

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

(другий (магістерський) рівень)

на тему «Оптимізація прокатки круглого профілю з високолегованих сталей на блюмінгу»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1362-омт

Булигін М. В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Белоконь Ю.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Кругляк Д. О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
другий (магістерський) рівень

Спеціальність 136 металургія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма обробка металів тиском
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь

“ 01 ” 05 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Булигін Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекта) «Оптимізація прокатки круглого профілю з високолегованих сталей на блюмінгу»

керівник роботи (проекту) Белоконь Юрій Олександрович д.т.н, проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “01” 05 2023 року № 385-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 01.12.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) Розробка нового калібрування та розробка режиму обтиску для злиwkів масою 3.69 і 4.36 т. Параметр дослідження – режим деформації злиwkів на блюмінгу. Параметр оптимізації – сумарний ступінь використання запасу пластичності металу при прокатці на блюмінгу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Літературний огляд. Розрахунково-дослідницька частина, Індивідуальне завдання, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення, презентаційний матеріал 15 слайдах (на 15 сторінках)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Літературний огляд</i>	<i>Белоконь Ю.О., д.т.н., проф.</i>	
<i>Розрахунково-дослідницька частина</i>	<i>Белоконь Ю.О., д.т.н., проф.</i>	
<i>Індивідуальне завдання</i>	<i>Белоконь Ю.О., д.т.н., проф.</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Белоконь Ю.О., д.т.н., проф.</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання 01.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>		
2	<i>Реферат</i>		
3	<i>Літературний огляд</i>		
4	<i>Розрахунково-дослідницька частина</i>		
4	<i>Індивідуальне завдання</i>		
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>		
6	<i>Висновки</i>		

Студент _____
(підпис)

М. В. Булигін
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Ю.О. Белоконь
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 83 с., 9 табл., 33 рис., 32 джерела.

ПРОКАТКА, СТАН 1050, КЛІТЬ, ЗЛИТОК, КАЛІБРУВАННЯ
ВАЛКІВ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ДЕФОРМАЦІЯ, РЕЖИМ
ПРОКАТКИ.

Об'єкт дослідження – прокатка кругів з високолегованих сталей на блюмінгу 1050 в умовах ВАТ “Дніпроспецсталь”.

Мета роботи – розрахунок раціональних режимів прокатки кругів з високолегованих сталей.

Метод дослідження – аналітичний розрахунок із застосуванням методів математичної статистики.

Проведений аналіз технологічних параметрів прокатки на формування кінців гуркоту і вихід придатного з якого виходить, що основними чинниками що визначають глибину тієї, що обважнює торців блюмів, є величина сумарного обтискання злитка і середнє обтискання за прохід.

З урахуванням результатів виконаного дослідження енергосилових параметрів, розроблене калібрування валків і розраховані режими обтиску для прокатки профілерозмерів основного сортаменту стану забезпечуючі скорочення обважнюють торців, блюмів без погіршення якості осьової зони гуркоту.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА СТАН ПРОБЛЕМИ.....	8
1.1 Вплив напруженого стану металу і схем прокатки злитків на якість блюмів.....	8
1.2 Вплив технологічних параметрів прокатки на формування кінців розкату на вихід придатного.....	14
1.3 Основні види дефектів при прокатці злитків на блюмінгу.....	25
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
2.1 Тензометричні датчики.....	30
2.2 Устаткування для проведення дослідів.....	35
2.3 Методика вимірів зусилля прокатки.....	39
3 ОБРОБКА І ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
3.1 Аналіз систем калібрування для прокатки на блюмінгу.....	44
3.2 Розробка режимів обтиснень, калібрування валків і технології прокатки кругів діаметром 230-265 мм із нержавіючої сталі	54
3.3 Математичне планування експерименту.....	65
3.4 Практична цінність отриманих матеріалів	71
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	74
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища.....	74
4.2 Заходи захисту від небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища.....	76
ВИСНОВОК.....	79
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	80

ВСТУП

Корінне поліпшення якості металопродукції і нарощування продуктивності праці – такі основні завдання, що стоять перед чорною і кольоровою металургією. Підвищення якості прокату шляхом запобігання розвитку завжди наявних в об'ємі і на поверхні злитка дефектів і запобігання утворенню нових дефектів є важливими резервами підвищення виходу придатного прокату, рівносильними підвищенню продуктивності стану.

Дослідженням оптимальних умов прокатки займалися і займаються багато дослідників. Більшість з них вважає, що порушення сплошности металу відбуваються під дією розтягуючих напруг, що виникають унаслідок нерівномірної деформації по перетину, а інтенсифікація обтискань зменшує нерівномірність деформації і покращує структуру металу. Тому для усунення браку металу по внутрішніх надривах пропонують поліпшити умови нагріву злитків, прокатку вести при відношенні довжини осередка деформації до його середньої висоти $l_d/H_{ср} > 0,4-0,5$, тобто збільшити діаметр валків, обтискання за кожен пропуск і зменшити перетин злитка.

Вивчення якості металу, прокатаного на блюмінгу, пов'язане з рядом труднощів. Якість розкатів залежить не тільки від умов нагріву і прокатки, але також і від стану поверхні злитка, обумовленого технологією сталеплавильного виробництва. Оцінити візуально якість поверхні злитка навіть при ретельному огляді на складі скрутно у зв'язку з тим, що виявляються лише грубі дефекти поверхні, а дрібніші тріщини, газові бульки, неметалічні включення та інші залишаються прихованими під шаром оксидів. Будучи концентраторами напруг, дефекти призводять до зниження деформованості сталі.

Аналіз наявних в літературі зведенні про вплив ступеня деформації на якість макроструктури, про механізм освіти; дефектом у вигляді загальної і центральної пористості, павукоподібних тріщин, осьових надривів і інших

несплошностей показує, що утворення цих дефектів пов'язане з особливостями напруженого і деформованого стану при прокатці високих смуг. Це пояснюється тим, що пластичність металу залежить тільки від хімічного складу сталі, структури металу, температури і швидкості деформації, но також є складною функцією напруженого стану.

Змінюючи параметри прокатки навіть в умовах блюмінга, де нерівномірність в розподілі напрузі і деформацій виражена особливо явно, можна інтенсифікувати дію тих, що стискають і обмежити вплив розтягуючих напруг і певною мірою наблизити схему напруженого стану до схеми тривісного стиснення. Відомо, що один і той же метал, залежно від схеми напруженого стану, у момент деформації володіє різною пластичністю. Схема тривісного стиснення сприяє підвищенню пластичності металу, що дуже важливо при прокатці, легованих, і спеціальних сталей, особливо при прокатці литого металу. Звідси витікає, що для створення оптимальної технології прокатки необхідно мати чітке уявлення про характер напруг і деформації у кожному конкретному випадку.

Результати численних досліджень показують, що якість деформованого металу до певної міри залежить від ступеня обтискання. Із зростанням абсолютного і сумарного обтискання збільшується глибина проникнення деформації, спробує інтенсивність стискуючих напруг і центральних шарах смуги, що зрештою створює сприятливі умови для заварювання наявних дефектів в початковому злитку, перешкоджає утворенню внутрішніх надривів і процесі деформації. Отже, поліпшення якості макроструктури крупних профілів прокату можна досягти не тільки шляхом вдосконалення технології виплавки і розливання сталі, вибором оптимальних параметрів злитка, мікролегуванням і гомогенізацією але також і за рахунок застосування раціональних технологічних режимів прокатки. Тому розробка найбільш оптимальних умов деформації злитків з легованих сталей і сплавом, застережливих освіту дефектів і металі під час прокатки, є важливим науковим і практичним завданням.

1 АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА СТАН ПРОБЛЕМИ

1.1 Вплив напруженого стану металу і схем прокатки зливків на якість блюмів

Своєрідність процесу деформації штаб великих перетинів і характер зміни напружено-деформованого стану металу залежно від співвідношення подовжньо-вертикальних розмірів осередку деформації свідчать про доцільність застосування підвищених обтисків при прокатці важких зливків. При цьому немає підстави чекати погіршення якості прокатної продукції, тоді як продуктивність стану поза сумнівом підвищиться.

Необхідно нагадати, що скорочення числа проходів за рахунок підвищення приватного (одиночного) обтиску в кожному з них – не єдиний шлях підвищення продуктивності реверсивного обтискного стану. У практиці роботи вітчизняних блюмінгів і слябінгів, окрім цього шляху, використовують ще спосіб інтенсифікації процесу прокатки зливків за рахунок збільшення швидкості прокатки при відносно помірних обтисках.

Обидва напрями в тій чи іншій мірі приводять до скорочення циклу прокатки і, отже, до підвищення продуктивності стану, проте скорочення числа проходів є ефективнішим шляхом. Про це свідчать як накопичений досвід експлуатації реверсивних станів, так і теоретичні міркування, викладені в роботах В. А. Тягунова [1], а також інших авторів. Таким чином, при розробці раціональної технології прокатки зливків за початковий слід приймати режим обтиску, а швидкісний режим повинен бути визначений як найвигідний для даної схеми роботи з розрахунку досягнення мінімальної тривалості всього циклу прокатки.

Крім того, як було показано, підвищені обтиску, особливо в перших проходах, сприяють розповсюдженню деформації стиснення на велику глибину і знижують ступінь нерівномірності її розподілу по перетину, що

повинно сприятливо позначитися на якості блюмів і слябів. В той же час підвищення швидкості прокатки приводить до погіршення захоплюючої здатності валків, до обмеження тим самим можливих величин обтиску і до посилення нерівномірності розподілу деформації стиснення по висоті перетину і зв'язку із зменшенням глибини розповсюдження останньої. В результаті розгляду енергетичної сторони процесу також слід віддати перевагу першому напрямку, оскільки скорочення числа проходів при постійному сумарному обтиску приводить до збільшення частки корисної роботи стану в загальних витратах енергії. Збільшення швидкості прокатки знижує корисну і збільшує сумарну роботу стану [2].

Таким чином, єдино правильним і ефективним шляхом підвищення продуктивності блюмінгів і слябінгів є скорочення числа проходів. Не дивлячись на це, довгий час, аж до останніх років, прихильники так званої теорії обережних обтиску, виходячи з нібито низьких пластичних властивостей литого металу, що має грубозернисту або транскристалітну макроструктуру, заперечували можливість підвищення обтиску, тим самим стримуючи подальшу інтенсифікацію процесу прокатки на крупних обтискних станах.

Дійсно, пластичні властивості литого металу дещо нижче, ніж обжатого, але для сталей більшості марок не настільки, щоб лімітувати величину обтиску, що допускається умовами захоплення і потужністю двигуна.

В результаті розгляду енергетичної сторони процесу також слід віддати перевагу першому напрямку, оскільки скорочення числа проходів при постійному сумарному обтиску приводить до збільшення частки корисної роботи стану в загальних витратах енергії. Збільшення швидкості прокатки знижує корисну і збільшує сумарну роботу стану [2].

Ще в 1938 р. О. П. Чекмарьов [3] відзначав допустимість збільшення обтиску при прокатці литого металу без погіршення його якості, особливо після першої кантівки. Небажаність підвищення обтиску до першої кантівки

пов'язана не з низькою пластичністю литої сталі, а з можливими «зривами» валків. Пізніше автор [4] писав «що повсюдно прийняті в даний час обтиску і витяжки при прокатці як низьковуглецевих, так і легованих сталей далеко не вичерпують, як показують досліди і практика, пластичних властивостей металу при температурах прокатки». Не можна також не враховувати безперервне вдосконалення технології виплавки і розливання сталі, підвищення її якості, поліпшення нагріву зливків.

