaster), виробництва Леклер, сконструйований за тим же принципом, але має менші зовнішні розміри, може розміщуватися в обмеженому просторі в разі, якщо розпорошення необхідно виконати на коротких відстанях або наявне простір обмежений.

Технологія вилівка тонкого сляба і тенденція до виробництва більш тонкої гарячекатаної смуги створили потребу в ще більшому збільшенні сили удару і ефективності сопла. Компанія Леклер, яка з самого початку співпрацювала з провідними виробниками комплексного обладнання в цій галузі, розробила останнє покоління сопел для збивши окалини - серію Лехлер Скейлмастер-НР (Lechler Scalemaster - HR). Виходячи з принципу створення сопла Скейлмастер, ефективність сопла була збільшена ще більше за рахунок більш довгою зони потоку і модифікованого стабілізатора з нержавіючої сталі на вході (Рис.1.2).

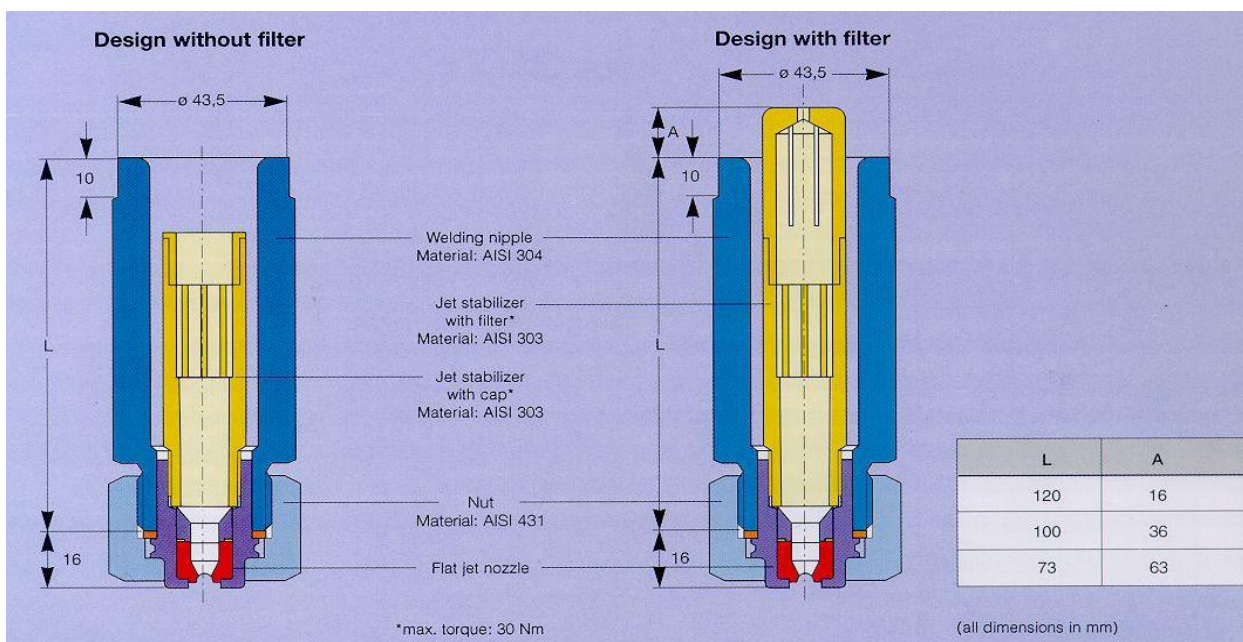


Рисунок 1.2 – Конструкція сопла з фільтром та без

В результаті можна домогтися додаткового збільшення сили удару в порівнянні зі стандартним соплом Скейлмастер при абсолютно тих же робочих умовах. Щоб відповідати вимогам експлуатації при більш високих робочих тисках

і великих зусиллях води для видалення окалини, якими характеризуються деякі стани, компанія Леклер розробила спеціальний, розрахований на тривалий термін служби, варіант на додаток до стандартної версії з цементованого карбїду. В принципі, рекомендується розміщувати сопла на мінімальній відстані до поверхні матеріалу з точки зору безпеки обладнання. З різних причин, персонал вважає за краще працювати з більш довгою струменем. Однак, тоді як всі параметри струменя, такі як тиск струменя, швидкість потоку і кут нахилу струменя пропорційно впливають тільки на напрямок удару, ширина розпилення і товщина струменя змінюються з висотою струменя. Тому, висота струменя має особливий вплив на силу удару і має великий потенціал для оптимізації цього параметра. За рахунок зменшення висоти струменя з сопла вдвічі, сила удару струменя збільшується приблизно в 4 рази за умови, якщо всі інші параметри залишилися незмінними. Для того, щоб отримати удар такої ж сили при первісної висоті струменя швидкість потоку необхідно було б збільшити в 4 рази. Це з усією очевидністю доводить, що висота струменя маємо величезний вплив на удар, що збиває окалину. Однак, не тільки значне збільшення сили удару струменя, а й суттєве скорочення втрат води, можливі за рахунок зниження висоти струменя.

До того ж до передової технології вимірювання, яка була впроваджена раніше, компанія Лехлер розробила потужні інструментальні програмні засоби для аналізу і оптимізації існуючих пристроїв збивши окалини. Залежно від вимог споживача може бути розроблена і запропонована вдосконалена конструкція сопла. Програмно-реалізований алгоритм автоматично враховує обмеження, пов'язані з дозволеною швидкістю потоку, тиском та іншими наданими параметрами, які відповідають існуючим заводським умовам. Найбільш оптимальне розміщення сопла, а також правильний вибір сопла для збивши окалини для кожного конкретного випадку допоможуть досягти максимальної ефективності, виходячи з можливого тиску і доступного кількості води для видалення окалини. При гідрозбиву окалини водяний струмінь з встановленою формою розпилу вдаряє з високою швидкістю об поверхню прокатанного матеріалу. Наступні механізми, послідовно або паралельно, створюють ефект видалення окалини:

- ломка шару окалини водяним струменем з високою кінетичною енергією, що створює сильний удар об поверхню окалини;

- відділення і розламування шару окалини під впливом великих зсувних зусиль (поперечних сил), що виникають через різну усадки металу і окалини при інтенсивному охолодженні;

- відколювання шару окалини внаслідок вибухового випаровування води, що проникає в тріщини в шарі окалини;

- змивання відокремилися часток окалини за рахунок похилого напрямку струменя.

Для того, щоб забезпечити ефективність процесу видалення окалини необхідно враховувати не тільки результат самого процесу, а й споживання енергії накачування і води для збивання окалини. Крім того, слід взяти до уваги простої через засмічення сопел, витрати на ремонт і технічне обслуговування, а також фактори, що впливають на подальший процес прокатки, такі, наприклад, як охолодження смуги. Ефективність установки забезпечується за рахунок двох основних елементів:

- високоефективних розпилювальних сопел;

- оптимізованого розташування сопел.

Крім високої експлуатаційної готовності та надійності, виробник сопел зобов'язаний забезпечити такі параметри:

- розподіл розпилюється води;

- розподіл удару струменя;

- швидкість потоку;

- ширину (діапазон) розпилення і товщину струменя.

Для забезпечення високої якості продукції всі ці параметри сопла необхідно підтримувати в межах жорстких пропусків, щоб постійно зберігати форму розпилу і силу удару, які відповідають вимогам. Отже, тільки виробник має в своєму розпорядженні складну виробничу технологію, систему управління якістю та методи контролю, відповідні новітнім стандартам, а також і комп'ютеризовану (автоматизовану) вимірювальну апаратуру, може забезпечити відтворюваність

робочих умов табору. Сучасні сопла для видалення окалини працюють при такому високому тиску, як 300 бар G і більш. З огляду на, що швидкість води для збивання окалини на виході з отвору сопла становить приблизно 200 м / с при тиску 200 бар, очевидно, що тільки використання матеріалів, що володіють високою зносостійкістю, таких, як карбід вольфраму, може гарантувати оптимальний термін служби такого сопла.[ 6].

Окрім застосування системи гідробивання окалини, існує ще одне технічне рішення для зменшення об'єму браку, що виникає через окалину. Так, застосування окалиноломача перед початком деформації прокату у валках, дозволить суттєво зменшити наявність окалини на поверхні гарячої заготовки.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Використання окалиноломача призводить до необхідності розробки нового режиму деформації. Для визначення технології прокатки круглого профілю діаметром 34мм необхідно визначити деформаційні параметри прокатки, розрахувати кінематичні і енергосилові параметри прокатки. Вихідні дані для подальшого розрахунку наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Початкові данні

Марка сталі	Температу-ра початку прокатки, t°C	Діамет-ри валків, мм	Оберти двигуна, об/мин	Розміри готової продук-ції	Валки	
					мате-ріал	L <sub>6</sub> , l <sub>ш</sub> , мм
ШХ15СГ	1200-1160	D <sub>6</sub> =333-302, D <sub>ш</sub> =180	200-400	Круг 34	Сталь 55Х	900, 292

Додаткові вихідні данні:

- Розміри заготовки: квадрат 105мм = 0,105м;
- потужність приводів по клітям: N<sub>500</sub> = 736 кВт, N<sub>325</sub> = 1250 кВт;
- максимальні навантаження (сила та момент прокатки): M<sub>кр 325</sub> = 3,7 тм, P<sub>подш.500</sub> = 165 тм;
- швидкість переміщення металу по рольгангу: V = 2,5 м/сек;
- характеристика стану наведена в пункті 1.1 ПЗ.

## **2.1 Обґрунтування запропонованого технологічного процесу виробництва круга 34 мм з сталі ШХ15СГ**

Якість готового прокату визначається якістю заготовки та якістю поверхні металу в проміжних проходах. Якість поверхні заготовки в перших проходах визначається присутністю окалини на поверхні. В процесі деформації окалина вм'яється в прокат, травмуючи його. У наступних проходах ця вм'ятина не видаляється, а лише зменшується, що викликає необхідність механічної обробки. Для поліпшення якості прокату дорогих сталей і сплавів пропонується використовувати перший і другий прохід в обтискний кліт для розпушування окалини з невеликими ступенями обтиснень (до 5%), і кантуванням між ними. Ці проходи використовуються як проходи в окалиноломачі, що дозволяє уникнути негативного впливу окалини на якість поверхні чистового прокату. Нова технологія передбачає застосування гідрозбиву окалини на додаток окалиноломача. Гідрозбів окалини відбувається безпосередньо після першого проходу і після другого з попередньої кантуванням прокату на 90 °. Застосування нової схеми прокатки і технології видалення окалини з поверхні металу дозволить скоротити обсяг дорогого металу, що потребує подальшої механічної обробки на 60 т щомісяця.

## **2.2 Визначення деформаційних параметрів прокатки**

Розрахунок деформаційного режиму для ящиккових калібрів відрізняється від розрахунку овальних, квадратних, ромбічних і круглих калібрів. У загальному випадку режим обтиску визначається:

- захоплюючої здатності валків;
- міцності валків;
- потужністю головного приводу;

- стійкістю прокатки;
- пластичністю матеріалу.

У ящиківих калібрах максимально допустимі обтиску обмежені захоплюючої здатністю валків і їх міцністю [7-8].

$$\Delta h_{\max} = D(1 - \cos \alpha), \quad \alpha_{\max} = \beta, \quad \beta = \arctg f_{\text{зах}},$$

$$f_{\text{зах}} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 (0,84 - 0,0004t),$$

де,  $\alpha_{\max}$  - кут захвату розрахований або заданий,  $\beta$  - кут тертя,  $f_{\text{зах}}$  - коефіцієнт тертя при захваті,  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  - коефіцієнти, що враховують швидкість прокатки, стан поверхні валків, хімічний склад.