Щодо макроструктури литої сталі і її властивостей доречно послатися на думку М. М. Доброхотова [5], який вважав, що транскристалітна структура є ознакою хороших механічних властивостей сталі. Свідомством незадовільних механічних властивостей є шестоватий злам, а не транскристалізація, яка виявляється на полірованих шліфах, що труться на макроструктуру. Ці два поняття нерідко в літературі змішуються.

Дослідження Ю. М. Чижікова [6], проведене з метою вивчення впливу макроструктури сталі на її пластичність, хоч і не встановило межі пластичності сталі з різною макроструктурою, дозволило встановити, що:

- 1) макроструктура не є головним критерієм, що визначає пластичність металу;
- 2) стовпчаста структура не обумовлює низкою, а рівноосна – високої пластичності;
- 3) різниця в ступені пластичності литого і деформованого металу незначна.

Прокатки на клин литих зразків з рейкової сталі і сталі 1X18H9T [5] підтверджує ці висновки. Обидві сталі прокатувалися з обтиском 90 – 97 % без руйнування. Звичайно, ці досліди не дають підстави вважати, що у виробничих умовах зливки здатні витримати такі обтиски, але вони свідчать, про вельми високі пластичні властивості литої сталі.

Відсутність загальноновизнаних способів оцінки пластичності стали у виробничих умовах, передача металу із сталеплавильних цехів на обтискові стани без перевірки прокативаємості сталі хоч і утрудняють роботу

прокатних цехів, але не означають неможливості прокатки сталей більшості марок з підвищеними обтисками без погіршення якості блюмів. Про це свідчать досвід роботи блюмінга КМК, особливістю якого «являється прокатки зливків з малим числом пропусків і з великими обтисками» [15] і результати багатьох виробничих досліджень, до яких належать експерименти на блюмінгах заводів ПрАТ «Дніпроспецсталь» [8].

Виробничі експерименти на блюмінгу заводу ПрАТ «Дніпроспецсталь» дозволили встановити не тільки вплив різних схем прокатки (режимів обтиску і кантівок) на якість поверхні гуркотів, але і на мікроструктуру металу і його механічні властивості.

Досвідчене прокатки зливків осьової сталі масою 6,5 т на блюми перетином 300 x 300 мм була проведена по трьох режимах (знаком «х» позначена кантівка):

I варіант – 17 проходів з чотирма кантівками: 4 (бочка) × 6 (бочка) × 4 (II калібр) × 2 (II калібр) × 1 (бочка);

II варіант – 15 проходів з чотирма кантівками:
4 (бочка) × 6 (бочка) × 2 (II калібр) × 2 (II калібр) × 1 (бочка);

III варіант – 13 проходів з п'ятьма кантівками:
2 (бочка) × 2 (бочка) × 4 (бочка) × 2 (II калібр) × 2 (II калібр) × 1 (бочка).

Ретельний огляд і фіксація пороків на заготовках, прокатаних по всіх варіантах режимів обтиску, дозволили встановити, що якість поверхні і блюмів і слябів з переходом на інтенсивніші режими обтиску не погіршала. Поперечні тріщини були відсутні у всіх випадках, що говорить про достатній запас пластичності литого металу. Подовжні тріщини, волосовина, плени і дрібні рваніни, що є слідством низької якості металу, виявлені на поверхні всіх оглянутих заготовок в рівній мірі.

Проведене мікродослідження зразків, узятих від блюмів і слябів всіх варіантів прокатки, не підтвердило сталої думки, що при гарячому прокатці структуру металу визначають температура і обтиску в останньому

проході. Розмір зерна виявився різко різним у блюмів трьох варіантів прокатки (рис. 1.1) не дивлячись на однакові обтиски в трьох останніх проходах і температуру кінця деформації (1110 – 1125°C).

Інтенсивніші обтиски протягом всього циклу прокатки зливка, особливо по третьому варіанту (рис. 1.1, в), викликають посилене дроблення аустенітного зерна з виникненням збільшеної кількості центрів вторинної кристалізації при охолодженні. В результаті цього зерно виявляється дрібнішим, ніж в блюмах першого варіанту режиму обтиску. Ті ж результати дали мікродослідження слябів, прокатаних по різних режимах.

Отже, необхідно вважати встановленим, що розмір рекристалізованого зерна залежить від структурних перетворень в металі на будь-якій проміжній стадії його гарячої обробки тиском.

Можна було чекати, що відмінність у розмірі зерна позначиться на результатах механічних випробувань проб, узятих від блюмів всіх варіантів прокатки. Насправді цей вплив позначився тільки на показнику ударної в'язкості a_k , який при випробуваннях зразків осьовій сталі рівний:

Варіант прокатки	I	II	III
$a_k, \text{Мн} \cdot \text{м}/\text{м}^2$	0,59	0,61	0,66

Як бачимо, найбільш інтенсивним режимам обтиску в поєднанні з частими кантівками (III варіант при прокатці блюмів II варіант при прокатці блюмів) відповідають кращі показники ударної в'язкості.

Отже, механічні властивості сталі знаходяться в прямій залежності від режиму обтиску і істотно поліпшуються із зростанням приватних обтисків.

У початкових проходах із зростанням обтиску механічні властивості сталі підвищуються лише в при контактних шарах, де діють додаткові стискуючі напруги. У центральних шарах, схильних до дії додаткових розтягуючих напруг у зв'язку з наявністю серцевини, що не пропрацювала, пластичні властивості гірше, ніж у литого металу. У подальших проходах у міру зменшення перетину розкату і усунення подовжніх розтягуючих напруг пластичні властивості центральних шарів також підвищуються і тим

більшою мірою, чим вище за обтиск за прохід.

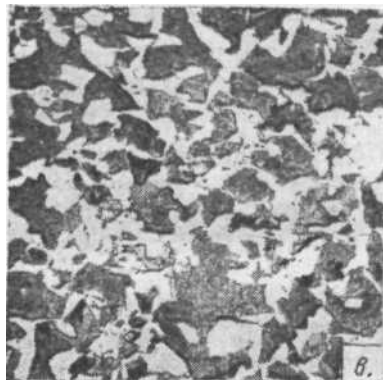
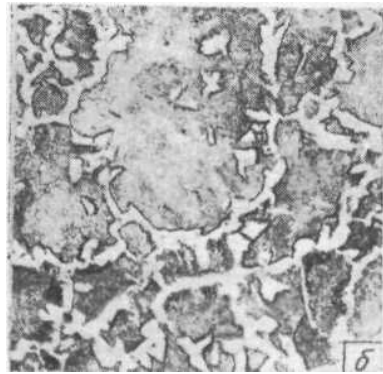


Рисунок 1.1 – Мікроструктура блюмів осьової сталі прокатаних I (а), II (б) і III (в) варіантам режимів обтиску і кантівок, $\times 100$

Отже, і з погляду механічних властивостей сталі необхідно прагнути до збільшення глибини розповсюдження деформації шляхом підвищення обтиску, починаючи з перших проходів, і температури прокатки.

Дослідженнями встановлено також, що при прокатці зливків спокійної вуглецевої сталі кількість кантівок без збитку для якості поверхні може бути мінімальною і визначатися умовами отримання потрібних розмірів блюмів. Проте при прокатці сталі відповідального призначення, до якої пред'являються підвищені вимоги по макро- і мікроструктурі, пластичним і міцностним властивостям, необхідно пам'ятати, що збільшення обтиску, особливо по вузькій грані (у разі прокатки слябів), і числа кантівок покращує, як було показано вище, структуру і механічні властивості металу.

Режим обтиску при прокатці блюмів із зливків киплячої сталі, відлитих і нагрітих без відхилень від технології і що мають відносно здорову поверхню, не впливає на якість поверхні. Більше того, при прокатці дефектних зливків з тонкою скориночкою зменшення обтиску, що приводить до збільшення нерівномірності деформації, може різко погіршити якість поверхні блюмів.

1.2 Вплив технологічних параметрів прокатки на формування кінців розкату на вихід придатного

Одним з основних показників, що визначають витрату металу в прокатному виробництві, є величина технологічної обрізі, що відбирається в потоці обтискних цехів. Кількість обрізі, що виходить при прокатці, залежить як від металургійних чинників виробництва зливків, так і від технології, прийнятої для обтискного стану. При виробництві сортового прокату на цей вид відходів доводиться до 70 % всієї витрати металу від зливка до готового профілю.

Величину технологічної обрізі блюмів і слябів для сталі кожної марки встановлюють досвідченим шляхом залежно від макроструктури металу в головній частині зливка і обважнює торців розкату.

У роботах [10, 13] теоретично обґрунтовано утворення тієї, що обважнює на торцях розкату в стадіях несталого процесу, при заповненні і звільненні осередку деформації, коли перебіг металу якісно відрізняється від деформації в сталому процесі.

У роботах [13; 15, 21, 22, 23] розглянуті можливості зниження тієї, що обважнює торців блюмів за рахунок вдосконалення режимів обтиску. У одних роботах оптимальний режим визначали за наслідками експериментів, а в інших – на підставі теоретичних розрахунків. Проте обидва ці способи не завжди прийнятні для виробничих умов.

Для встановлення кількісних залежностей характер тієї, що обважнює торців розкату при прокатці автори досліджували в лабораторних і промислових умовах [8, 9, 10]. При цьому вивчали вплив напрямку і схеми прокатки, розмірів і форми зливка, величини сумарного і одиничного обтиску на формування кінців блюмів. При проведенні лабораторних досліджень процес прокатки на обтискному стані змодельовали в масштабі 1:10. Матеріалом для зразків служив свинець, прокатки проводили на моделі блюмінга з діаметрами валків 125 мм.

Первинне дослідження впливу напрямку прокатки на форму кінцевих ділянок розкату виконували на лабораторному стані. За основний чинник, що впливає на величину тієї, що обважнює, приймали відношення подовжніх і вертикальних розмірів осередку деформації l_d/H_{cp} . Режимми обтиску при заданих величинах l_d/H_{cp} розраховували по формулі:

$$\Delta h = H^2(H + R/K^2) \quad (1.1)$$

Достовірність цієї формули очевидна з рівності:

$$K = \frac{l_d}{h_{cp}} = \frac{\sqrt{\Delta l \cdot R}}{\sqrt{Hh}}, \quad (1.2)$$

де H , h , h_{cp} – початкова, кінцева і середня висота штаби, мм; R – радіус

валка, мм; l_d – довжина осередку деформації, мм.

Дослідний режим обтиску був підібраний таким чином, що відношення змінювалося в межах від 0,1 до 0,8 і відображало умови прокатки в обтискних цехах.

На рис. 1.2 показане зміна глибини тієї, що обважнює торця від величини чинника форми осередку деформації – при нереверсивному прокатці. Криві проходять через дві зони, верхня з яких характеризується такою, що обважнює, а нижня – утворенням опуклості на торці розкату. Найбільш інтенсивна утяжка переднього торця розкату (крива 1) відбувається при величині l_d/H_{cp} в межах 0,2 – 0,35; зона максимальної утяжки заднього торця (крива 2) зрушена управо в область значень $l_d/H_{cp} = 0,25 \div 0,45$, причому величина утяжки тут в три рази більша, ніж на передньому торці. Останнє свідчить про значний вплив на величину утяжки торців напряму прокатки. Пояснюється це нерівномірністю перебігу металу в зонах відставання і випередження.

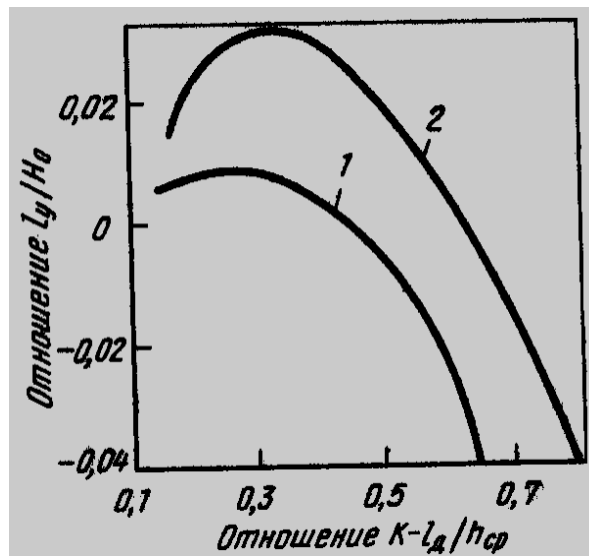


Рисунок 1.2 - Залежність глибини утяжки торця розкату l_y/H_0 від чинника форми осередку деформації $K = l_d/H_{cp}$ (стан 125, зразки свинцеві)

Припинення утяжки і почало утворення опуклості переднього торця і відбувається при $l_d/H_{cp} > 0,46$, а заднього – при $l_d/H_{cp} > 0,63$.

Таким чином, за інших рівних умов із збільшенням величини обтиску зростання утяжки торців сповільнюється, і чим вища величина обтиску (чим більше значення l_d/H_{cp}), тим раніше почнеться утворення опуклості. Тому застосування високих обтисків в промислових умовах сприяє зменшенню величини утяжки торців, і, отже, зниженню величини технологічної обрізі.

Величину утяжки торців при реверсивному прокатці вивчили у виробничих умовах на блюмінгах 1300, 1250 і 1150 комбінату "Криворіжсталь" при прокатці зливків масою 8,0 – 12,5 т. у блюми перетином 300 x 300, 340 x 360 і 350 x 350 мм.

При проведенні досліджень були прокатані зливки вуглецевих нелегованих марок сталей, відлитих розширені донизу виливниці; при цьому використані зливки гарячого посаду. Для виключення впливу утяжки торців розкатів температури металу в процесі нагріву в колодязях і прокатки на блюмінгу у всіх експериментах дотримували наступні умови:

зливки однієї плавки розміщували в одному осередку нагрівальних колодязів;

зливки в осередках встановлювали вільно для запобігання нерівномірному нагріву по периметру;

зливки в колодязях нагрівали в строгій відповідності з технологічною інструкцією;

зливки однієї плавки прокатували по різних режимах обтиску.

Видачу з колодязів, транспортування до стану і прокатки зливків здійснювали парами, у валяння зливки задавали головною частиною вперед. Під час проведення експерименту досліджували утяжку донної частини, оскільки макроструктура головної частини зливка утрудняє визначення достовірної величини тієї, що обважнює. При прокатці дослідних зливків після кожного з чотирьох перших парних проходів (2, 4, 6, 8) другий зливков по рольгангу відправляли в проліт нагрівальних колодязів для охолодження. Перші зливки продовжували прокатувати, а після подальших парних (10 і 12) проходів подавали на ножиці блюмінга, де відрізували задні

кінці гуркотів. При дослідженні застосовували три режими прокатки: $6I \times 4II \times 2III \times 1IV$; $2I \times 4I \times 2III \times 1IV$; и $4I \times 4II \times 2III \times 1IV$, по кожній схемі прокатали 20 – 30 зливків. Після охолодження недокатів і обрізі заміряли поперечні перетини гуркотів і глибину утяжки.

На рис. 1.3 показана величина відносної утяжки l_y/h заднього торця розкату при реверсивному прокатці на блюмінгу 1250 восьмитонного зливка по схемі $4I \times 4II \times 2III \times 1IV$.

При прокатці на блюмінгу співвідношення між товщиною розкату і завдовжки осередку деформації таке, що в першому проході відношення l_d/H_{cp} складає 0,25 – 0,30. Саме в цей період прокатки у напрямі обтиску утворюється первинний вигин торців розкату. У подальших проходах радіус вигину торця розкату зменшується, кінці кромки подовжуються і після третього – четвертого проходу (при обтиску в одній площині) згинаються всередину.

Характер утворення утяжки кінців розкатів представлений табл. 12. При значенні $l_d/H_{cp} < 0,5$ обважнює росте найінтенсивніше і загальна протяжність її із збільшенням числа проходів зростає. Проте, як це видно на рис. 1б, зростання тієї утяжки торця розкату має певну закономірність; при значенні $l_d/H_{cp} > 0,5$ інтенсивність його зростання помітно знижується.

На рис. 1.4 представлено зіставлення фактичного зростання утяжки торця розкату по проходах при прокатці на блюмінгу 1300 з розрахунковою величиною зміни тієї утяжки залежно від середнього коефіцієнта витяжки штаби. Суцільною лінією показана фактична величина утяжки заднього торця розкату при прокатці зливка масою 12,5 т по схемі $6I \times 4II \times 2III \times 1IV$, а пунктирною лінією – розрахункові значення.

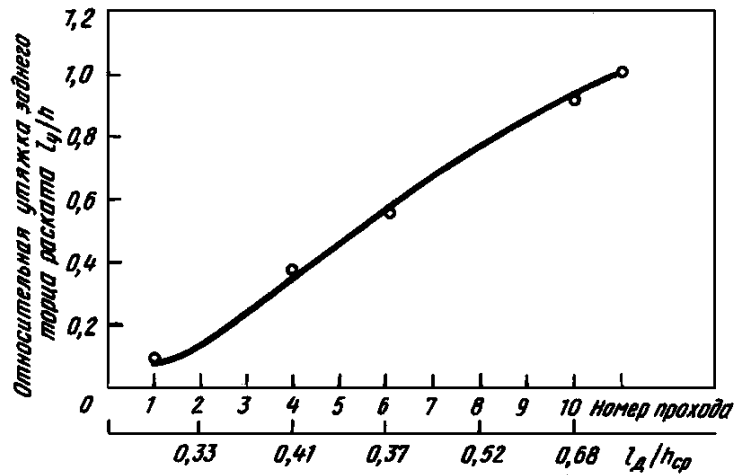


Рисунок 1.3 – Утяжка заднього торця розкату при прокатці 8-т зливка на блюмінгу 1250 по схемі 4I × 4II × 2III × 1IV

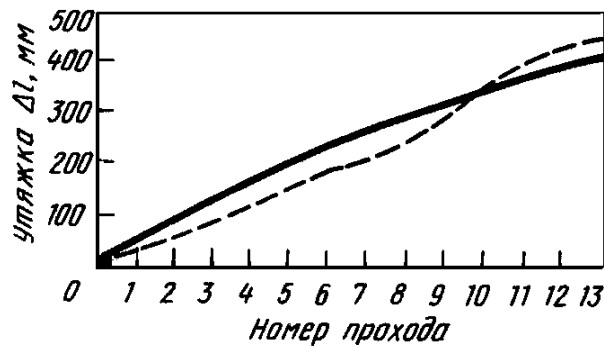


Рисунок 1.4 – Порівняння фактичної утяжки з розрахунковою величиною при прокатці 12,5 т зливка на блюмінгу 1300

При побудові розрахункової кривої значення утяжки в кожному проході визначали як твір фактичної величини утяжки торця в попередньому проході і коефіцієнта витяжки в поточному проході, тобто $l_y = l_{y-1} \mu_i$.

З графіка виходить, що при реверсивному прокатці на блюмінгу 1300 з першого по восьмого проходу, при значенні $l_d / H_{cp} < 0,5$, інтенсивність зростання утяжки торця вище, ніж збільшення довжини її за рахунок середньої витяжки штаби, а після дев'ятого проходу, коли $l_d / H_{cp} > 0,5$ величина розрахункової утяжки торця перевищує її фактичне значення.

Таким чином, процес формування кінцевих ділянок розкату можна розділити на два періоди.

Перший період відповідає лівій частині графіка (рис. 1.2) і відповідає умовам прокатки, коли значення $l_d/H_{cp} < 0,5$. Період характеризується такою нерівномірністю деформації металу, при якому вищі витяжки контактних шарів розкату викликають інтенсивне зростання утяжки. Значне збільшення глибини утяжки спостерігається в перших проходах при величині відносного обтиску 9 – 15 %, при цьому протяжність утяжки росте швидше, ніж середня витяжка розкату. Потім інтенсивність зростання утяжки знижується і при значенні $l_d/H_{cp} > 0,5$ її подовження рівне середній витяжці штаби.

Перша зона графіка, що має значення $l_d/H_{cp} > 0,5$, представляє другий період формування тієї, що торцевої обважнює блюма. Цей період також характеризується нерівномірною деформацією металу, проте при цьому середні шари розкату, набуваючи більших витяжок, ніж поверхневі, прагнуть надати торцю опуклу форму, внаслідок чого розвиток утяжки йде слабкіше, ніж загальне подовження розкату.

Результати обробки експериментальних даних показали, що в кожному подальшому i -том проході глибина вигину торця розкату визначається двома показниками: зростанням тієї, що обважнює за рахунок витяжки штаби в i -том проході і величиною вигину торця в несталій стадії цього проходу залежно від напрямку прокатки і значення чинника l_d/H_{cp} (визначається по графіку рис. 15). Для першого періоду формування кінцевої ділянки розкату величина утяжки буде рівна:

$$l_{y_i} = l_{y_i} \mu_i + CH_{i-1}. \quad (1.3)$$

У другому періоді коефіцієнт, $C = l_y/H_0$ як впливає з рис. 15, приймає негативне значення і рівняння (12) приймає вигляд:

$$l_y = l_{y-1} \mu_i - CH_{i-1}. \quad (1.4)$$

Для порівняння умов формування торцевої утяжки розкатів при реверсивному і односторонньому прокатці провели дослідження на лабораторному стані (модель блюмінга 1250). Свинцеві зразки були виконані в масштабі 1:10 до розмірів восьмитонного сортового зливка і мали поперечний перетин 81,5×73,5 мм (815×735 мм на натурі). Зразки обжимали по режимах, відповідних схемах прокатки 4I × 4II × 2III × 1IV и 6I × 4II × 2III × 1IV (табл. 1.1). Прокатані були дві серії зразків по п'ять в кожній. Зразки кожної серії були прокатані по одній з приведених вище схем. Один зразок кожної серії піддавали нереверсивному плющенню. Після кожного проходу заміряли гуркоти і конфігурацію їх торців. Зведені дані вимірів зразків представлені табл. 1.1.

Як видно з табл. 1.1 при прокатці в одному напрямі вигин заднього торця після другого проходу в 2 – 2,5 разу більш ніж переднього, а після четвертого проходу – в 2,5 – 3,5 разу, тому при односторонньому прокатці високих штаб величину технологічної обрізі в основному визначатиме обважнює заднього торця, яка розвивається інтенсивніше.

При звичайному реверсивному прокатці не можна використовувати в значній мірі переваги напрямку прокатки. Це пояснюється тим, що при цьому способі прокатки різниця величин утяжки кінців розкату (по величині обрізі) взаємно знищується при зміні напрямку. Вже після четвертого проходу обважнює переднього і заднього кінців розкату мають однакову форму і рівні розміри. Проте сумарна величина необхідної обрізі передніх і задніх кінців гуркотів, прокатаних реверсивним і одностороннім способом, практично рівна.