При швидкості прокатки, що дорівнює 2,94 м/с  $\alpha_1 = 0,8$ ; при наявності сталевих валків  $\alpha_2 = 1,2$ ; при прокатці матеріалу з вмістом вуглецю рівним 0,95 – 1,05  $\alpha_3 = 0,8$ .

$$f_{\text{зах}} = 0,8 \times 1,2 \times 0,8 (0,84 - 0,0004 \times 1160) = 0,29,$$

$$\beta = \arctg 0,29 = 16,2^\circ,$$

$$\Delta h_{\max} = 460(1 - \cos 16,2) = 18,3 \text{ мм.}$$

Максимальне обтиснення розраховується через допустиме зусилля. Допустиме зусилля обчислюється з міцності валків:

$$\Delta h_{\max} = \frac{1}{R} \left( \frac{[P]}{p_{\text{cp}} * b} \right)^2.$$

Необхідно визначити  $[P]$  та  $p_{cp}$  :

$$p_{cp} = \sigma_T \times n_\sigma$$

де,  $[P]$  - допустиме значення сили по бочці, шийкі;  $p_{cp}$  - середній контактний тиск;  $\sigma_T$  - межа текучості;  $n_\sigma$  - коефіцієнт напруження.

В першому наближенні:

$$n_\sigma = \frac{1}{2} \left( \frac{l_\delta}{h_{cp}} + \frac{h_{cp}}{l_\delta} \right), \quad \text{при умові} \quad 0,2 < \frac{l_\delta}{h_{cp}} < 2;$$

$$l_\delta = \sqrt{R \times \Delta h};$$

$$h_{cp} = \frac{h_0 + h_1}{2};$$

$$\Delta h = h_0 - h_1.$$

$$n_\sigma = 0,75 + 0,25 \frac{l_\delta}{h_{cp}}, \quad \text{при умові} \quad \frac{l_\delta}{h_{cp}} > 2.$$

$$n_\sigma = \left( \frac{l_\delta}{h_{cp}} \right)^{0,4}, \quad \text{при умові} \quad \frac{l_\delta}{h_{cp}} < 1.$$

$$\sigma_T = 390 \text{ МПа}; \quad l_\delta = \sqrt{230 \times 18} = 64,3 \text{ мм}; \quad h_{cp} = \frac{105 + 87}{2} = 96 \text{ мм};$$

$$\Delta h = 105 - 87 = 18 \text{ мм}; \quad \frac{l_\delta}{h_{cp}} = \frac{64,3}{96} = 0,67 < 1; \quad n_\sigma = \left( \frac{64,3}{96} \right)^{0,4} = 0,85;$$

$$p_{cp} = 390 \times 0,85 = 332 \text{ МПа};$$

З двох значень максимальних ступенів обтиснень отриманих через захоплюючу здатності валків і допустимими зусиллями вибираємо найперше, тому що воно найменше.

Допустиме зусилля розраховується конструкцією стану, валків і розраховується по різному: бочка валка:

$$[P]_б = \frac{0,4 \times D_б^3 \times [\sigma_u]}{L_б + l_{uu} - 0,5 \times b}$$

Шийка валку:

$$[P]_{uu} = \frac{0,4 \times d_{uu}^3 [\sigma_p]}{\sqrt{l_{uu}^2 + R \times \Delta h}}; [\sigma_p] = [\sigma_u],$$

де, b- ширина листа, що прокатується.

$$[\sigma_u] = 110 \frac{\text{кГ}}{\text{мм}^2};$$

$$[P]_б = \frac{0,4 \times 460^3 \times [110]}{1450 + 285 - 0,5 \times 105} = 254,5488 \text{ МПа};$$

$$[P]_{uu} = \frac{0,4 \times 280^3 \times 110}{\sqrt{285^2 + 140 \times 18}} = 333,7700 \text{ МПа.}$$

$$\Delta h_{\max} = \frac{1}{230} \left( \frac{2545488}{332 \times 105} \right)^2 = 23 \text{ мм}$$

З кількох значень вибираються мінімальні. При відомих максимальних обтиснень 18,3 мм і 23 мм вибираються мінімальні обтиснення 18 мм і по ньому ведеться розрахунок. Зробимо розрахунок деформаційного режиму для систем

ромб- квадрат і овал - коло. Для розрахунку режиму обтиснень в сортових калібрах застосовується наступна методика.

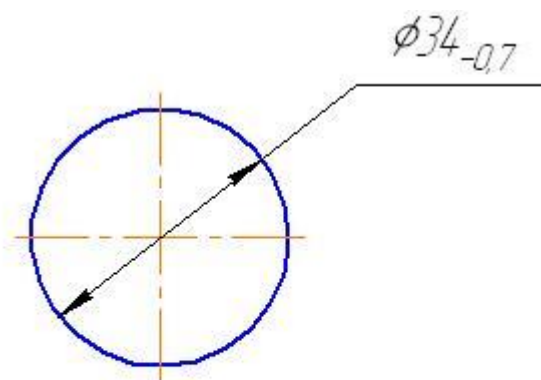
#### Розрахунок чистового калібру.

При конструюванні калібру чистового кола слід враховувати температурне розширення металу і допуски на відхилення розмірів готового профілю. Діаметр профілю в гарячому стані [9]:

$$d_z = (1,012 \dots 1,015) \times \left( d_x + \frac{\Delta}{2} \right);$$

$$d_z = 1,015 \times (34 + 0,55) = 35,1 \text{ мм.}$$

Чистовий круг наведен на рис. 2.1.



*Рисунок 2.1. – Чистовий круг*

#### Розрахунок передчистового та чистового калібрів

При прокатуванні круглої сталі, після чорнових калібрів систем ромб - квадрат йде передчистовий квадрат, овал і чистовий круг. Передчистовий квадрат останній калібр системи чорнових калібрів. Чистове коло і передчистовий овал розраховуються окремо від чорнових калібрів. Для визначення площі перетину

предчистового овалу необхідно знати коефіцієнт витяжки в круглому чистовому калібрі. Маємо:

$$\mu_{кр1} = 1,12 + 0,0004 \times d ,$$

де  $d$  – діаметр круга, що прокатується.

Розширення в чистовому колі:

$$\Delta b_{кр} = m \times d ,$$

$$m = 0,11 - 0,0003 \times d + 0,35(\mu_{кр} - 1) - 0,00004(800 - D) .$$

Висота передчистового овалу:

$$h_{ов} = d - \Delta b_{кр} .$$

Площа овалу:

$$Q_{ов} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \mu_{кв} .$$

Ширина передчистового овалу:

$$b_{ов} = \frac{3 \times Q_{ов}}{3 \times S + 2 \times (h_{ов} + S)} = \frac{3 \times Q_{ов}}{2 \times h_{ов} + S} .$$

Коефіцієнт витяжки в передчистовому овалі вибирається невеликий, враховуючи знос калібру, форму передчистового овалу за рахунок його незаповнення. Коефіцієнт витяжки:

$$\mu_{ov} = 1,21 + 0,0004 \times d$$

Площа передчистового квадрату:

$$Q_{kv} = \mu_{ov} \times Q_{ov} = 0,98 \times C_2^2,$$

звідки

$$C_2 = \sqrt{1,02 \times Q_{kv}}$$

Зробимо розрахунок:

$$\mu_{kp1} = 1,12 + 0,0004 \times 35,1 = 1,134;$$

$$m = 0,11 - 0,0003 \times 35,1 + 0,35(1,134 - 1) - 0,00004(800 - 320) = 0,127 ;$$

$$\Delta b_{kp} = 0,127 \times 35,1 = 4,46;$$

$$h_{ov} = 35,1 - 4,46 = 30,64 \text{ мм} ;$$

$$Q_{ov} = \frac{3,14 \times 35,1^2}{4} \times 1,134 = 1096,7 \text{ мм}^2 ;$$

$$b_{ov} = \frac{3 \times 1096,7}{2 \times 30,64 + 4} = 50,4 \text{ мм} ;$$

$$\mu_{ос} = 1,21 + 0,0004 \times 35,1 = 1,224 ;$$

$$Q_{кв} = 1,224 \times 1096,7 = 1342,4 \text{ мм}^2 ;$$

$$C_2 = \sqrt{1,02 \times 1342,4} = 37 \text{ мм}.$$

### Розрахунок системи калібрів ромб – квадрат

Допустиме обтиснення в квадратному калібрі дорівнює:

$$\Delta h_{кв} = (D - 1,41 \times C) \times (1 - \cos \alpha) ;$$

$$\alpha = 53,2 - 0,0185 \times t - 3 \times V ;$$

$$\alpha = 53,2 - 0,0185 \times 1000 - 3 \times 3,6 = 45,5 ;$$

$$\Delta h_{кв} = (330 - 1,41 \times 37) \times (1 - 0,7) = 83,35 \text{ мм}.$$

Коефіцієнт витяжки, що відповідає допустимим обтисненням в квадратному калібрі, при  $D \leq 500$  мм:

$$\mu = 1 + \frac{\Delta h_{кв}}{2,1 \times C} + \frac{2,17 - 0,01 \times C - 0,008 \times D}{2,1 \times C}$$

$$\mu = 1 + \frac{83,35}{2,1 \times 37} + \frac{2,17 - 0,01 \times 37 - 0,008 \times 330}{2,1 \times 37} = 1,062$$

Розширення в квадратному калібрі дорівнює:

$$\Delta b_{кв} = k_{кв} \times \Delta h_{ср} ;$$

$$\Delta h_{cp} = \frac{\Delta h_{кв}}{2} = \frac{83,35}{2} = 41,675;$$

$$k_{кв} = \frac{3,03 - (1,76 - 0,00018 \times D) \times \mu}{\sqrt[4]{C_1} - 0,1 \times \sqrt{C_1}} ;$$

$$k_{кв} = \frac{3,03 - (1,76 - 0,00018 \times 330) \times 1,062}{\sqrt[4]{37} - 0,1 \times \sqrt{37}} = 0,64 ;$$

$$\Delta b_{кв} = 0,64 \times 41,675 = 26,8 \text{ мм.}$$

Висоту та ширину ромбічного калібру знаходимо за наступними формулами:

$$b_p = 1,41 \times C_1 + \Delta h_{кв} ;$$

$$h_p = 1,41 \times C_1 - \Delta b_{кв} ;$$

$$b_p = 1,41 \times 37 + 83,35 = 135,52 \text{ мм};$$

$$h_p = 1,41 \times 37 - 26,68 = 25,49 \text{ мм.}$$

Сторона великого квадрату визначається:

$$C_2 = \frac{2 \times b_p + k_p \times h_p}{1,41 \times k_p + 2,82} ;$$

$$C_2 = \frac{2 \times 135,52 + 0,77 \times 25,49}{1,41 \times 0,77 + 2,82} = 74,4 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт показника розширення при завданні великого квадратного прокату в ромбічний калібр:

$$k_p = \frac{1.27}{h_p + b_p} \times \sqrt{(0.55 \times b_p - 0.45 \times h_p) \times \frac{D - h_p}{2}};$$

$$k_p = \frac{1.27}{25,49 + 135,52} \times \sqrt{(0.55 \times 135,52 - 0.45 \times 25,49) \times \frac{330 - 25,49}{2}} = 0.77.$$

З умови стійкості ромбічного прокату проводимо коригування обтиску в квадратному калібрі, за умови  $b_p/h_p \leq 1.75$ :

$$\Delta h'_{кв} = \frac{1,06 \times C_1}{1 + 0,875 \times k_{кв}} ;$$

$$\Delta h'_{кв} = \frac{1,06 \times 37}{1 + 0,875 \times 0,64} = 25 \text{ мм.}$$

Так як з'явилося нове значення обтиску в квадраті, коригуються всі розміри ромба по вище наведеним виразам. Аналогічно розраховуються всі калібри, поки не отримано значення заданого вихідного квадрату.