З табл. 1.1 видно, що найінтенсивніше обважнює росте при прокатці на гладкій бочці при значенні фактора $l_d/H_{cp} = 0,3-5-0,45$, коли величина відносного обтиску складає 15 % і нижче. Величина і форма тієї, що обважнює торців блюмів в основному визначається режимом обтиску. При

рівному обтиску зливка по одній і іншій сторонах поперечного перетину обважнює торця має форму конуса. Із збільшенням числа проходів і величини сумарного обтиску довжина цього конуса росте, а кут у його вершини зменшується. Якщо величини сумарного обтиску по одній і іншій сторонах значно відрізняються, що має місце при прокатці блюмів з прямокутних зливків (відношення $B/H > 1$), то форма конуса спотворюється, оскільки протяжність його щодо більшої сторони збільшується. Практично прокатки на блюмінгу здійснюють за непарне число проходів і величина сумарного обтиску по одній із сторін зливка завжди більше. Величину донної обрізі на торці блюма визначає протяжність утяжки, що утворилася при обтиску товщої сторони зливка.

Сумарний обтиск робить визначальний вплив на вигин торців розкату. Ця величина відповідає обтиску по більшій стороні, включаючи сумарне розширення при деформації іншої сторони. При однаковому сумарному обтиску глибина утяжки буде різною залежно від того чи прокатаний крупний зливков на блюми великої товщини або одержані заготовки невеликого перетину з дрібного зливка. Тому при дослідженні впливу сумарного обтиску на формування кінців блюмів обважнює виражена відносною величиною l_y/h , що враховує кінцеву товщину. На рис. 1.5 показана залежність утяжки торців блюмів від сумарного обтиску по більшій стороні зливка. Залежності відповідають умовам прокатки зливків масою 8, 10, 12,5 т на блюмінгах 1150, 1250, 1300.

Як видно з рис. 1.5, утяжка торців переважно залежить від величини сумарного обтиску. У перших проходах при загальному обтиску 200 – 250 мм утяжка збільшується трохи. Подальше збільшення обтиску приводить до інтенсивнішого зростання утяжки. У цьому діапазоні істотний вплив обливає дріб деформації. Після перших двох проходів вплив загального обтиску на утяжку торців розкатів при меншому обтиску за один прохід значно сильніше, ніж при вищому одиничному обтиску. Так, при постійному обтиску 580 мм зменшення обтиску за прохід з 115 до 70 мм викликає збільшення утяжки майже в два рази.

Вплив величини обтиску за один прохід на утяжку торців блюма при прокатці 12,5-т зливка на блюмінгу 1300, з постійним сумарним обтиском по більшій стороні, показано на рис. 1.6. Точка 1 відповідає середньому одиничному обтиску 87 мм при прокатці по схемі 6 I × 4 II × 2 III × 1 IV, крапка 2 – середньому обтиску за прохід 97 мм по схемі 2I × 4I × 4II × 2III × 1IV і крапка 3 – одиничному обтиску 115 мм при застосуванні схеми 4I × 4II × 2III × 1IV.

На рис.1.7 видно зміна параметрів форми осередку деформації по проходах залежно від вживаних режимів обтиску. Збільшення середнього обтиску за прохід приводить до скорочення загального числа проходів. При цьому особливо важливо для зменшення утяжки скорочення числа проходів на гладкій бочці, де умови деформації характеризуються значенням $l_d/H_{cp} < 0,5$. Так при прокатці зливків по схемі 6I × 4II × 2III × 1IV величини утяжки торця готового блюма складає в середньому 430 мм, при застосуванні схеми 2I × 4I × 4II × 2III × 1IV вона знижується до 350 мм, при схемі 4I × 4II × 2III × 1IV – до 300 мм. Характер формування торців блюмів в розглянутих випадках пояснюється умовами деформації зливків.

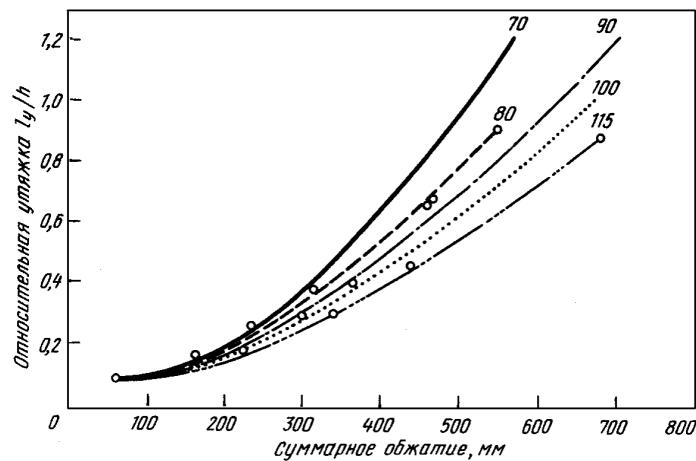


Рисунок 1.5 – Залежність глибини утяжки торців розкату від сумарного обтиску і дробу деформації; цифри у кривих – середній обтиск за прохід

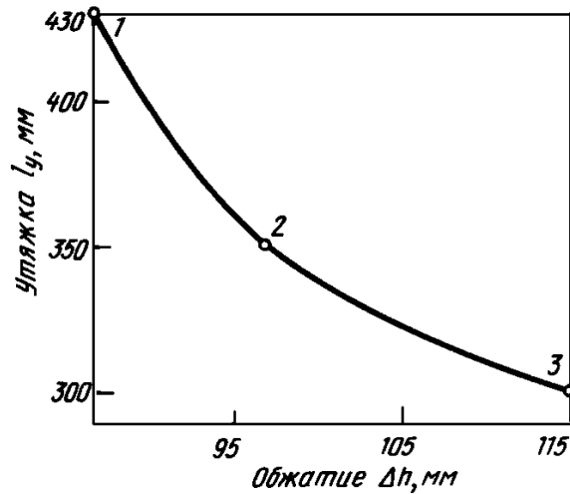


Рисунок 1.6 – Вплив величини обтиску за один прохід на утяжку задніх торців блюмів при прокатці на блюмінгу 1300 з постійним сумарним обтиском

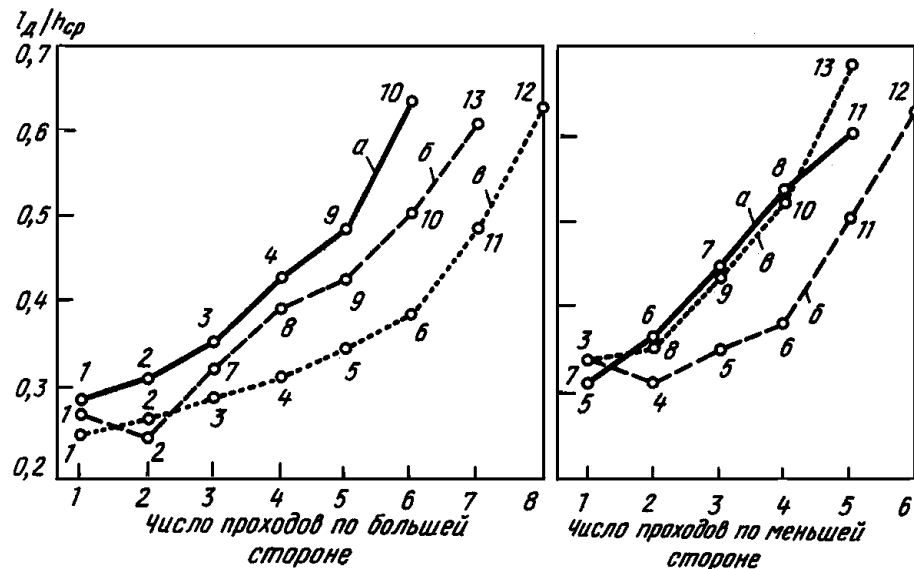


Рисунок 1.7 – Зміна параметрів форми осередку деформації по проходах залежно від режиму обтиску: а – схема 4I × 4II × 2III × 1IV; б – схема 2I × 4I × 4II × 2III × 1IV; в – схема 6I × 4II × 2III × 1IV

У першому випадку, при середній величині обтиску за прохід 87 мм, широка сторона зливка обжимається за вісім проходів і в шести з них деформація здійснюється при значенні $l_d/H_{cp} < 0,5$. У другому випадку, при підвищенні одиничного обтиску до 97 мм, загальне число обтиску по

широкій стороні скорочується до семи, а при значенні $l_d/H_{cp} < 0,5$ – до п'яти проходів. І, нарешті, при збільшенні одиничного обтиску 115 мм, число, проходив, що визначають максимальне зростання утяжки складає всього шість.

Таким чином, величина обтиску за прохід є технологічним параметром прокатки, що визначає як число проходів і схему прокатки, так і величину чинника форми осередку деформації. Істотного впливу хімічного складу вуглецевих сталей на величину деформації торців блюмів не встановлене. Температура кінця прокатки на блюмінгах коливається в інтервалі 70 – 80 °С і не робить значного впливу на утяжку кінців розкатів. Дослідження впливу температури в ширшому діапазоні виконані авторами роботи [6].

Результати експериментів показують, що основними чинниками, що визначають глибину утяжки торців блюмів, є величина сумарного обтиску зливка по більшій стороні і середній обтиск за прохід.

В умовах діючого блюмінга при постійних розмірах і масі початкового зливка зниження величини технологічної обрізи може бути досягнуте тільки шляхом оптимізації режиму обтиску.

1.3 Основні види дефектів при прокатці злиwkів на блюмінгу

На зливках нерідко зустрічаються подовжні і поперечні тріщини, плівки, газова пористість, раковини і інші дефекти. На зливках сифонового розливання, крім того, можна зустріти пісочини, шлак і заворот скориночки. Вказані дефекти і деякі інші, як, наприклад, ромбічність зливка, хвиляста форма перетину, можуть посилюватися при прокатці або сприяти утворенню нових дефектів.

Подовжні тріщини (рис.1.8) – дефекти металургійного походження, що виникають із-за високої температури металу при розливанні, великій швидкості розливання і ін. Групові дрібні тріщини різної глибини виникають також в результаті розкочування бульб на поверхні зливка, що утворилися із-

за незадовільного мастила виливниць і недостатньої раскисленности металу.

Основними причинами утворення поперечних тріщин (рис. 1.9) служать поперечні тріщини або грубі рваніни на зливку. Плена утворює між зливком і виливницею зазор і тим самим зменшує теплопередачу від зливка, тому під нею утворюються ділянки із зниженою пластичністю, які за несприятливих умов прокатки також можуть привести до утворення поперечних тріщин, рванін і грубих плен (рис.1.10).

Рваніни кутові (рис. 1.11 і 1.12) зустрічаються найчастіше на киплячому металі. Причинами утворень можуть бути: неправильний режим нагріву злиwkів, (тривале перебування в колодязях при високих температурах), неглибоке від поверхні зливка залягання бульб із-за неправильної технології сталеплавильного виробництва, тривале перебування зливка на приймальному рольгангу перед прокаткою, виникнення подовжніх розтягуючих напруг із-за нерівномірної деформації, знижена пластичність металу.

Рваніни на грані (рис. 1.13) характеризується значними нерівністю і звивистістю зовнішнього контуру розриву.

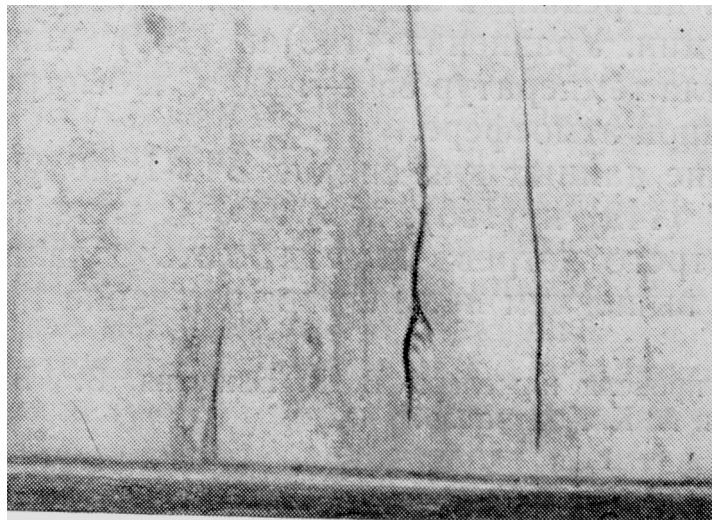


Рисунок 1.8 - Подовжні тріщини і раскатная рваніна

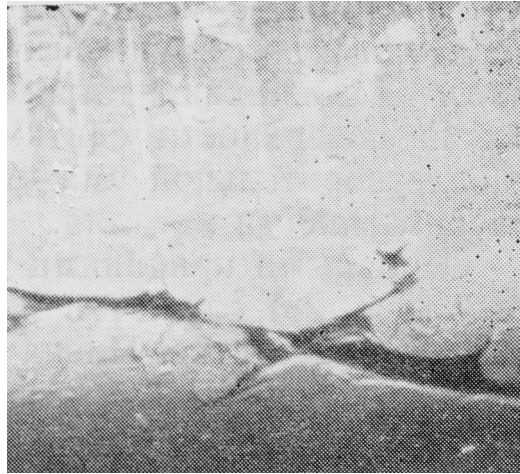


Рисунок 1.9 – Поперечна тріщина на блюмі

Походження рванін в основному приписують наявності підкіркових бульб, що не зварилися, які знижують деформованість зливка. Утворенню рванін можуть сприяти грубі плени на зливках, завороти скориночки і хвиляста форма поперечного перетину зливка. Дрібні рванини часто зустрічаються разом з пленой (див. рис. 1.13) і має, можливо, одну природу.

Окрім причин, пов'язаних з технологією сталеплавильного виробництва, причиною утворення пленів можуть служити напливи на зливках від вигаров хвиль. По гребнях хвиль на зливку може утворюватися дрібні рванини, яке потім викочуються в плени. Дрібні плени і рванини утворюються також і при схоплюванні металу з валками.

Закат утворюється в результаті невідповідності форми і розмірів розкату калібру, порушення режиму обтиску, прокатки підстудженого металу і металу з великим температурним градієнтом по перетину. Велике значення має початкова ромбічність зливка – при завданні перекошеного розкату в ящичний калібр виходить односторонній лампас, перехідний в захід після кантівки. Захід має вид подовжньої тріщини (рис. 1.14) завглибшки до 10 – 25 мм, що іноді проходить через весь розкат.



Рисунок 1.10 – Груба плена на блюмі



Рисунок 1.11 - Рваніни кутові і по грані



Рисунок 1.12 – Рваніни кутові

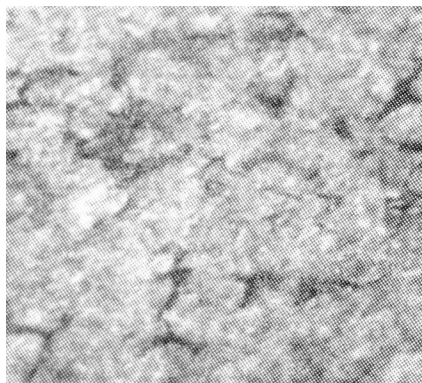


Рисунок 1.13 – Дрібні рваніни і плени

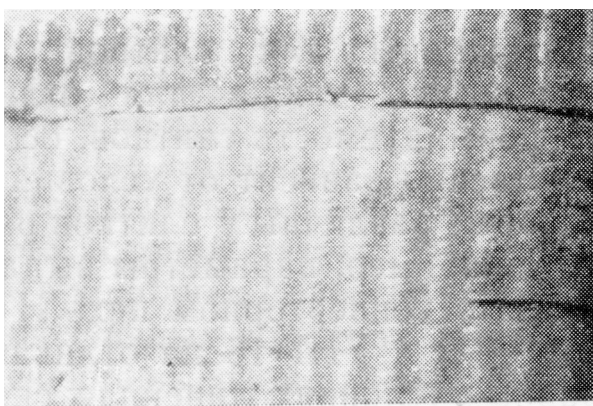


Рисунок 1.14 – Закат на поверхні блюма

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Тензометричні датчики

Основним елементом автоматизації БСУ є вагові дозатори. Сучасна система зважування базується на тензодатчиках (або датчиках сили). Тензометричний датчик являє собою металеву конструкцію, у середині якої поміщені резистори з електричною схемою. Тензодатчик механічно пов'язаний з корпусом ваг (вагового дозатора). При зміні ваги дозатора, корпус тензодатчика зазнає деформації, яка передається на тензорезистори. Електричний сигнал з тензорезисторів передається на вимірник, у ролі якого, як правило, виступає ваговий термінал.

Сучасні досягнення в конструкціях тензометричних датчиків, використані вкупі зі стандартної перевіреної тензорезисторної технологією, дозволяють створювати компактні й точні датчики з різних матеріалів із широкою сферою застосування й можуть бути використані в різних типах вагових систем і пристроїв, забезпечуючи високу ефективність, точність і економічність розв'язків.

Принцип роботи тензодатчика

Робота тензодатчика заснована на простих принципах механіки. Якщо на механічну конструкцію діють зовнішні сили, вона змінює свою форму таким чином, щоб протистояти впливу цих сил. Такі зміни можуть бути значними і явними, як у випадку вигину вудки при витаскуванні пійманої риби або можуть бути мікроскопічними, наприклад – прогин великого моста при проїзді по ньому автомобіля. Якщо в даній металевій конструкції зробити невеликий отвір, воно буде деформуватися в еліпс при деформації самої конструкції, прямо пропорційно прикладеної до конструкції

силі. Якщо в цей отвір вклеїти плівковий тензорезистор, можна з великою точністю виміряти цю деформацію або навантаження. Таким чином, тензорезистор ефективно перетворює всю конструкцію в датчик для виміру сили, навантаження або положення.

Точність тензовимірів

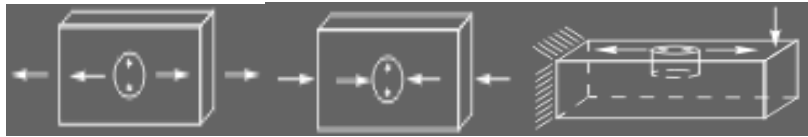
Максимальне навантаження на тензодатчик залежить від конструкції: існуючі системи мають межі зважування від декількох грам до сотень тисяч тонн. При цьому забезпечується мінімальна чутливість до коливань температури за рахунок схемотехнічних розв'язків. У сучасних тензодатчиках використовується подвійний міст (міст Кельвіна), що дозволяє знизити помилки нелінійності, повторюваності й гістерезису. Певний ступінь старанності повинна бути забезпечена при виборі місця установки й у процесі самій установці датчиків у конструкцію (пристрій). Необхідно враховувати, що на точність отриманої системи впливають кількість датчиків, навантаження на кожний датчик, матеріал самої конструкції. Відзначимо, що мінімального рівня помилок можна досягти тільки при правильній інсталяції датчиків у конструкцію.

Термін служби тензодатчиків

Тензодатчики для виробництв бетону виготовляються з нержавіючої сталі й повністю герметичні (IP68), що забезпечує їхню тривалу експлуатацію практично в будь-яких зовнішніх умовах, включаючи високу температуру, пряме влучення води, сніг, туман, високу вологість і прямі сонячні промені. Діапазон робочих температур – від -40° до 80°C , з мінімальними температурними змінами характеристик. Використовуючи відповідний вторинний прилад, тензоизмеритель, за допомогою тензодатчиків можна вимірювати вагу, деформацію, обсяг і інші фізичні параметри.

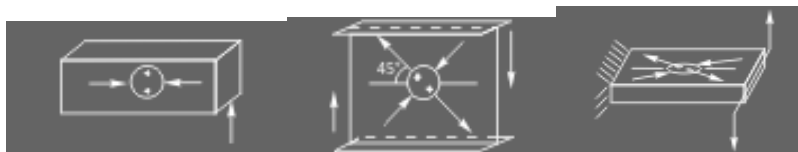
Типові методи тензовимірів

(Стрілками показані лінії прикладеної сили й напрямку деформації)



Розтягання Стиск

Вигин, розтягання



Вигин, стиск Деформація Крутіння

Рисунок 2.1 – Методи тензовимірів

Розрахунки вихідного сигналу тензодатчика

На рівень вихідного сигналу датчика, встановленого в конструкцію впливає безліч факторів. Для одержання надійної оцінки рівня вихідного сигналу необхідно виконати прості обчислення на базі зміни максимального навантаження усередині конструкції й в області поперечного переріза елемента або балки, у якій встановлений тензодатчик.

Мінімальний вихідний сигнал

Необхідно переконатися, що датчик сприймає достатні навантаження у всім робочому діапазоні для забезпечення достатнього й застосовного рівня сигналу. Практичне правило: тензодатчик повинен зазнати змінам навантаження на одиницю площі поперечного переріза не менш 15Н/мм^2 для сталі (5Н/мм^2 для алюмінію).

Максимальний вихідний сигнал

Як правило, що несуть конструкції діючих об'єктів у нормальних робочих умовах не можуть піддати, що вбудовується датчик надмірним навантаженням, які приведуть до його ушкодження. При вбудовуванні датчика в металеві елементи конструкції необхідно, щоб зміна навантаження на одиницю площі поперечного переріза не перевищувало 75Н/мм² для сталі (25Н/мм² для алюмінію).

Тензометричні датчики підрозділяються:

- ✓ по типах (балкові, S-Образні, таблеткові, здвоєна балка й т.п.);
- ✓ по максимальному навантаженню (від декількох грам до десятків і сотень тонн);
- ✓ по чутливості (1..2..3 mV вихідного сигналу на 1 V живлячого напруги);
- ✓ по класу точності (кількість перевірочних інтервалів) і т.д.

Класифікація тензодатчиків по області застосування:

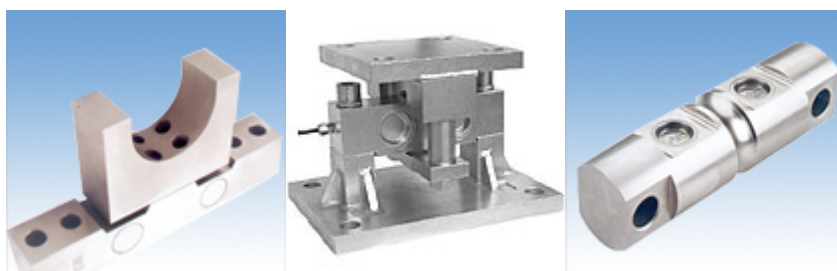
- тензодатчики для С/Х устаткування;
- тензодатчики для прокатних станів;
- тензодатчики для штампувальних пресів;
- тензодатчики для автонавантажувачів;
- тензодатчики для контролю спрацювання устаткування;
- тензодатчики для охоронних систем;
- тензодатчики для виміру навантажень у конструкціях;
- тензодатчики для виміру моментів;
- тензодатчики для зважування ємностей;
- тензодатчики для монорейкових вагових систем.