$$\mu = 1 + \frac{25}{2,1 \times 37} + \frac{2,17 - 0,01 \times 37 - 0,008 \times 330}{2,1 \times 37} = 1,31 ;$$

$$\Delta h_{cp} = \frac{\Delta h_{кв}}{2} = \frac{25}{2} = 12,5;$$

$$k_{кв} = \frac{3,03 - (1,76 - 0,00018 * 330) * 1,31}{\sqrt[4]{37} - 0,1 * \sqrt{37}} = 0,43 ;$$

$$\Delta b_{кв} = 0,43 \times 12,5 = 5,4 \text{ мм.}$$

$$b_p = 1,41 \times 37 + 25 = 77,2 \text{ мм};$$

$$h_p = 1,41 \times 37 - 5,4 = 46,77 \text{ мм}.$$

$$k_p = \frac{1,27}{46,77 + 77,2} \times \sqrt{(0,55 \times 77,2 - 0,45 \times 46,77) \times \frac{330 - 46,77}{2}} = 0,56.$$

Таким чином скоригована сторона великого квадрата дорівнюватиме:

$$C_2 = \frac{2 \times 77,2 + 0,56 \times 46,77}{1,41 \times 0,56 + 2,82} = 50 \text{ мм}.$$

### Розрахунок ящичних калібрів

Для розрахунку режиму обтиску в ящичкових калібрах використовується така методика [10]:

Сумарне обтиснення по сторонам Н та В:

$$\Sigma \Delta h_H = H_0 - h_0 + k(B_0 - b_0);$$

$$\Sigma \Delta h_B = B_0 - b_0 + k(H_0 - h_0);$$

де,  $k=0,10 \dots 0,25$  – коефіцієнт розширення.

$$H_0 = 105 \text{ мм}; h_0 = 50 \text{ мм};$$

$$B_0 = 105 \text{ мм}; b_0 = 93 \text{ мм}.$$

$$\Sigma \Delta h_H = (105 - 50) + 0,15(105 - 93) = 56,8 \text{ мм};$$

$$\Sigma \Delta h_B = (105 - 93) + 0,15(105 - 50) = 20,25 \text{ мм}.$$

Число проходів по сторонам Н та В:

$$n_H = \frac{\Sigma \Delta h_H}{\Delta h_{\max}} ; n_B = \frac{\Sigma \Delta h_b}{\Delta h_{\max}} ; n = n_H + n_B .$$

$$n_H = \frac{56.8}{18} = 3.1 \Rightarrow 3 ; n_B = \frac{20.25}{18} = 1.1 \Rightarrow 2 ; n = 3 + 2 = 5$$

Округляємо до цілого числа, таким чином, щоб значення  $n$  було парним.  
Уточнюємо обтиск по сторонам  $H$  та  $B$ :

$$\Delta h_H = \frac{\Sigma \Delta h_H}{n_H} ;$$

$$\Delta h_B = \frac{\Sigma \Delta h_B}{n_B} .$$

$$\Delta h_H = \frac{56.8}{3.1} = 18.3 \Rightarrow 18 ;$$

$$\Delta h_B = \frac{20.25}{1.1} = 18.4 \Rightarrow 18 .$$

Отримане значення округляємо до 0 або 5 і щоб не перевищували максимального обтиску. За кількістю проходів вибираємо схему прокатки. Результати розрахунків деформаційних параметрів прокатки круглої сталі діаметром 34 мм представлені в табл. 2.3, існуючі деформаційні параметри прокатки наведені в табл. 2.2. Для впровадження нової технології системи збивання окалини додаємо два проходи в обтискних калібрах з маленькими ступенями деформації для розпушування окалини з подальшим її змивом з поверхні металу.

Таблиця 2.2 - Параметри деформації при прокатуванні круга 34 мм ШХ15СГ (існуючий варіант)

№ П/П	Клеїть	Калібр						a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>ср</sub>	h	b	Δh	Δb	$\frac{\Delta b}{\Delta h}$	F	μ	α <sup>0</sup>
		a	H <sub>к</sub>	B <sub>к</sub>	R	r	S	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм <sup>2</sup>	
1	обт. ящ.	-	87	120	-	20	6	-	-	-	88,5	109,2	16,5	4,2	0,25	9160		
2	обт. ящ.	-	67	122	-	20	6	-	-	-	70,9	113,6	17,6	4,4	0,25	7585	1,205	17 <sup>0</sup> 30
3	обт. ящ.	-	87	79,5	-	15	6	-	-	-	87,2	73,5	26,4	2,6	0,1	6240	1,215	22 <sup>0</sup> 4
4	обт. ящ.	-	62	78	-	13	6	-	-	-	64,6	82	22,6	8,5	0,375	4820	1,295	19 <sup>0</sup> 44
5	обт.трап.	-	46	104	54,6	15	6	-	-	-	49,4	97,2	15,2	15,2	1,0	3487	1,382	22 <sup>0</sup> 34
6	обт. кв.	50	62,4	64,7	-	10	6	51,6	53,2	52,4	65,7	59,5	31,5	10,1	0,32	2568	1,357	23 <sup>0</sup> 21
7	обт.ромб.	45	46,6	80,0	45	9	6	-	-	-	47,4	72,4	12,1	6,7	0,554	1955	1,315	14 <sup>0</sup> 7
8	1-а чист. кв.	39	48,7	51,1	-	7,8	4	40,2	40,2	40,2	50,2	50,9	22,2	3,5	0,157	1560	1,252	22 <sup>0</sup> 46
9	4-а чист. овал.	-	32,3	49,0	28,4	-	4	-	-	-	31,7	47,8	8,5	7,6	0,897	1142	1,362	20 <sup>0</sup> 02
10	5-а чист. круг	-	35,1	35,1	17,55	-	3	-	-	-	34,9	34,9	12,9	3,2	0,248	955	1,2	17 <sup>0</sup> 46

Таблиця 2.3 - Параметри деформації при прокатуванні круга 34 мм ШХ15СГ (запропонований варіант)

№ п/п	Клей	Калібр						a <sub>1</sub> мм	a <sub>2</sub> мм	a <sub>cp</sub> мм	Δh мм	Δb мм	Δb Δh мм	F мм <sup>2</sup>	μ	α <sup>0</sup>
		a мм	H <sub>k</sub> мм	B <sub>k</sub> мм	R мм	r мм	S мм									
1	обт. ящ.к.		100	105,6	-	15	6	-	-	-	5	0,6	0,12			
2	обт. ящ.		100,6	100	-	15	6	-	-	-	5	0,67	0,13	10060	1,205	20,45
3	обт. ящ.к.		82,6	104	-	15	6	-	-	-	18	4	0,22	8528	1,215	21,2
4	обт. ящ.		86	86,6	-	15	6	-	-	-	18	4	0,22	7447	1,235	19,32
5	обт. ящ.к.		68	91	-	15	6	-	-	-	18	4,7	0,26	6188	1,275	20,22
6	обт. ящ.	-	68	76,5	-	13	6	-	-	-	23	8,5	0,375	5202	1,295	19 <sup>0</sup> 44
7	обт.	-	44,5	91	54,6	15	6	-	-	-	23,5	15,2	1,0	3487	1,382	22 <sup>0</sup> 34

	трап.																
8	обт. кв.	50	62,4	64,7	-	10	6	51,6	53,2	52,4	31,5	10,1	0,32	2568	1,357	23 <sup>0</sup> 21	
9	обт. ромб.	45	46,77	77,2	45	9	6	-	-	-	12,1	6,7	0,554	1955	1,315	14 <sup>0</sup> 7	
10	1-а чист. кв.	37	48,7	51,1	-	7,8	4	40,2	40,2	40,2	22,2	5,4	0,157	1342,4	1,31	22 <sup>0</sup> 46	
11	4-а чист. овал.	-	30,64	50,4	28,4	-	4	-	-	-	8,5	7,6	0,897	1096,7	1,224	20 <sup>0</sup> 02	
12	5-а чист. круг	-	35,1	35,1	17,55	-	3	-	-	-	12,9	4,46	0,248	967,1	1,134	17 <sup>0</sup> 46	

### 2.3. Розрахунок кінематичних параметрів прокатування

Для визначення швидкісного режиму прокатки необхідно знати швидкість на виході з осередку деформації [11].

$$V_1 = V_0(1 + S) \text{ - для кожного проходу.}$$

$$V_0 = \frac{\pi D_n}{60}; \quad S = \frac{R \times \gamma^2}{h_1}; \quad \gamma = \left(\frac{\alpha}{2}\right) \times \left(1 - \frac{\alpha}{2f_y}\right); \quad \alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}},$$

де,  $f_y$  - коефіцієнт тертя при сталому режимі прокатки.

$$f_y = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3(0.55 - 0.00024t);$$

де,  $\alpha_1 = 0,8 \dots 1,1$ ;  $\alpha_2 = 1,0 \dots 1,6$ ;  $\alpha_3 = 0,4 \dots 1,0$  [6].

$$f_y = 0.8 \times 1.2 \times 0.9 \times (0.55 - 0.00024 * 1160) = 0.23;$$

Зусилля захоплення в проміжних проходах:

$$\alpha_{1,2} = \sqrt{\frac{5}{230}} = 0.14; \quad \alpha_{3,4,5} = \sqrt{\frac{18}{230}} = 0.28; \quad \alpha_6 = \sqrt{\frac{23}{230}} = 0.31;$$

$$\alpha_7 = \sqrt{\frac{23.5}{230}} = 0.32; \quad \alpha_8 = \sqrt{\frac{31.5}{230}} = 0.37; \quad \alpha_9 = \sqrt{\frac{12.1}{230}} = 0.23;$$

$$\alpha_{10} = \sqrt{\frac{22.2}{165}} = 0.36; \quad \alpha_{11} = \sqrt{\frac{8.5}{165}} = 0.22; \quad \alpha_{12} = \sqrt{\frac{12.9}{165}} = 0.27.$$

Нейтральні кути в проміжних проходах:

$$\begin{aligned} \gamma_{1,2} &= \frac{0,14}{2} \left( 1 - \frac{0,14}{2 * 0,23} \right) = 0,097 ; & \gamma_{3,4,5} &= \frac{0,28}{2} \left( 1 - \frac{0,28}{2 * 0,23} \right) = 0,054 ; \\ \gamma_6 &= \frac{0,31}{2} \left( 1 - \frac{0,31}{2 * 0,23} \right) = 0,05 ; & \gamma_7 &= \frac{0,32}{2} \left( 1 - \frac{0,32}{2 * 0,23} \right) = 0,048 ; \\ \gamma_8 &= \frac{0,37}{2} \left( 1 - \frac{0,37}{2 * 0,23} \right) = 0,035 ; & \gamma_9 &= \frac{0,23}{2} \left( 1 - \frac{0,23}{2 * 0,23} \right) = 0,06 ; \\ \gamma_{10} &= \frac{0,36}{2} \left( 1 - \frac{0,36}{2 * 0,23} \right) = 0,038 ; & \gamma_{11} &= \frac{0,22}{2} \left( 1 - \frac{0,22}{2 * 0,23} \right) = 0,057 ; \\ & & \gamma_{12} &= \frac{0,27}{2} \left( 1 - \frac{0,27}{2 * 0,23} \right) = 0,056 . \end{aligned}$$

Визначаємо випередження:

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{230 * 0,097^2}{100} = 0,02 ; & S_2 &= \frac{230 * 0,097^2}{100,6} = 0,022 ; \\ S_3 &= \frac{230 * 0,054^2}{82,6} = 0,008 ; & S_4 &= \frac{230 * 0,054^2}{86} = 0,0078 ; \\ S_5 &= \frac{230 * 0,054^2}{68} = 0,01 ; & S_6 &= \frac{230 * 0,05^2}{68} = 0,0084 ; \\ S_7 &= \frac{230 * 0,048^2}{44,5} = 0,012 ; & S_8 &= \frac{230 * 0,035^2}{62,4} = 0,004 ; \\ S_9 &= \frac{230 * 0,06^2}{46,6} = 0,02 ; & S_{10} &= \frac{165 * 0,038^2}{48,7} = 0,005 ; \\ S_{11} &= \frac{165 * 0,057^2}{32,3} = 0,02 ; & S_{12} &= \frac{165 * 0,056^2}{35,1} = 0,015 ; \end{aligned}$$

$$V_{\text{в.об}} = \frac{3,14 * 460 * 140}{60} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}} ;$$

$$V_{\text{в.к}} = \frac{3,14 * 330 * 220}{60} = 3,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} ;$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= 3(1 + 0,02) = 3,06 \text{ м/с}; & V_2 &= 3(1 + 0,022) = 3,066 \text{ м/с}; \\
 V_3 &= 3(1 + 0,008) = 3,024 \text{ м/с}; & V_4 &= 3(1 + 0,0078) = 3,02 \text{ м/с}; \\
 V_5 &= 3(1 + 0,01) = 3,03 \text{ м/с}; & V_6 &= 3(1 + 0,0084) = 3,025 \text{ м/с}; \\
 V_7 &= 3(1 + 0,012) = 3,04 \text{ м/с}; & V_8 &= 3(1 + 0,004) = 3,012 \text{ м/с}; \\
 V_9 &= 3(1 + 0,02) = 3,06 \text{ м/с}; & V_{10} &= 3,5(1 + 0,005) = 3,517 \text{ м/с}; \\
 V_{11} &= 3,5(1 + 0,02) = 3,57 \text{ м/с}; & V_{12} &= 3,5(1 + 0,015) = 3,55 \text{ м/с}.
 \end{aligned}$$

Розрахунок температурного режиму прокатки.

Для сортової прокатки падіння температури визначається за формулою:

$$\Delta t = t + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{t + \Delta t_0 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times \Pi \times \tau}{\omega}}};$$

$$\Delta t_0 = 0,183 * \sigma_T * \ln \lambda,$$

$$\alpha = \frac{\omega_0}{\omega_1};$$

де,  $\Pi$  – периметр поперечного перерізу попереднього проходу;  $\omega$  - площа перерізу після попереднього проходу;  $\lambda$  - коефіцієнт витяжки.

$$\Pi_1 = 200 + 2(105,6) = 411,2 \text{ мм}; \quad \omega_1 = 100 \times 105,6 = 10560 \text{ мм}^2;$$

$$\Pi_2 = 200 + 2(100,6) = 401,2 \text{ мм}; \quad \omega_2 = 100,6 \times 100 = 10060 \text{ мм}^2;$$

$$\Pi_3 = 2(82,6) + 2(104) = 373,2 \text{ мм}; \quad \omega_3 = 82,6 \times 104 = 8591 \text{ мм}^2;$$

$$\begin{aligned}
 \Pi_4 &= 2 \times 86 + 2 \times 86,6 = 345,2 \text{ мм}; & \omega_4 &= 86 \times 86,6 = 7447,6 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_5 &= 2 \times 68 + 2 \times 91 = 318 \text{ мм}; & \omega_5 &= 68 \times 91 = 6188 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_6 &= 2 \times 68 + 2 \times 76,5 = 289 \text{ мм}; & \omega_6 &= 68 \times 76,5 = 5202 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_7 &= 52,5 \times 2 + 28 \times 4 = 217 \text{ мм}; & \omega_7 &= 3487 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_8 &= 50 \times 4 = 200 \text{ мм}; & \omega_8 &= 2568 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_9 &= 45 \times 4 = 180 \text{ мм}; & \omega_9 &= 1955 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_{10} &= 39 \times 4 = 156 \text{ мм}; & \omega_{10} &= 1560 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_{11} &= 125 & \omega_{11} &= 1142 \text{ мм}^2; \\
 \Pi_{12} &= 110 & \omega_{12} &= 9671 \text{ мм}^2.
 \end{aligned}$$

$$\Delta t_{\partial 1} = 5;$$

$$\Delta t_{\partial 2} = 0,183 \times 390 \times \ln 1.205 = 5,78;$$

$$\Delta t_{\partial 3} = 71,37 \times \ln 1.215 = 6,04; \quad \Delta t_{\partial 7} = 71,37 \times \ln 1.382 = 10,03;$$

$$\Delta t_{\partial 4} = 71,37 \times \ln 1.235 = 6,54; \quad \Delta t_{\partial 8} = 71,37 \times \ln 1.357 = 9,46;$$

$$\Delta t_{\partial 5} = 71,37 \times \ln 1.275 = 7,53; \quad \Delta t_{\partial 9} = 71,37 \times \ln 1.315 = 8,49;$$

$$\Delta t_{\partial 6} = 71,37 \times \ln 1.295 = 8; \quad \Delta t_{\partial 10} = 71,37 \times \ln 1.252 = 6,97;$$

$$\Delta t_{\partial 11} = 71,37 \times \ln 1.362 = 9,57; \quad \Delta t_{\partial 12} = 71,37 \times \ln 1.2 = 5,65.$$

$$\Delta t_1 = 1160 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1160 + 5 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 411,2 \times 7}{10560}}} = 4,8^\circ \text{ C}$$

$$\Delta t_2 = 1155,2 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1155,2 + 5,78 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 401,2 \times 6}{10060}}} = 5,6^\circ \text{ C}$$

$$\Delta t_3 = 1149,6 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1149,6 + 6,04 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 373,2 \times 7}{8591}}} = 4,6^\circ \text{ C}$$

$$\Delta t_4 = 1145 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1145 + 6,54 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 345,2 \times 7,5}{7447,6}}} = 5,4^\circ \text{ C}$$

$$\Delta t_5 = 1139,6 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1139,6 + 7,53 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 318 \times 8}{6188}}} = 6,4^\circ \text{ C}$$

$$\Delta t_6 = 1133,2 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1133,2 + 8 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 289 \times 8,5}{5202}}} = 7,7^\circ C$$

$$\Delta t_7 = 1125,5 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1125,5 + 10,03 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 217 \times 9}{3487}}} = 8,2^\circ C$$

$$\Delta t_8 = 1117,3 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1117,3 + 5 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 200 \times 10}{2568}}} = 15,1^\circ C$$

$$\Delta t_9 = 1102,2 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1102,2 + 8,49 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 180 \times 11}{1955}}} = 21,7^\circ C$$

$$\Delta t_{10} = 1080,5 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1080,5 + 6,97 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 156 \times 14}{1560}}} = 31,5^\circ C$$

$$\Delta t_{11} = 1049 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1049 + 9,57 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 125 \times 16}{1142}}} = 34,2^\circ C$$

$$\Delta t_{12} = 1014,8 + 273 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\left(\frac{1000}{1014,8 + 5,65 + 273}\right)^3 + \frac{0,0255 \times 110 \times 19}{967,1}}} = 42^\circ C$$

Таким чином, температура прокату після проходження останньої кліті буде рівна  $972,8^\circ C$ . Дана температура є вищою граничної температури кінця пластичної деформації при гарячій прокатки сталі ШХ15СГ. Додавання двох проходів в ящикових калібрах істотно не вплинуло на температуру після останнього обтиску.

## 2.4. Розрахунок енергосилових параметрів прокатки

Сила прокатки відповідно до [12] :

$$P = p_{cp} \times F_k = 332 \times 6457 = 214 \text{кН};$$

$$F_k = b_{cp} \times \sqrt{R \times \Delta h} = 105,3 \sqrt{160 \times 23,5} = 6457 \text{мм}^2;$$

$$b_{cp} = \frac{b_0 + b_1}{2} = \frac{105 + 105,6}{2} = 105,3 \text{мм}.$$

Момент прокатки на двох валках:

$$M_{np} = 2P \cdot a = 2p \cdot \psi \cdot l_d;$$

де,  $l_d$  – довжина осередку деформації.

$$\psi = 0,79 - 0,80 \frac{l_d}{h_{cp}} + 0,44 \left( \frac{l_d}{h_{cp}} \right)^2 \quad \text{- для блюмінга, слябінга;}$$

$$\psi = 0,79 - 0,8 \times \frac{105,6}{70} + 0,44 \times \left( \frac{105,6}{70} \right)^2 = 0,79 - 1,2 + 0,99 = 0,58 ;$$

$$M_{np} = 2 \times 214 \times 0,58 \times 105 = 26065,2 \text{кН} \cdot \text{мм} = 2606,5 \text{кГ} \cdot \text{м}.$$

### Потужність прокатки

$$N_{np} = M_{np} \times \omega; \quad \omega = \frac{\pi n}{60}$$

Потужність головного приводу визначається за формулами:

$$N_{\text{дв}} = 960 \frac{M_{\text{дв}} \times V}{R} \eta ;$$

$$\eta = 0,95; \quad \frac{V}{R} = \omega \quad - \text{кутова швидкість};$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{нр}} + M_{\text{мп1}} + M_{\text{мп2}} + M_{\text{хх}}}{i} ;$$

де,  $M_{\text{тр1}}$  – момент тертя в підшипниках;  $M_{\text{тр2}}$  – момент тертя деталей головної лінії стану;  $M_{\text{хх}}$  – момент холостого ходу;  $M_{\text{дин}}$  – динамічний момент;  $i$  – передаточне відношення редуктору.

$$M_{\text{мп1}} = P \times f_u \times d_u$$

$$M_{\text{мп2}} \left( \frac{1}{\eta_{\Sigma}} - 1 \right) (M_{\text{нр}} + M_{\text{мп1}}) ;$$

$$M_{\text{хх}} = 0,05 M_{\text{ном}} ;$$

де,  $f_u$  - коефіцієнт тертя в підшипниках [13];  $G D_{\text{я}}^2$  - приведений маховий момент;  $\varepsilon$  - прискорення;  $\eta_{\Sigma} = 0,85 \dots 0,99$ .

$$N_{\text{нр}} = 2606,5 \times \frac{3,14 \times 135}{60} = 18245,5$$

$$M_{\text{мп1}} = 214 \times 0,02 \times 280 = 119,84 \text{кг} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{мп2}} = \left( \frac{1}{0,9} - 1 \right) (2606,5 + 119,84) = 302,9 \text{кг} \cdot \text{м} ;$$

$$M_{\text{хх}} = 0,05 \times 2606,5 = 130,3 \text{кг} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{дв}} = \frac{2606,5 + 119,84 + 302,9 + 130,3}{1} = 3160 \text{кг} \cdot \text{м};$$

$$N_{\text{дв}} = 960 \times \frac{3160 \times 3,1}{220} \times 0,95 = 406 \text{кВт}.$$

Розрахункова потужність двигуна не перевищує потужність експлуатованого двигуна (736 кВт). Всі розрахункові енергосилові параметри прокатки не перевищують допустимих значень. Отримані результати - проведені розрахунки дрібносортового стану 325 з річною продуктивністю 72000 тн. Розроблено новий технологічний процес прокатки і режим обтиснень для круглого профілю перетином 34 мм з ШХ15СГ. Результати розрахунків кінематичних і енергосилових параметрів представлені у зведеній таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця кінематичних і енергосилових параметрів прокатки