Балочні тензодатчики



Тензодатчики типу "МОСТ"



Тензодатчики розтягнення-зжаття

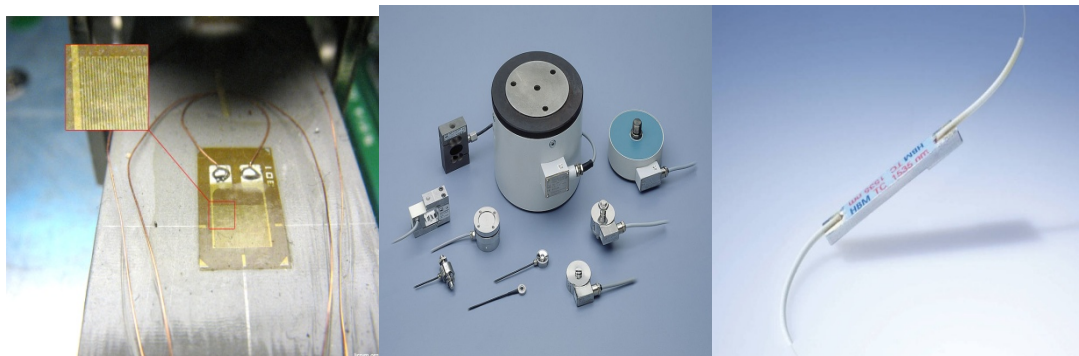
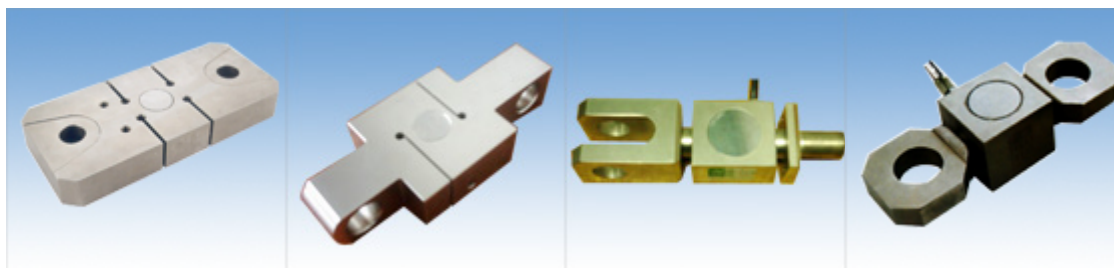


Рисунок 2.2 - Типи тензодатчиків

2.2 Устаткування для проведення дослідів

З метою зниження трудомісткості, економії матеріальних ресурсів і подальшого розширення діапазону досліджуваних умов реалізації в рамках даної роботи було використане встаткування лабораторного прокатного стану 260×260ЗДДА (рис. 2.3., 2.4) головна лінія робочої кліті якого містить у собі мотор–редуктор **1** типу МЦ 2С-63 ($n = 40 \text{ об/хв}$), моторну муфту **2**, одноступінчастий циліндричний зубчастий редуктор **3** з передатним відношенням **4,0**, проміжну муфту **4**, шестеренну кліть **5**, універсальні шпинделі **6** на підшипниках кочення, механізм **7** їх пружинного зрівноважування й властиво двухвалкову робочу кліть **8**.

Устаткування робочої кліті даного стану, загальний вид і конструкція якої ілюстровані рис. 2.3, містить у собі нижній **1** і верхній **2** робочі валки з номінальними значеннями діаметрів і довжин бочок по 260 мм. За допомогою дворядних сферичних підшипників **3** шийки робочих валків зафіксовано у відповідних подушках **4, 5** між якими з метою зрівноважування верхнього робочого валка **2** розміщені гумові прокладки **6**. Самі робочі валки були виготовлені зі сталі **9Х** із твердістю утворюючих поверхонь бочок $\approx 85 \text{ HS}$ і шорсткістю, що відповідає $\sqrt{\text{Ra}1,25}$.

Подушки **4** нижнього **1** і подушки **5** верхнього **2** робочих валків, у свою чергу, були розміщені в напрямних вікнах вузла станин **7** (див. рис. 2.3).

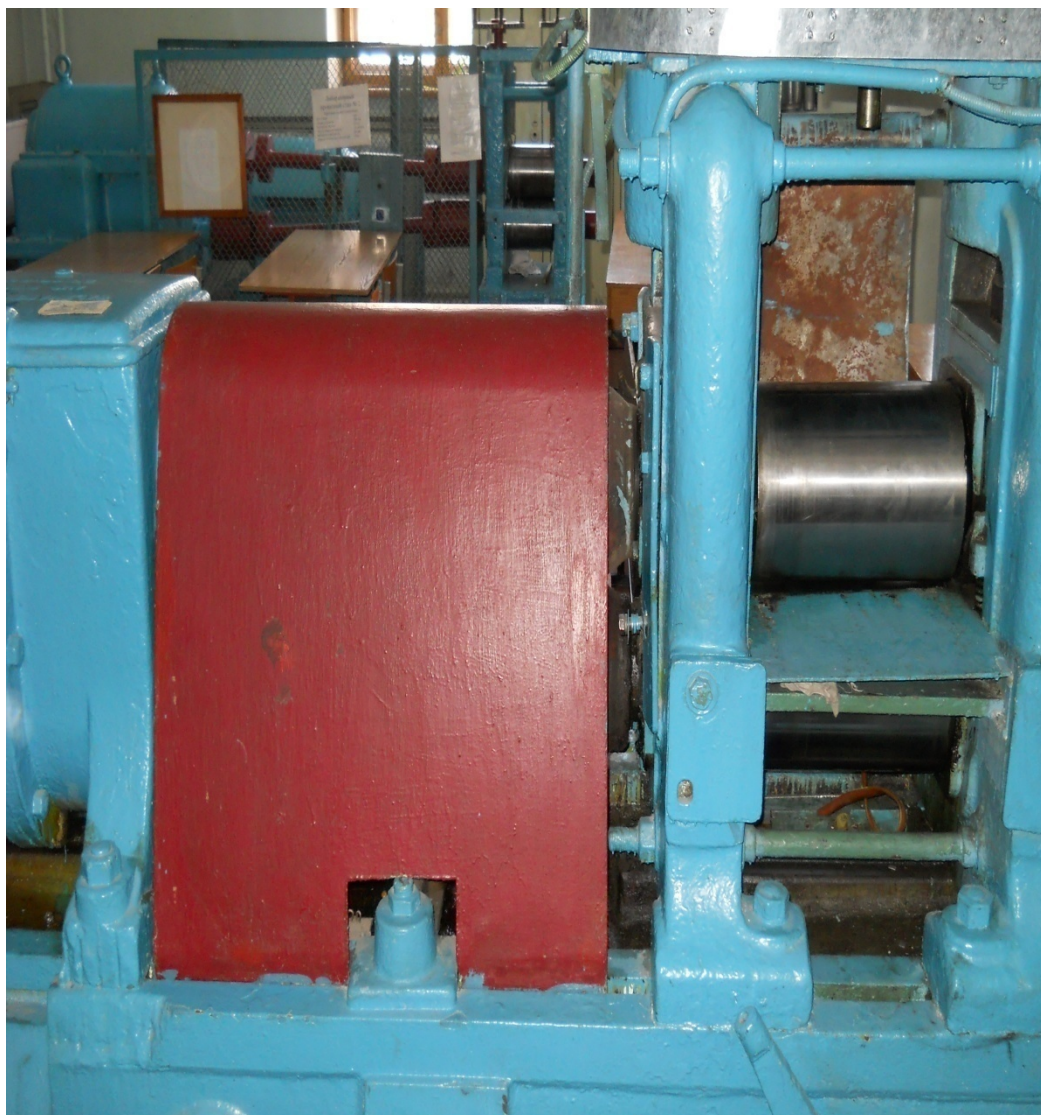


Рисунок 2.3 – Загальний вид устаткування лабораторного прокатного міні-стану з діаметром валків 260 мм



Рисунок 2.4 - Загальний вид робочої кліті лабораторного прокатного міні-стану з діаметром валків 260 мм

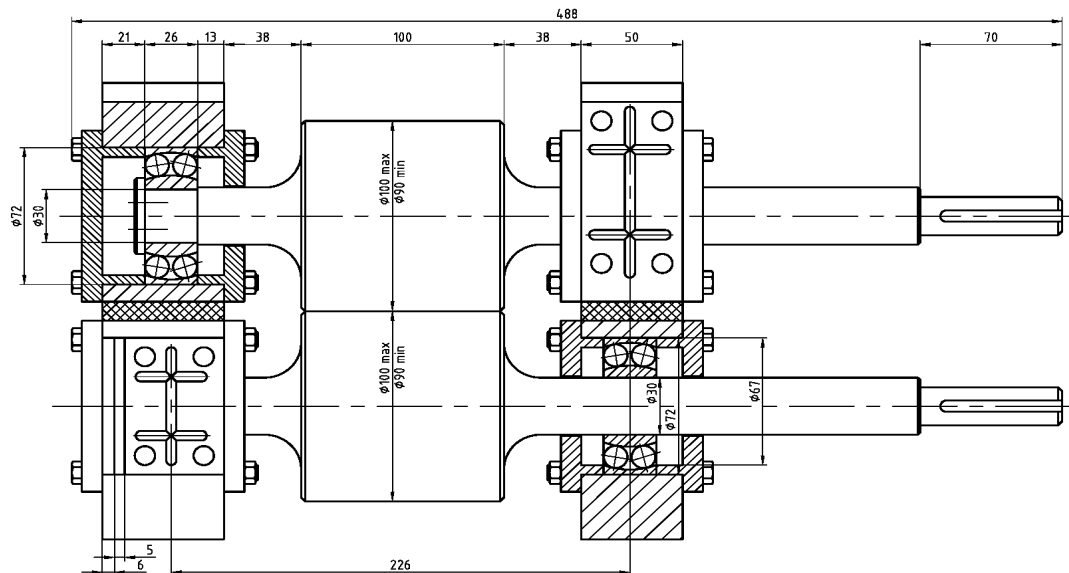


Рисунок 2.5. Конструкція вузла робочих валків лабораторного прокатного міні-стану з діаметром валків 260 мм

При цьому у вертикальній площині подушки **4** нижнього робочого валка **1** були зафіксовані нижніми поперечками даного вузла, а подушки **5** верхнього робочого валка **2** через кільцеві пружні елементи месдоз **8** і сферичні тіла кочення **9** були сполучено з натискними гвинтами **10** механічної частини натискного механізму. Бронзові гайки **11** даного механізму різьбові нарізки, що мають **3,0мм** метричні, із кроком, були зафіксовані в розточеннях **проміжної** рухливої траверси **12**, розміщеної за **аналогією** з **подушками 4, 5** робочих **валків 1, 2** у напрямних **вікнах** вузла станин **7**. У випадку регулювання величини попереднього межвалкового зазору з використанням тільки механічної частини натискного механізму проміжну рухливу траверсу **12** фіксували у вертикальній площині за допомогою додаткових проставлень **13**, що сполучаються з верхніми поперечками вузла станин **7**.