№ П/П	$\alpha$	$\gamma$	S	V, м/с	П, мм	$\omega$ мм <sup>2</sup>	$\Delta t_d$	$\Delta t$ , °C	b <sub>ср</sub> , мм	F <sub>к</sub> , мм <sup>2</sup>	P, кН	M <sub>пр</sub> , кГ·м
1	0,14	0,097	0,02	3,06	411,2	10560	5	4,8	105,3	3492,4	116	1225
2	0,14	0,097	0,022	3,066	401,2	10060	5,78	5,6	102,8	3409,5	113	1130
3	0,28	0,054	0,008	3,024	373,2	8591	6,04	4,6	102	6418,7	213	2215,2
4	0,28	0,054	0,0078	3,02	345,2	7447,6	6,54	5,4	95,3	5997,1	199	1723,3
5	0,28	0,054	0,01	3,03	318	6188	7,53	6,4	88,8	5588,1	186	1692,6
6	0,31	0,05	0,0084	3,025	289	5202	8	7,7	83,75	5957,4	198	1514,7
7	0,32	0,048	0,012	3,04	217	3487	10,03	8,2	83,75	6021,9	200	1820
8	0,37	0,035	0,004	3,012	200	2568	9,46	15,1	77,85	6480,8	215	1391
9	0,23	0,06	0,02	3,06	180	1955	8,49	21,7	70,95	3660,6	122	941,8
10	0,36	0,038	0,005	3,517	156	1560	6,97	31,5	64,15	3823,3	127	649
11	0,22	0,057	0,02	3,57	125	1142	9,57	34,2	50,75	1871,6	62	312,5
12	0,27	0,056	0,015	3,55	110	9671	5,65	42	42,75	1942,2	65	228,2

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок валків на міцність [6]

Якість продукції, продуктивність стану, умови його нормальної роботи багато в чому визначаються міцністю прокатних валків, станом їх поверхні. Зазвичай основні розміри робочих валків вибираються виходячи з багаторічної практики їх виготовлення і експлуатації. Узгоджені з ГОСТ 5399 - 56, валки перевіряють на міцність і деформацію. Валок стану дуо можна розглядати як балку, що лежить на двох опорах, схильну до вигину під дією тиску металу на валки і кручення від прикладеного моменту приводу. В результаті спільної дії згинального і крутних моментів в небезпечних перетинах валка виникають напруження, величина яких не повинна перевищувати допустимих. Допустимі напруження в валках для кращого використання прокатного стану в більшості випадків приймаються високими, з п'ятикратним запасом міцності. Розрахункова схема навантаження валка приведена на рис. 3.1.

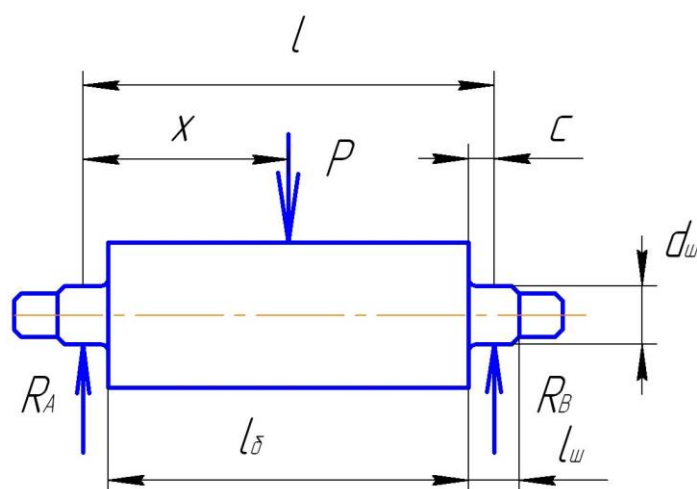


Рисунок 3.1. – Схема навантаження валку

Отже, при прокатуванні в різних калібрах величина тиску, діаметр бочки і відстань від осі натискного гвинта є змінними, то розрахунок напруження в бочці і шийці валка ведемо для найбільш несприятливого випадку, коли навантаження на валок буде прикладена по середині бочки. При розрахунку бочки валка напруження від кручення зазвичай не підраховуються, так як величина їх, в порівнянні з величиною напружень від вигину, набагато менше. Розрахунок бочки валка проводиться тільки на вигин. Вихідні дані для подальших розрахунків взяті з пунктів 1.2, 2.4 ПЗ.

Розрахунок бочки валка.

Визначаємо опорні реакції на шийки валка:

$$R_A = P \times \frac{l-x}{l} = 21.4 \frac{1192-596}{1192} = 10.7 \text{ т} = 10700 \text{ кг} = 107 \text{ кН};$$

$$R_B = P \frac{x}{l} = 21.4 \times \frac{596}{1192} = 10700 \text{ кг} = 107 \text{ кН}.$$

Згинальний момент в середньому перетині калібру:

$$M_{изг} = R_A \cdot x = 10700 \cdot 59.6 = 637720 \text{ кг} \cdot \text{см} = 6377,2 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Напруження згину в цьому перерізі:

$$\sigma_{изг.б} = \frac{M_{изг.б}}{0,1D_б^3} = \frac{637720}{0,1 \cdot 33^3} = 177,5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 1,775 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} = 17,75 \text{ Мпа}.$$

Розрахунок шийки валку.

Згинальний момент для шийки знаходимо за формулою:

$$M_{изг.ш} = R_A \cdot \frac{l_{ш}}{2} = 10700 \cdot \frac{29,2}{2} = 156220 \text{ кг} \cdot \text{см} = 1562,2 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Напруження згину:

$$\sigma_{изг.ш} = \frac{M_{изг.ш}}{0,1 \cdot d_{ш}^3} = \frac{156220}{0,1 \cdot 18^3} = 268 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 26,8 \text{ МПа}.$$

Крутний момент для приводної шийки:

$$M_{кр.ш} = M_{пр} + R_A \cdot f_{ш} \cdot \frac{d_{ш}}{2} = 260650 + 10700 \cdot 0,02 \cdot \frac{18}{2} = 262579 \text{ кг} \cdot \text{см} = 2625,79 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Напруження кручення:

$$\tau_{кр.ш} = \frac{M_{кр.ш}}{0,2 \cdot d_{ш}^3} = \frac{262579}{0,2 \cdot 18^3} = 225 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 22,5 \text{ Мпа}.$$

Наведені напруження в шийці, з урахуванням спільної дії згинального і крутного моментів:

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_{изг.ш}^2 + 3\tau_{кр.ш}^2} = \sqrt{268^2 + 3 \cdot 225^2} = 473 \frac{кг}{см^2} = 47,3 МПа.$$

Отримані значення напружень як для бочки, так і для шийки не перевищують допустимі

$$[\sigma] = 1100 \frac{кг}{см^2} = 110 МПа$$

### 3.2 Розрахунок натискного пристрою

Найбільшого поширення набули натискні механізми верхнього валку з обертанням натискного гвинта. Натискний гвинт сприймає зусилля на валки при прокатуванні, що припадає на одну шийку валка. На обтискних і сортових станах величина тиску, що припадає на один гвинт, може змінюватися в залежності від розташування калібру по довжині бочки валка. Натискні гвинти виготовляються з вуглецевої кованої або легованої сталі (40Х, 40ХН). При п'ятикратному запасі міцності допустиме напруження дорівнює:

$$[\sigma] = 1200 \dots 1500 \frac{кг}{см^2}$$

Розміри гвинта вибирають орієнтовно, а потім узгоджують з даними ГОСТ 3968 - 55. Обраний по ГОСТу діаметр порівнюється з діаметром, певним розрахунковим шляхом.

Зовнішній діаметр гвинта:  $d_0 = (0.55 \dots 0.62)d_{ш}$ ; шаг різі:  $S = (0.12 \dots 0.16)d_0$ ;  
внутрішній діаметр гвинта:  $d_1 = d_0 - 1.7S$ .

Розрахунковий діаметр натискного гвинта визначається по максимальному тиску на шийку валка без урахування поздовжнього вигину гвинта (зважаючи на малу відношення довжини виступаючої частини гвинта до його діаметра).

Розрахунковий діаметр розраховується за

$$d_{расч} = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]}}$$

де  $P$  – максимальний тиск на гвинт.

Гайки натискних гвинтів - найбільш зношувані елементи натискного пристрою. Їх виготовляють з литої бронзи. Діаметр гайки натискного гвинта і її висоту зазвичай вибирають з наступних співвідношень:

$$D = (1.5 \dots 1.8)d_0 ; H = (0.95 \dots 1.1)D.$$

Розрахунок натискного гвинта.

Необхідні для розрахунків розміри вказані на рис. 3.2.

Зовнішній діаметр натискного гвинта:

$$d_0 = (0.55 \dots 0.62)180 = 99 \text{ мм} = 0,099 \text{ м}.$$

Шаг різі:

$$S=(0.12\dots 0.16)d_0; S=(0.12\dots 0.16)99=12\text{мм}=0,012\text{м}.$$

Глибина різі гвинта:

$$t_1=0.868 \cdot S=0.868 \cdot 12=10,4\text{мм}=0,0104\text{м}.$$

Внутрішній діаметр гвинта (по глибині нарізки):

$$d_1=d_0 - 2t_1=99-2 \cdot 10.4=78.2 \text{ мм}=0,0782\text{м}.$$

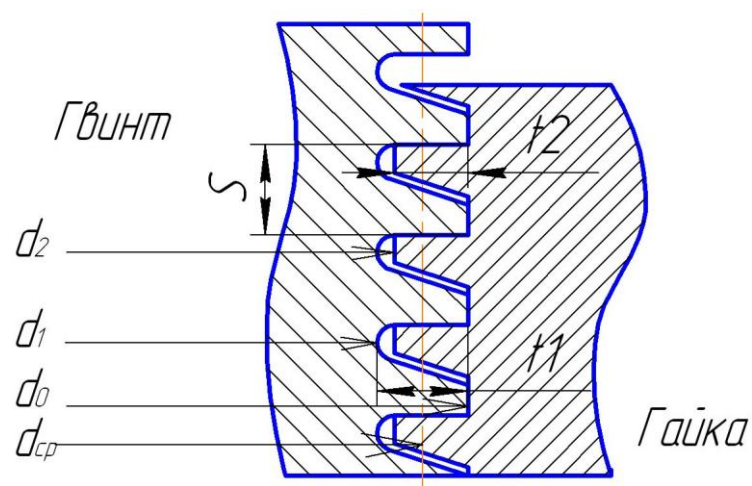


Рисунок 3.2. – Гвинтова пара

Виходячи з максимально можливого зусилля на натискний гвинт внутрішній діаметр його не повинен бути менше:

$$d_{1расч} = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21400}{3,14 \cdot 1200}} = 4,77 \text{ см} = 0,0477 \text{ м}$$

$$d_{1расч} < d_{1..}$$

Міцність гвинта забезпечується, так як розрахунковий діаметр менше обраного.

#### Розрахунок гайки.

Зовнішній діаметр гайки:

$$D = (1.5 \dots 1.8)d_0 = 1,7 \cdot 99 = 168,3 \text{ мм} = 0,1683 \text{ м.}$$

Висота гайки:

$$H = (0.95 \dots 1.1)D = 168 \text{ мм} = 0,168 \text{ м.}$$

Питомий тиск на опорну поверхню гайки:

$$q = \frac{4 \cdot P}{\pi(D^2 - D_1^2)} = \frac{4 \cdot 21400}{3,14(16,83^2 - 12,^2)} = 196 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 19,6 \text{ МПа.}$$

де  $D_1 = 120 \text{ мм}$  – діаметр в станині під натискний гвинт.

Допустиме напруженого змінання для бронзи:

$$[\sigma]_{cm} = 600 \dots 800 \frac{кг}{см^2} = 60 \dots 80 МПа.$$

Напруження зминання в різі гайки :

$$\sigma_{cm} = \frac{4P}{\pi(d_0^2 - d_2^2) \cdot n} = \frac{4 \cdot 21400}{3,14(9,9^2 - 8,6^2) \cdot 14} = 81 \frac{кг}{см^2},$$

де n – число витків різі на гайці;  $n = H/S = 168/12 = 14$ .

Напруження зрізу в різі гайки:

$$\sigma_{cp} = \frac{P}{\pi \cdot d_0 \cdot t \cdot n} = \frac{21400}{3,14 \cdot 9,9 \cdot 1 \cdot 14} = 49,2 \frac{кг}{см^2},$$

де t – товщина витка різі біля основи.

Допустиме напруження на зріз:

$$[\sigma]_{cp} = 500 \frac{кг}{см^2}.$$

Напруження згину в різі гайки.

Момент, що вигинає виток:

$$M_{изг} = \frac{P}{n} \cdot \frac{t_2}{2},$$

де  $t_2$  – висота витка різи;  $n$  – число витків різи.

$$M_{изг} = \frac{21400}{14} \cdot \frac{1,5}{2} = 1146 \text{ кг} \cdot \text{см};$$

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W_{изг}},$$

де  $W_{изг}$  – момент опору вигину одного витка

$$W_{изг} = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot t^2}{6} = \frac{3,14 \cdot 8,6 \cdot 1^2}{6} = 4,5 \text{ см}^3.$$

$$\sigma_{изг} = \frac{1146}{4,5} = 254,67 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 25,467 \text{ Мпа}$$

Допустиме напруження вигину:

$$[\sigma]_{изг} = 400 \dots 480 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 40 \dots 48 \text{ МПа}.$$

Розрахункові значення по напруженню, зминанню, зрізу і вигину не перевищують допустимих.

### 3.3 Розрахунок на міцність станини прокатного стану

Станини є найбільш відповідальними деталями робочої кліті. Вони повинні мати високу міцність і жорсткість, забезпечуючи тим самим високу точність прокатки; достатню продуктивність і надійність роботи стану.

Станини розраховуються на максимальне вертикальне зусилля. Горизонтальними зусиллями, що виникають при захопленні металу валками або при натягу, нехтують. Крім того, якщо моменти інерції верхньої і нижньої поперечки неоднакові, то виникає ще й горизонтальна сила. Її зазвичай не враховують, тому що моменти інерції вважають практично рівними.

Станини виконують з досить великим запасом міцності: коефіцієнт запасу міцності застосовується рівним не менше 10. Тоді для станини кліті 325

з сталі марки 35л (межа міцності  $\sigma_B = 50...60 \frac{\text{кГ}}{\text{мм}^2}$ , подовження  $\delta_s = 12...16\%$ ), допустимі напруження приймають рівними:

в поперечинах:

$$[\sigma]_n = 500...700 \frac{\text{кГ}}{\text{мм}^2};$$

в стійках :

$$[\sigma]_{cm} = 400...500 \frac{\text{кГ}}{\text{мм}^2}.$$

При поломці валків матеріал станин не повинен давати залишкових напружень. Виходячи з цієї умови, матеріал станин розраховується на максимальне зусилля, зазвичай лімітується міцністю шийки прокатного валка. Найбільш слабким місцем в робочій кліті найчастіше є шийка прокатного валка. Допустиме зусилля, що діє на шийку валку, можна визначити по міцності шийки на вигин:

$$P_{\max} = \frac{W \cdot [\sigma]}{c},$$

де  $W = 0.1 \cdot d_{ш}^3$  - момент супротиву шийки на згин;  $[\sigma] = 1400 \dots 1500 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  -

допустиме напруження,  $c$  – відстань від краю бочки валка до осі натискного гвинта.

$$P_{\max} = \frac{0.1 \cdot 18^3 \cdot 1400}{90} = 9072 \text{ кг} = 90,72 \text{ кН}$$

Для розрахунку на міцність і визначення жорсткості станини робочої кліті стану 325 скористаємося такою методикою розрахунку [7]:

1. Побудова нейтральної лінії станини, що проходить через центр ваги основних розрахункових перетинів станини (рис. 3.3). Перетин А - А верхній поперечки. Площа перетину:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 = 1120 \cdot 538 - 81000 - 99160 = 422400 \text{ мм}^2 = 0,4224 \text{ м}^2.$$

Статичний момент перетину щодо вісі  $x - x$ :

$$\begin{aligned} S &= F_1 \frac{H}{2} - F_2 \frac{h_1}{2} - F_3 \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) = 602560 \cdot 269 - 81000 \cdot 135 - 99160 \cdot 404 = \\ &= 162088640 - 10935000 - 40060640 = 111093000 \text{ мм}^3 = 0,111093 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Ордината центру тяжіння:

$$y_c = \frac{S}{F} = \frac{0.111093}{0.4224} = 0.263 \text{ м} .$$

Момент інерції перерізу відносно осі  $x_1 - x_1$ , що проходить через центр ваги:

$$J_A = J_1 - J_2 - J_3 ;$$

$$J_1 = B \cdot H \left[ \frac{H^2}{12} + \left( y_c - \frac{H}{2} \right)^2 \right] = 0.60256 \left[ \frac{0.538^2}{12} + \left( 0.263 - \frac{0.538}{2} \right)^2 \right] = 0.01455564 \text{ м}^4 ;$$

$$J_2 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + a_1 \cdot F_1 = \frac{0.27^3 \cdot 0.3}{12} + (0.263 - 0.403)^2 \cdot 0.081 = 0.002079675 \text{ м}^4 ;$$

$$J_3 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + a_2^2 \cdot F_2 = \frac{0.37 \cdot 0.268^3}{12} + 0.016641 \cdot 0.09916 = 0.002243627 \text{ м}^4 ;$$

$$J_A = 0.01455564 - 0.002079675 - 0.002243627 = 0.010232338 \text{ м}^4 .$$

Мінімальний момент опору перерізу:

$$W_A = \frac{J_A}{y_c} = \frac{0.010232338}{0.263} = 0.039 \text{ м}^3 .$$

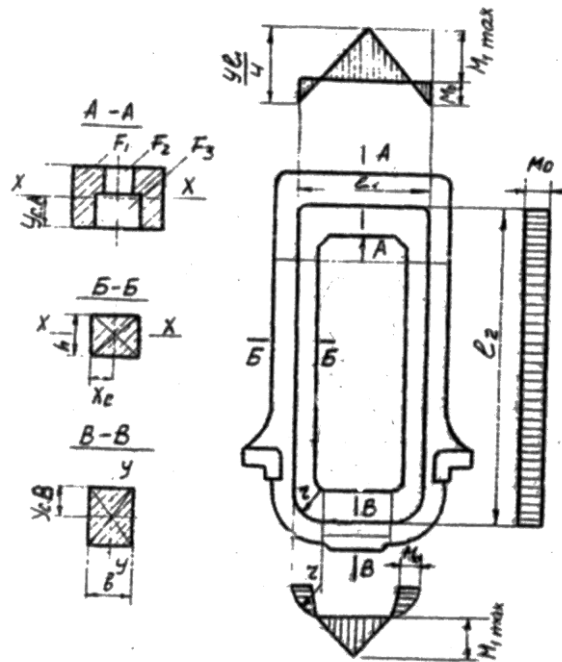


Рисунок 3.3 – Схема вигинаючих моментів станини

Переріз Б – Б стійки станини:

$$F = B \cdot H = 0.18 \cdot 0.158 = 0.02844 \text{ м}^2; \quad x_c = 0.09 \text{ м};$$

$$J_B = \frac{B \cdot H^3}{12} = 0.000059164 \text{ м}^4;$$

$$W_2 = \frac{J_B}{x_c} = \frac{0.000059164}{0.039} = 0.00066 \text{ м}^3.$$

Переріз В – В нижньої поперечини.

$$F = BH = 0.23 \cdot 0.158 = 0.03634 \text{ м}^2; \quad y_c = 0.115 \text{ м};$$

$$J_B = \frac{BH^3}{12} = \frac{0.158 \cdot 0.23^3}{12} = 0.000160198 \text{ м}^4 ;$$

$$W_1 = \frac{BH^2}{6} = \frac{0.158 \cdot 0.23^2}{6} = 0.0014 \text{ м}^3 .$$

Знаючи положення центрів ваги перетинів, будемо нейтральні лінії поперечин і стійок, з'єднуємо їх заокругленнями в кутах і таким чином отримуємо жорстку раму, навантажену вертикальними силами  $Y$ .

2. Статично невизначених момент в кутах рами:

$$k_1 = \frac{J_B}{J_B} = \frac{0,000160198}{0,000059164} = 2,71 \quad ; \quad k_2 = \frac{l_2}{l_1} = \frac{1090}{370} = 2.946$$

$$M_1 = \frac{Y \cdot l_1}{4} = \frac{9.027 \cdot 0.37}{4} = 0.835 \text{ м} \cdot \text{м} = 0,00835 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_0 = M_1 \cdot \frac{1}{2(1 + k_2 \cdot k_1)} = 0.00835 \frac{1}{2(1 + 2.946 \cdot 2.71)} = 0.000464732 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Таким чином, можна знайти момент, що вигинає в поперечині, він буде дорівнювати:

$$M_{II} = M_1 - M_0 = 0,00835 - 0,000464732 = 0,007885267 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

3. Напруження згину в середині поперечини:

- верхній – переріз А – А

$$\sigma_A = \frac{M_{II}}{W_A} = \frac{0.007885267}{0.039} = 0.2022 \frac{MH}{m^2};$$

- нижній – переріз В – В

$$\sigma_B = \frac{M_{II}}{W_B} = \frac{0.007885267}{0.0014} = 5.63 \frac{MH}{m^2}.$$

4. Напруження розтягування в стійці - перетин Б - Б знаходимо за формулою:

$$\sigma_B = \frac{M_0}{W_B} = \frac{0,000464732}{0,00066} = 0,7 \frac{MH}{m^2}.$$

Станина виготовлена зі сталі марки 35Л і після відпалу виливки має  $[\sigma_B] = 500 \frac{H}{мм^2}$ . Таким чином запас міцності станини буде дорівнює:

$$n = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{\max}} = \frac{500}{56.3} = 8.9.$$

З урахуванням наявності концентрації напруги в розточці під натискну гайку, приймаючи коефіцієнт концентрації  $k = 2,8$ , запас по втомній міцності буде:

$$n_f = \frac{1}{2k} \cdot n = \frac{1}{2} \cdot 2.8 \cdot 8.9 = 1.6.$$

Допустимий мінімальний запас для станин по втомної міцності дорівнює  $[n_f]=1.5$ . У нашому випадку розрахований запас по втомної міцності не перевищує мінімально допустимого.

5. Деформація станини в вертикальному напрямку, приймаючи  $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$ :

- розтягнення кожної стійки силою  $Y / 2$  знаходимо за формулою:

$$f_1 = \frac{Y \cdot l_2}{2E \cdot F_2} = \frac{90720 \cdot 1.09}{2 \cdot 210000 \cdot 0.081} = 0.29 \text{ мм};$$

- прогин двох поперечок від вигину:

$$f_2 = \left( \frac{Y \cdot l_1}{6} - M_0 \right) \frac{l_1^2}{4E \cdot J_1} = \left( \frac{90720 \cdot 0.37}{6} - 0.000464732 \right) \cdot \frac{0.37^2}{4 \cdot 210000 \cdot 0.01455564} = 0.063 \text{ мм};$$

- деформація двох поперечок від дії поперечних сил при  $G=0,75 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$  знаходимо за наступною формулою:

$$f_3 = 1.2 \frac{Y \cdot l_1}{2G \cdot F_1} = 1.2 \frac{90720 \cdot 0.37}{2 \cdot 75000 \cdot 0.60256} = 0.2 \text{ мм}.$$

Сумарна деформація станини в вертикальному напрямку в площині осі натискного гвинта буде рівна:

$$f_{cm} = 0,29 + 0,063 + 0,2 = 0,553 \text{ мм.}$$

Отже, всі отримані розрахункові значення не перевищують гранично допустимих, що говорить про надійність експлуатації даної станини.