Крім механічної частини конструкція натискного механізму робочої кліти лабораторного міні-стану **260×260** ЗДІА (див. рис. 2.5) містила в собі й гідравлічну частину, виконану у вигляді гідроциліндра поршневого типу, корпус якого був розміщений нерухомо в розточенні верхньої траверси вузла станин, а штоковий елемент сполучений з верхньою опорною

поверхнею проміжної рухливої траверси. При цьому, крім безпосереднього регулювання величини попереднього межвалкового зазору з досить високою швидкістю гідравлічна частина була використана для силового розвантаження додаткових проставлень **13**, а також для торировки місдоз **8** шляхом додатка імітаційних сил їх стиску відомої величини. Враховуючи можливість переміщення проміжної траверси **12** у вертикальній площині при подачі робочої рідини в поршневу або в штокову порожнину гідроциліндра вона була постачена пружинним механізмом зрівноважування, а також датчиком лінійних переміщень реостатного типу (див. рис. 2.5).

За аналогією з розглянутим раніше (див. рис. 2.3–2.5) промислово–лабораторним станом вимір сили прокатки на лабораторному міні–стані 260×260 ЗДІА робили за допомогою місдоз **8**, а вимір моментів прокатки на кожному з робочих валків – за допомогою тензометричних датчиків опору, наклеєних на тіла відповідних універсальних шпинделів **6** головної лінії робочої кліти (див. рис. 2.3, 2.5). Знімання електричного сигналу з обертових універсальних шпинделів робили за допомогою струнних струмознімачів ковзання.

У цілому состав і конструктивні особливості розглянутого вище встаткування з урахуванням відповідних критеріїв подоби дозволило досліджувати процес гарячої прокатки щодо товстих аркушів і штаб у горизонтальних робочих валках у всім діапазоні можливих умов його реалізації.

2.3 Методика вимірів зусилля прокатки

Сила прокатки вимірюється *місдозами* або *тензомерами*. Безпосередньо силу прокатування можна виміряти *гідравлічними мездозами*, але вони мають велике запізнення (інерційність) під час виміру. Окрім того, точність виміру визначається точністю манометрів, яка в більшості випадків недостатня для систем автоматичного регулювання. На промислових станах з

метою автоматичного регулювання силу прокатування вимірюють прямим методом безперервно. За прямого методу датчик, перетворюючий силу в електричний сигнал, виконаний так, щоб уся вимірювальна система була замкнута тільки на датчик тобто, щоб датчик деформувався половиною сили прокатування тобто силою, діючою на натискні гвинти. Цією силою датчик пружно деформується. Перетворення деформації в електричний сигнал можна здійснити двома шляхами. По-перше, це методи, що ґрунтуються на вимірюванні деформації на запрограмованій довжені навантажує мого елемента. З цією метою на поверхні пружних елементів закріплюють перетворювачі.

По-друге, це методи, що ґрунтуються на змінюванні тих чи інших властивостей навантажує мого елемента: наприклад, до них відносяться магнітопружні та магнітоанізотропні перетворювачі, а також тензорезистори у випадку безпосередньої дії на них сили. Усі різновиди таких перетворювачів найчастіше розташовують поміж подушками верхнього валка і натискними гвинтами.

Відповідно до закону Гука пружна деформація елемента пропорційна діючій на нього силі. Очевидно, що за величиною деформації можливо визначити силу. Використовуючи цю залежність непрямым методом визначають силу прокатування за допомогою тензометрів, які розміщують на нейтральній лінії стояка станини кліті. Під час прокатування стояк по нейтральній смузі тільки розтягується, збільшує базову відстань l на величину пружної деформації Δl . Відповідно до закону Гука сила розтягування буде визначатися рівнянням:

$$p_c = \frac{p_y}{2} = \frac{\Delta l / l}{EF} \quad (1)$$

де p_c - сила, діюча на натискний гвинт; F - площа перерізу стояка; E - модуль пружності матеріалу станини (для чавуна $E = (1.2 - 1.6) \times 10^5$ мПа;

для литої вуглецевої сталі $E = 2.0 \times 10^5$ МПа; для кованої або штампованої легованої сталі $E = 2.0 \times 10^5$ МПа.

Знаючи, що $p_y = \frac{P}{2}$, сила прокатування P буде дорівнювати:

$$P = 4EF \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

Теоретична сила прокатки за відомого середнього контактного тиску в осередку деформації обчислюється за формулою:

$$P = P_{cp} F_k \quad (3)$$

де F_k - площа контакту метала з валками. Для умов тонколистового прокати P_{cp} визначається за формулою В. О. Ніколаєва:

$$P_{cp} = 1.15 \sigma_{Tcp} \left[1 + 0.48 f_n \frac{l}{h_{cp}} \right] \quad (4)$$

де σ_{Tcp} - середня границя плинності метала в осередку деформації

f_n - показник тертя, який дорівнює:

$$f_n = 1.6f - 0.018 \quad (5)$$

f – коефіцієнт тертя який для умов прокати зразків із алюмінію з мастилом можна прийняти рівним 0.08.

За цієї умови $f_n = 0.11$ і формули (4) буде мати вигляд:

$$P_{cp} = 1.15 \sigma_{Tcp} \left[1 + 0.05 \frac{l}{h_{cp}} \right] \quad (6)$$

Із формул (3), (4), (5) і (6) очевидно, що контактний тиск і сила прокати залежать від границі плинності, умов тертя і параметру $\frac{l}{h_{cp}}$, при збільшенні яких, сила прокати зростає. Взагалі усі фактори прокати,

збільшуючи опір повздовжньому і поперечному плину метала в осередку деформації, призводять до зростання сили прокатування.

Середню границю плинності $\sigma_{T_{cp}}$, визначають за формулою:

$$\sigma_{T_{cp}} = (\sigma_{T_0} + \sigma_{T_1})/2 \quad (7)$$

де σ_{T_0} – границя плинності метала до проходу;

σ_{T_1} - границя плинності метала після проходу.

Для алюмінію марки А1 $\sigma_{T_0} = 58 \text{ Н/мм}^2$. За формулою О. В. Третьякова після прокатки

$$\sigma_{T_1} = \sigma_{T_0} + 0.64 \varepsilon_{\Sigma}^{0.62} \quad (8)$$

ε_{Σ} – підсумковий відносний обтиск.

Середній тиск по експерименту із (3):

$$P_{cp} = P/F_k$$

Робота виконується на двовалковому стані з діаметром валків $D = 260$ мм.

Складають і випробують схеми виміру сили прокатки прямим та непрямим методами. До прокатки вимірюють розміри перерізу трьох листових зразків із алюмінію однакової ширини. Під час прокатки вимірюють силу шляхом запису осцилограм та пружну деформацію А1 за допомогою тензора. Після прокатки вимірюють розміри зразків. Розшифровку осцилограм (рис.2.6) виконують, користуючись градувальники лініями місдоз (рис. 2.7). Дані замірів, розмірів і розшифровок заносять до таблиці 1. Далі, розрахувавши необхідні параметри прокатки Δh , ξ , ε_{Σ} , l/h_{cp} , σ_{T_1} визначають

$P_{\text{ср}}$ по (6) і по P (3).

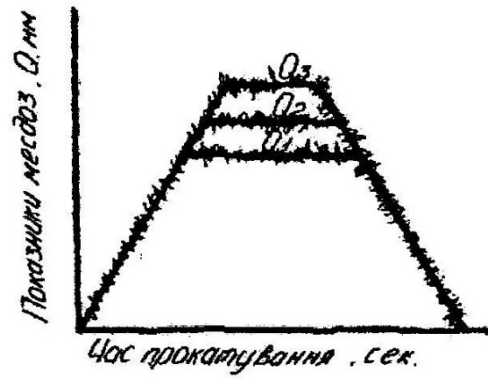


Рисунок 2.6 - Осциллограмма силы прокатки

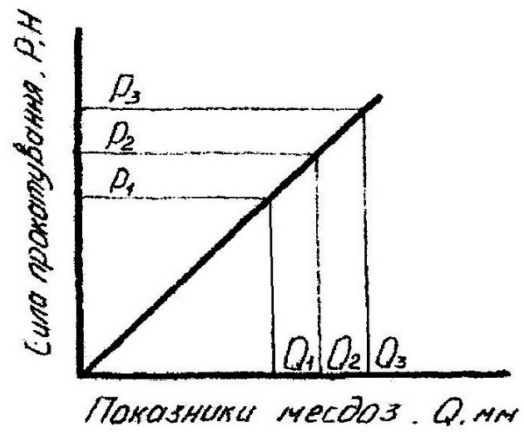


Рисунок 2.7 - Градувальна лінія місдоз

3 ОБРОБКА І ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

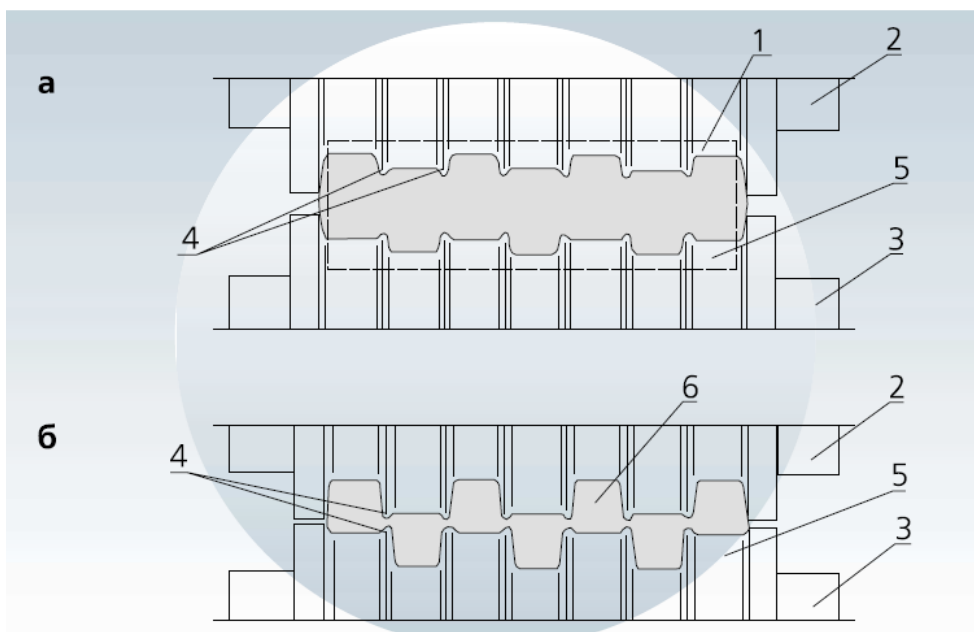
3.1 Аналіз систем калібрування для прокатки на блюмінгу

Показано результати експериментальних досліджень у промислових умовах нової технології багатострумкової прокатки при реалізації на безупинно - заготовочному стані, особливості деформації й енергосилових параметрів, а також показники якості макро- і мікроструктури досвідченого металу. Представлено планування устаткування стану і досвідчено-промислової лінії багатострумкової прокатки і деякі конструктивно-технологічні розробки, які дають можливість надійної реалізації цього способу. Приводиться оцінка економічної ефективності від проведення реконструкції безупинно-заготовочного стану на основі технології багатострумкової прокатки.