## РОЗДІЛ 4

### НАГРІВАЛЬНІ ПЕЧІ

Полум'яна піч - це енергетичне і технологічне обладнання, в якому в результаті горіння палива утворюється теплова енергія, яка йде на теплову обробку металів [10, 15]. Промислова піч повинна задовольняти такі умови: забезпечувати високу продуктивність роботи, відповідати необхідним технічним умовам горіння; мати найменш можливі питомі витрати палива; забезпечувати мінімальне окалиноутворення і зневуглецювання; бути забезпеченою засобами автоматизації та механізації; мати просту конструкцію, забезпечувати безпечне обслуговування та ремонт, наявність автоматичного регулювання теплової роботи печі.

Сучасна нагрівальна полум'яна піч представляє собою складний теплової агрегат, що включає в себе власне піч і допоміжні пристрої для обслуговування. Конструкція і габаритні розміри нагрівальних печей металургійних підприємств дуже різноманітні, так як в них нагріваються заготовки різних форм по перетину і довжини. Тип печі обумовлюється продуктивністю, технологічним режимом нагріву, формою і розмірами заготовок, видом палива, тощо. Технологічний режим нагріву визначає температуру печі характер її змін, ступінь рівномірності розподілу температур, пічну атмосферу. Головними критеріями при виборі печі є:

- особливість нагріву металу - простий, в камерних печах з постійною температурою в робочій камері або послідовний в методичних печах;
- вид матеріалу для нагріву - марка і розміри заготовки;
- вид палива - газоподібне або рідке;
- ступінь допустимості окалиноутворення;
- рівень впровадження енергозбереження.

Для нагріву заготовок під прокату для стану 325 використовується такий тип печі: методична, однорядна, рекуперативна, з верхнім і нижнім

нагрівом, з торцевої завданням і бічний видачею заготовок. Її технічні характеристики [15]:

- ширина активного пода по максимальній довжині заготовки - 2470мм;
- довжина активного пода - 15200 мм;
- довжина печі по кладці - 16360 мм;
- відстань між глісажними трубами - 1050 мм;
- паливо печі - коксодоменний суміш калорійністю 2100 ... 2300 ккал / м<sup>3</sup>;
- кількість пальників - 4;
- температура підігріву повітря - 350 ° С;
- максимальна продуктивність 14 т / год.

Технологія нагріву металу наведена в п. 1.4 ПЗ.

## РОЗДІЛ 5

### ТРАВІЛЬНІ І МІЮЧІ АГРЕГАТИ

Основною метою травлення прокату є видалення окалини і виявлення поверхневих дефектів. Метал, який підлягає травленню, направляється в травильні відділення поплавочно [7]. Для травлення сталей застосовуються: сірчана кислота технічна, натрій їдкий технічний, натрій азотнокислий технічний, кухонна сіль, купоросне масло, розчин каустичної соди, інгібітор травлення С-5, щавлева кислота. Всі хімікати, що надходять в травильних відділення, повинні супроводжуватися паспортом із зазначенням ГОСТ і хімічного аналізу. Травлення металу проводиться в бугель, виготовлених з кислотостійких сталей перерізом не менше кв. 50 мм. Щоб уникнути отримання «плям недотрава» поверхню металу, що підлягає травленню, не повинна бути забруднена маслом або смолою. Температура металу перед травленням не повинна перевищувати 100 ° С. При приготуванні травильного розчину в травильну ванну заливається вода, потім додається сірчана кислота. Зворотний порядок заливки категорично забороняється щоб уникнути отримання опіків від розбризкування. Температура розчину регулюється кількістю підводиться в ванну пара.

#### Коротка технічна характеристика травильного відділення

Травильне відділення складається з 2 ліній, призначених для травлення передільної заготовки для станів 550, 325, 280 з вуглецевих і легованих сталей. Кожна лінія є самостійним агрегатом, управління лініями здійснюється з поста управління оператором, завантаження і вивантаження проводиться кранами. Лінія розрахована для травлення заготовок довжиною 1250 - 3900 мм, максимальною перетином 200 мм. Максимальна вантажопідйомність однієї лінії 70 т. Середня тривалість травлення однієї садки 15 - 20 хв. Пересадка кошиків проводиться послідовно з ванни в ванну, тому лінія працює як безперервний агрегат. Кожна лінія включає в себе 6 ванн, з них: 4 ванни (з 1

по 4) є травильними і заправляються розчином сірчаної кислоти; ванна № 5 призначена для промивання травленого металу і заправляється водою; ванна № 6 служить для нейтралізації і заправляється лужним розчином. Максимальна місткість однієї ванни 11 м<sup>3</sup>. Температура розчину в травильних ваннах 55 - 95 °, промивної і нейтралізаційних 40 - 60 °, з пониженням концентрації розчину до 7-8% температура розчину підвищується до 75 - 95 °. Ванни футеровані кислототривким цеглою.

## РОЗДІЛ 6

### МЕХАНІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Автоматизація технологічних процесів прокатки - найбільш гуманний спосіб підвищення продуктивності, якості продукції поліпшення умов праці, скорочення термінів задоволення потреб у продукції, збільшення прибутку і зменшення тривалості робочого дня робочих [16]. Механізація стану «325» здійснюється пристосуваннями на ділянках стану різних механізмів, призначених для транспортування, переміщення готового матеріалу, напівфабрикату, готового виробу. Механізація лінії стану включає в себе: рольганги (приймальний, транспортний, підвідний, раскатной, відвідний, см. П. 1.3 ПЗ) за допомогою яких гарячий метал переміщається по стану; шлепера які здійснюють передачу гуркоту з одного рольганга на інший; кантувач який призначений для направлення гуркоту з калібру в калібр; механізм для перевалки валків який встановлює новий комплект валків в кліть; електромостового крани вантажопідйомністю 15 тн. 6.1. Автоматичне регулювання механізмів прокатних станів Практично всі механізми і машини стану «325» мають привід від електродвигуна. Для виконання цими механізмами технологічних операцій (обтиснення металу, транспортування, різання, тощо) необхідно вміти управляти роботою електродвигунів. Своєчасно здійснювати запуск двигуна, розгін, регулювання швидкості, гальмування, реверсування, тощо. Управління електродвигуном здійснюється двома способами: ручним і автоматичним. При ручному управлінні оператор за допомогою рукояток впливає на електричну схему управління двигуном. У прокатом цеху ручне управління використовується рідко. Прикладом ручного управління може служити управління електродвигунами деяких допоміжних механізмів (шлеперів, рольгангов і ін.) За допомогою рукояток контролерів. При автоматичному управлінні, після пуску двигуна оператором, всі подальші

операції з управління електродвигуном виконуються автоматично, т е. Без участі оператора, за допомогою спеціальної апаратури. Управління схемами електроприводу деяких електродвигунів в цьому випадку здійснюється з одного центрального пульта розташованого на відстані від механізму. Таке управління називається дистанційним. Широке комплексне використання автоматизації дозволяє значно збільшити продуктивність агрегатів і механізмів, підвищити продуктивність праці, підняти економіку і культуру виробництва на більш високий рівень.

#### Кантовач

Кантователі в лініях прокатки служать для повороту (кантування) прокочується смуги (злитка, блюма, заготовки, профілю) щодо її поздовжньої осі на  $90^\circ$  перед завданням наступного калібру валків для забезпечення рівномірного обтиску металу по всьому перетину. Такі кантовачі застосовуються на блюмінгах, слябінгах, рейко - балкових і сортових станів.

## РОЗДІЛ 7

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при вдосконаленні технології прокатування спеціальних марок сталей в умовах стану 325 ПрАТ «Дніпроспецсталь»

#### 7.1. Аналіз потенційних небезпек

а) Небезпеки які пов'язані з порушенням роботодавцями вимог НПАО 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» [18] , а саме належного облаштування робочих місць і виробничих , санітарно-побутових та інших приміщень на підприємстві, в установі, організації безпечного використання працівниками засобів праці, належного облаштування шляхів евакуації і аварійних виходів.

б) Небезпеки які пов'язані з вдосконаленням технології прокатування на стані 325: зокрема можливість отримання механічних травм в наслідок запобіжних пристроїв або відсутності огорож небезпечних зон.

в) Можливість ураження електричним струмом головними причинами ураження можуть бути: невиконання правил електробезпеки, несправність енергоспоживчого обладнанн, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

г) Невідповідність вимог - ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» [19] , що призводить до зниження працездатності та псування зору.

д) Незадовільні параметри повітряного середовища в адміністративному приміщенні. Причинами яких є незадовільна робота систем

повітрообміну, що може призвести до зниження комфортності праці та загальних захворювань.

- е) Можливість загорянь внаслідок порушень правил пожежної безпеки.
- є) Небезпеки які пов'язані з умовами праці у надзвичайних ситуаціях .

## 7.2. Заходи забезпечення безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00-7.11-12[18] «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено: роботодавцем повинні бути створені безпечні умови праці для працівника, при цьому необхідно дотримуватись таких основних принципів запобігання небезпеки:

- виключення небезпек, якщо це є можливим і реальним та обмеження впливу небезпек, котрих уникнути не можливо;
- усунення небезпек у їх першоджерелах та обмеження їх впливу на організм людини, що працює в зоні ураження.
- забезпечення колективних та індивідуальних засобів захисту.

Навчання і перевірка знань з питань охорони праці працівників, а також учнів, курсантів, слухачів та студентів навчальних заходів під час трудового і професійного навчання здійснюється відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 26.02.2005 № 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за № 231/10511.

Під час облаштування робочих місць, роботодавець повинен опиратися на основні вимоги, що до облаштування : конструкція і міцність будівель та споруд, призначених для розміщення робочих зон, повинні відповідати їх призначенню; зокрема забезпечувати:

- справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв у робочих зонах, сприятливі умови для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників;

- можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або її усунення.

- регулярне очищення робочих зон та їх устаткування, особливо в закритих робочих приміщеннях, для забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов;

Шляхи евакуації і аварійні виходи мають і підходи до них повинні бути вільними від будь-яких предметів, надавати можливість найкоротшого шляху на зовнішній простір або до безпечної зони і мати належні позначення (сигнальними кольорами, дорожовказами, написами, знаками безпеки тощо) відповідно до Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25.11.2009 № 1262.

Шляхи евакуації і аварійні виходи мають забезпечуватися евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в приміщеннях працівників. Працівникам забезпечується можливість швидко і в повній безпеці залишити всі робочі місця.

- б) Небезпеки які пов'язані з вдосконаленням технології прокатування на стані 325: зокрема можливість отримання механічних травм в наслідок запобіжних пристроїв або відсутності огорож небезпечних зон [20].

- в) Можливість ураження електричним струмом головними причинами ураження можуть бути: невиконання правил електробезпеки, несправність енергоспоживчого обладнанн, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

З метою виключення випадків ураження електричним струмом передбачено: Організаційні заходи – до виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання, та перевірку знань з електробезпеки. Основним нормативним актом є ПУЄ-2013 (правила устрою електрообладнання) [21]. Ремонт обладнання повинен здійснювати тільки спеціально підготовлений персонал. Для кожного електроспоживчого обладнання повинно бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

Технічні заходи – розташування струмоведучих частин на недоступній висоті (до 1000В), не менше 3.5 м (більше 1000В-6м.). Всі не ізолювані струмопровідні лінії повинні бути надійно огорожені суцільними огорожами. Відкриття або зйом який можливий тільки за допомогою спеціальних пристроїв. Опір ізоляції електричних дротів повинен бути не менше 0,5 Ом.

Обов'язковим є захисне заземлення або занулення. Обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту, зокрема гумовий діелектричний килимок, опір якого слід періодично перевіряти. Обов'язковим є встановлення автоматичних блокуючих пристроїв, які запобігають небезпечним діям людини, зокрема кінцеві вимикачі. Блокуючі пристрої поділяються на механічні, електричні та електромеханічні.

### 7.3. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.

г) Невідповідність вимог ДБН В. 2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» [19], що призводить до зниження працездатності та псування зору.

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання

будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» [19]. Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 300...500 лк. Перевіряємо освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. За даними вимірювань рівень природної освітленості поверхні, де розташований ПК, складає 200 лк. за освітленості тієї же поверхні під відкритим небосхилом в 20000 лк. Тобто КПО = 1%, що не відповідає нормативному КПО.

Для штучного освітлення у переміщенні використовується люмінесцентні лампи. Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 20 м<sup>2</sup>, ширина якої складає 5м, довжина -4м, висота-3м. Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{EKsz}{\eta}, \text{ де}$$

F- світловий потік, що розраховується, Лм;

E- нормована мінімальна освітленість, Лк; E=300 Лк;

S- площа освітлюваного приміщенні ( у нашому випадку S=20м<sup>2</sup> );

Z- відношення середньої освітленості до мінімальної ( зазвичай приймається рівним 1,1...1,2, в нашому випадку Z=1,1 );

K- коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації ( його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку K=1,5);

H- коефіцієнт використання світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп , і обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення

, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ( $\rho_{ст.}$ ) і стелі ( $\rho_{стелі}$ ), значення коефіцієнтів дорівнюють  $\rho_{ст.}=40\%$  і  $\rho_{стелі}=60\%$ .

Обчислюємо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \text{ де}$$

$S$  - площа приміщення,  $S=20\text{м}^2$ ;  $h$  – розрахункова висота підвісу,  $h = 2,9$  м;  $A$  – ширина приміщення,  $A = 4\text{м}$ ;  $B$  – довжина приміщення,  $B = 5$

Підставивши значення отримаємо :

$$I = \frac{20}{2,9(4+5)} = 0,77$$

Знаючи індекс приміщення  $I$ , за таблицею 4 (ДБН В.2.5-28-2006)[4.2] знаходимо  $\eta=0,22$ . Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку  $F$ :

$$F = \frac{300 * 1,5 * 20 * 1,1}{0,22} = 45000\text{Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 40-1 світловий потік яких  $F= 4320$  Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{л}}, \text{ де}$$

$N$ - кількість ламп, що визначається ;  $F$  – світовий потік ,  $F=45000$  Лм;  $F_{л}$ - світловий потік лампи ,  $F_{л} =4320$  Лм.

$$N = \frac{45000}{4320} = 11$$

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 6 світильників із 12 працюючими лампами в них. Схема розташування світильників зображена на рисунку 1.



Роботодавцям для розробки заходів щодо покращення умов праці та профілактики шкідливого впливу на організм працюючих використовуються результати досліджень ( вимірювань ) та гігієнічної оцінки умов праці, проведених з використанням критеріїв Гігієнічної класифікації праці.

Гігієнічна класифікація праці базується на оцінці її умов залежно від фактично визначених рівнів впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу з урахуванням їх можливої шкідливої дії на здоров'я працівників. Оцінка умов праці на робочих місцях, аналіз впливу на працюючих санітарно-гігієнічних чинників і параметрів трудового процесу передбачених гігієнічною класифікацією проводиться в процесі трудової діяльності. При цьому, оцінюється технічний і організаційний рівень робочого місця та ступінь можливого ушкодження здоров'я.

До санітарно-гігієнічних умов відносять :

- мікрокліматичні умови;
- освітлення робочої зони;
- рівень шуму в робочій зоні;
- виробничі вібрації;
- електромагнітні поля та випромінювання;
- іонізуючі випромінювання;

Основними умовами трудового процесу є важкість та напруженість праці.

Оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою проводять відповідно до вимог «Гігієнічної класифікації праці» з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів , у разі їх наявності, у відповідності до алгоритму розрахунку оцінки рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою.

#### 7.4. Заходи з пожежної безпеки

е) Можливість загорянь внаслідок порушень правил пожежної безпеки.

Підрозділ « Заходи з пожежної безпеки» розробляється відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»

Розробку заходів з пожежної безпеки починають з аналізу речовин і матеріалів що використовуються при роботі на об'єкті, з метою визначення класу можливої пожежі (А,В,С,О,Р,Е) згідно ДСТУ ЕИ 2-2014 «Класифікація пожеж» [25] (ЕИ 2 : 1992, БИ 2: 1992/А 1:2004, ЮТ та категорії його пожежної небезпеки, відповідно до вимог ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [26] та СНиП 2.09.02-85\* «Виробничі будівлі» [27] Тобто указати до якої категорії виробництва з пожежної небезпеки (А,Б,В,Г,Д,) належить об'єкт ( дослідницька лабораторія, конструкторське бюро, дільниця, підстанція, цех, тощо).

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В. 1.1-7:2016 « Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», [4.8] передбачати шляхи евакуації працівників на випадок пожежі ( переходи, евакуаційні виходи). Указати максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця найближчого евакуаційного виходу згідно п.2.29(табл2) СНиП 2.09.02-85 «Виробничі будівлі» [27].

Показати відповідність обладнання, силових і освітлювальних мереж об'єкту ( дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, офісу, ділниці, підстанції, цеху, тощо), вимогам пожежної безпеки, згідно вимог НПАОП 40.1-1.32-01 « Правила будови електроустановок . Електроблагоднання спеціальних установок» [28].

Показати наявність засобів виявлення загорянь і пожеж згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 « Системи протипожежного захисту[29]»;

- автоматичних сигналізаторів про пожежу;
- система пожежної сигналізації;

З огляду на пожежну небезпеку виробництва , передбачити систему пожежного водопостачання або автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння ( вогнегасники різних видів ) відповідно до вимог « Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 №25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. За №225/31677.

#### 7.5. Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях

є) Небезпеки які пов'язані з умовами праці у надзвичайних ситуаціях.

Виробнича аварія – це раптова зупинка роботи або порушення установленого процесу виробництва на об'єкті, яка призводить до пошкодження або знищення матеріальних цінностей, травмування або загибелі людей. Основними заходами щодо ліквідації наслідків великих аварій є: оповіщення про безпеку робітників та службовців, формувань ЦО і населення, що проживає поблизу об'єкта; комплексна розвідка об'єкта, на якому відбулася аварія; порятунок людей з-під завалів; зі зруйнованих і пошкоджених будинків та споруд, надання медичної допомоги постраждалим і евакуація їх у лікуванні установи; гасіння пожеж; локалізація аварійна комунально-енергетичних мережах, які перешкоджають веденню рятувальних робіт; улаштування проїздів і проходів до місць аварії; обвалування нестійких конструкцій, розбирання завалів, демонтаж збереженого устаткування, якому загрожує небезпека; організація комендантської служби. Ліквідація наслідків аварії поводиться в 4-етапи:

1 етап. Вживання екстрених заходів : оповіщення і збір НОГ попередня оцінка обстановки вживання екстрених заходів по захисту робітників, службовців, населення надання допомоги потерпілим локалізація аварії та організація розвідки організація комендантської служби і підтримка громадського порядку в районі аварії.

2 етап. Оперативне планування: розвідка уточнення обстановки прогнозування розрахунок сил і засобів оцінка збитку вироблення рішення планування робіт з ліквідації аварії .

3 етап. РІНР. Рятувальні роботи: розшук потерпілих, витягнення потерпілих, евакуація людей, надання першої медичної допомоги. Інші невідкладні роботи: локалізація аварій, гасіння пожеж, зміцнення споруд.

4 етап. Відновлення мережі.

5 етап. Проведення санітарної обробки людей.

6 етап. Ліквідація наслідків.

Заходи щодо створення умов для забезпечення діяльності населення, відновлення функціонування ОГ: коротко строкове відновлення експлуатації об'єкта, тимчасове відновлення для забезпечення роботи об'єкта, капітальне відновлення з реконструкції споруд.

## **Висновки**

У магістерській роботі розроблена нова, вдосконалена схема прокатки для впровадження технології видалення окалини з поверхні металу, що прокатується. Нововведення призводить до зниження обсягу металу, що потребує подальшої механічної обробки по зняттю поверхневих дефектів. Розраховані на міцність головні елементи кліти (валок, станина, натискний гвинт), обраний і обґрунтований тип нагрівального пристрою, розглянуті питання механізації та автоматизації технологічного процесу прокатки металу. Розроблено заходи з охорони праці.

### Перелік джерел посилання

1. Лізогубов Д.В. Звіт з переддипломної практики/ Запоріжжя, НУ «Запорізька політехніка».-2020.-22с.
2. Сборник технологических инструкций по прокатному цеху ПАТ «Днепроспецсталь».
3. Матюхін А.Ю. Аналіз браку при виробництві сортового прокату та шляхи його подолання / А.Ю. Матюхін, Д.В. Лізогубов\_// Тиждень науки-2020. Машинобудівний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 13-17 квітня 2020 р.[Електронний ресурс] / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані.- Запоріжжя : ЗНТУ, 2020. - 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. - Назва з тит. екрана. - С. 81-83.
4. Туфанов Д.Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов / Туфанов Д.Г. - М.: Metallurgiya, 1990. – 375 с.
5. [https://markmet.ru/tehnologiya\\_metallov/metody-udaleniya-okaliny-s-roverkhnosti-metalla](https://markmet.ru/tehnologiya_metallov/metody-udaleniya-okaliny-s-roverkhnosti-metalla).
6. <https://www.lechler.com/de-en/>.
7. Грудев А.П. Теория прокатки / Грудев А.П. - М.: Metallurgiya, 1988.- 240 с.
8. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / . Королев А.А.// Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Metallurgiya, 1985. - 376 с.
9. Целиков А.И. Теория прокатки / Целиков А.И. – М.: Metallurgiya, 1970. – 378 с.
10. Бахтинов В.Б. Технология прокатного производства/ Бахтинов В.Б.– М.: Metallurgiya, 1983. – 488 с.
11. Целиков А.И. Прокатные станы / А.И. Целиков, В.В. Смирнов В.В., - М.: Metallurgiya, 1958. – 355 с.

12. Клименко П.Л. Расчет энергосиловых параметров прокатки с применением ЭВМ/ Клименко П.Л. – Днепропетровск: ДМетИ, 1979. - 80с.
13. Гончаров Ю.В. Расчеты по механическому оборудованию прокатных цехов/ Гончаров Ю.В. – Днепропетровск: ДМетИ, 1973. - 88с.
14. Чекмарев А.П. Калибровка прокатных валков: Учебное пособие для вузов/ Чекмарев А.П. – М.: Металлургия, 1971. – 512 с.
15. Краснокутский П.Г. Теплотехнічні процеси і конструкції нагрівальних печей / П.Г. Краснокутский, Ф.І. Колесник – К.: ІСДО, 1995. – 248 с.
16. Зайцев В.С. Основы технологического проектирования прокатных цехов / Зайцев В.С. – М.: Металлургия, 1987. – 240 с.
17. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення: ДСТУ 3008:2015.- К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.- 26 с.
18. ГОСТ 12.0.003-74\* Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Введ. 1976-01-01]. М. : Госстандарт СССР, 1974. 4 с. (Межгосударственный стандарт)
19. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
20. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [На заміну ДНАОП 0.00.1.21-84 ; чинний з 1998-01-09]. К. : Мінпраці України, 1998. 89 с. (Нормативно-правовий акт охорони праці)
21. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с. Режим доступу: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>. (Директива)
22. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL:

<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

23. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми)

24. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Державні будівельні норми України)

25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. К. : МОЗ України, 1999. 106 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. (Державні санітарні норми)

26. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартів безпеки труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [На заміну ГОСТ 12.1.005-76 ; чинний з 1989-01-01]. М. : МОЗ СРСР, 1988. 50 с. (Міждержавний стандарт)

27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с. (Державні будівельні норми України)

28. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30]. К. : МВС України, 2014. 91 с. (Нормативний акт пожежної безпеки)

29. ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [На заміну ГОСТ 27331-87 ; чинний з 01.01.2016]. К. : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с. (Державний Стандарт України)