Об'єктивна необхідність переробки всі зростаючого обсягу неперервнолитих слябів (НЛС) підвищує актуальність, значимість і складність проблеми реконструкції обтисно-заготівельних комплексів для забезпечення економічного виробництва і поліпшення якості сортових заготівель. Проблема збільшується також тим, що проведена в наш час і в більшому ступені планована на наступні роки реконструкція устаткування обтискних станів зберігає специфіку традиційної технології. Тому концепція реконструкції обтисно-заготівельних комплексів і сортових передільних станів повинна будуватися на забезпеченні можливості сполучення і збереження переваг слябових МНЛЗ, а також устаткування і технології прокатки на блюмінгах і безупинно-заготівельних станах (НЗС): універсальність одержання широкого сортаменту і більш низькі питомі капітальні й експлуатаційні витрати. У цьому напрямку, на наш погляд, перспективна технологія багатострумкової прокатки: одночасна прокатка і

подовжня порізка в каліброваних валках неперервнолитих чи катаних чи слябів, принаймні, її основні принципи, що можуть скласти ряд продуктивних варіантів компонування технологічних ліній.

Розроблена й у лабораторних і промислових в умовах НЗС 900/700/500 комбінату "Криворіжсталь" випробувана нова технологія багатострумкової прокатки для одержання сортових заготівель, заснована на зсуві частин металу друг відносно друга у валках із шаховим (східчастим) розташуванням ящиккових калібрів.



а - чорновий калібр; б – передроздільний калібр;

1 - вихідний сляб; 2 і 3 - верхні і нижні валки;

4 - профільовані гребені; 5 - диски - бурти;

6 – багатострумковий розкат

Рисунок 3.1 - Калібрування валків для багатострумкової прокатки

сортних заготівель з литих чи катаних слябів

Відмінною рисою способу калібрування є наявність на струмках калібрів симетричних профільованих гребеней на крайках дисків - буртів (заявка на передбачуване винахід "Спосіб калібрування прокатних валків" m

2520063, кл. У21 В 1/02) (рис. 3.1). Їхнє призначення - підвищити якість заготовок і знизити зусилля деформації. Через те, що інтенсивні деформації зсуву локалізуються у вузькій зоні між гребнями верхнього і нижнього валків, істотно зменшується утяжка і перекручування профілю штаби, у самім же вогнищі деформації створюється сприятлива схема напруженого стану, що наближається до всебічного стиску.

При випробуванні технології як вихідну заготовку використовували НЛС Донецького металургійного заводу. Сляби розділяли на сортові заготівлі послідовно в горизонтальних клітках 900 m1 і m2 за один прохід (рис. 3.2). При мінімальному зазорі між валками (3 мм) відбувався повний поділ штаби на заготівлі завдяки чергуванню верхнього і нижнього тиску. Максимальна величина заусенця, що утвориться в місцях остаточного поділу, не перевищувала 3 мм (рис. 3.3). Візуальний огляд заготівель не виявив тріщин, чи зморщок інших дефектів поверхні, що перешкоджають подальшій прокатці. У ході експерименту фіксували моменти, що крутять, на валках і струми якорів головних приводів клітей. Аналіз результатів статистичної обробки вимірів показав, що досліджувані параметри розподілені нормально, мають невеликі показники асиметрії й ексцесу. Середні значення величин що крутять моментів у клітках m1 і m2 складають відповідно 0,453 і 0,615 МДж. Коливання параметрів виявилися незначними, коефіцієнти варіації змінювалися в діапазоні від 3,54 до 3,85%, що свідчить про високу стабільність процесу, його стійкості до зміни умов тертя і впливу випадкових факторів.

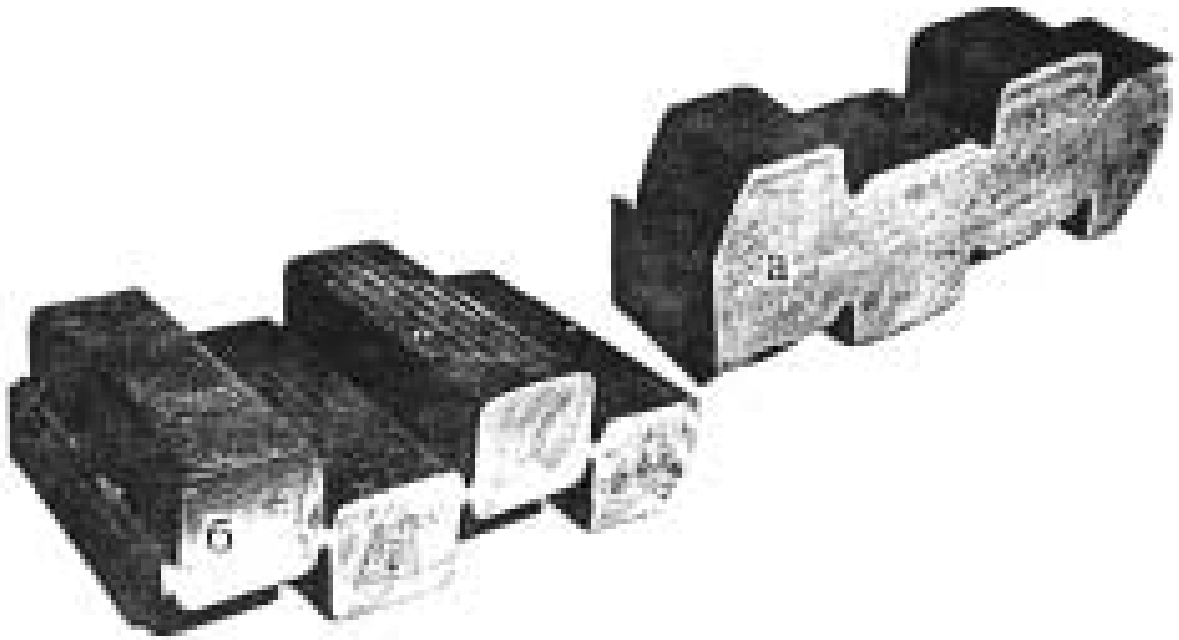


Рисунок 3.2 - Поперечні темплети розкату після проходку:
а - у кліті m1; б - у кліті m2



Рисунок 3.3. Темплет сортової заготовки перетином 80x80 мм,
отриманої з неперервнолитого сляба способом багатострумкової прокатки

У порівнянні з існуючою технологією прокатки процес подовжнього поділу слябів на сортові заготовки характеризується більшою стабільністю (розкид значень аналогічних параметрів у 3-5 разів нижче) і меншим (у 1,1-

1,4 рази) середнім рівнем цих параметрів. Отримані заготівлі перетином 80x80 мм прокочували на дрібносортному стані 250 m4 на круг діаметром 16 мм. Готова продукція пройшла контроль ОТК заводу: поверхня досвідчених прутків (також як і отриманих за існуючою технологією) відповідає вимогам стандартів.

Для виявлення якості досвідченого металу виконали металографічні дослідження. Макроструктура заготівель, на відміну від вихідних слябів, характеризується більш дрібним зерном, що зв'язано з перекристалізацією металу литого сляба в процесі нагрівання під гарячу прокатку і зі здрібнюванням зерна в результаті деформації; зона стовпчастих дендритів не виявляється. Дефекти металургійного характеру не виявлені. Особливості розташування зони центральної ліквіації в розкатах визначаються плinom металу в процесі деформації при прокатці. Ліквіаційна зона згинається і смещается щодо поперечної осі розкату у відповідності зі зрушенням металу при формуванні заготівель.

Дендритна будівля макроструктури заготівель після трав лінія реактивом Обергоффера не виявляється. Метал характеризується невисоким забрудненням сірчистими включеннями (як і вихідні сляби). Мікроструктура заготівель - феритно-перлітна, із преобладанням феррита. Величина зерна поблизу поверхні відповідає номеру 5 (ДСТ 5639-82), а в центральних зонах номеру 4. Перевага щодо великого зерна в структурі заготівель зв'язано, насамперед , з високою температурою кінця прокатки (більш 1100 °С) і щодо невеликий степінь деформації.

Дослідження прутків (коло діаметром 16 мм) показали, що метал має однорідну дрібнозернисту феритно-перлітну структуру, що відповідає номеру 8-9 за ДСТ 5639-82. Зона центральної ліквіації в мікроструктурі прутків не виявляється. Гаряче травлення прутків також не виявило дефектів, зв'язаних з виходом ліквіації на поверхню. У цілому результати металографічних досліджень свідчать про високу якість металу і

мікроструктури прутків, не уступающем прокату, одержуваному за існуючою технологією.

Усі механічні характеристики дослідного сортового прокату задовольняють вимогам ДСТ 380-71 для сталі Ст. 3сп. Результати статистичної обробки свідчать про нормальному розподілі характеристик механічних властивостей прокату, про невеликий, найчастіше, несуттєвій величині показника асиметрії й ексцесу, про незначний розсіяний (коефіцієнти варіації змінюються в межах від 1,87 до 6,65%). Запропонований спосіб калібрування і схема деформації мають деякі переваги в порівнянні зі способом багатострумкової прокатки в діагональних калібрах: можливість повного поділу слябів на заготівлі безпосередньо у валках прокатного стану; формозміна при істотно менших енергетичних витратах на процес; калібрування валків не перешкоджає вільному розширенню матеріалу, що розрізається. Проведені дослідження довели принципову технологічну можливість одержання способом багатострумкової прокатки з неперервнолитих чи катаних слябів якісний сортової заготівлі з однорідною структурою, високим рівнем і стабільністю всіх характеристик механічних властивостей, що задовольняють вимогам існуючих стандартів для вуглецевих сталей.

Найбільше ефективно запропонована технологія багатострумкової прокатки може бути застосована в комплексах, оснащені конверторами і слябовими МНЛЗ при реконструкції НЗС, коли максимально використовується діюче обладнання блюмінгів для формування широкого сортаменту підкату. Як стан багатострумкової прокатки можна використовувати чорнову групу клітей НЗС із мінімальними витратами на реконструкцію, при цьому існуюче обладнання обтисочно-заготовочного комплексу можна буде виводити з експлуатації поступово: спочатку чистову групу клітей НЗС, потім блюмінг і нагрівальні колодязі.

Ефективність виробництва сортових заготівель із НЛС способом багатострумкової прокатки в порівнянні з діючої технологією

характеризується наступними показниками: вихід придатного - відповідно 0,95-0,98 і 0,85-0,89; сумарна витяжка - 2-4 і 20-30; витрати енергії на деформацію -3-6 і 20-30 кВт·ч/т; кількість встановлених клітей - 3-5 і 13-15 (включаючи блюмінг); довжина дільниці прокатних клітей - 30-40 і 300-400 м. На основі дослідженої технології розроблена технічна пропозиція на реконструкцію обтисково-заготовочного комплексу. Приклад планування устаткування стану багатострумкової прокатки, призначеного для виробництва заготівель квадратного (60 x 60 ч 125 x 125 мм) і прямокутного перетину (швелера до т 14, куточки до т 20, балки т 10 і 12 тощо) з катаних слябів куті низьколегованої сталі з річний продуктивністю 4,5 млн т. Особливість реалізованої на стані калібрування (рис. 10) полягає в тім, що в передроздільні калібрі сопряжение окружностей, описаних навколо суміжних калібрів, призводять у центрах сполучних перемичок (заявка на винахід т 3561869/02/038126/ від 9.03.83 р.М.кл.3 В21 В1/02). Таке рішення є оптимальним, оскільки відсутність сполучення описаних окружностей при наступному поділі заготівель поворотом навколо них поздовжніх осей приведе до деформації кутів заготівель або збільшить утрати металу при зачищенні заусенців.

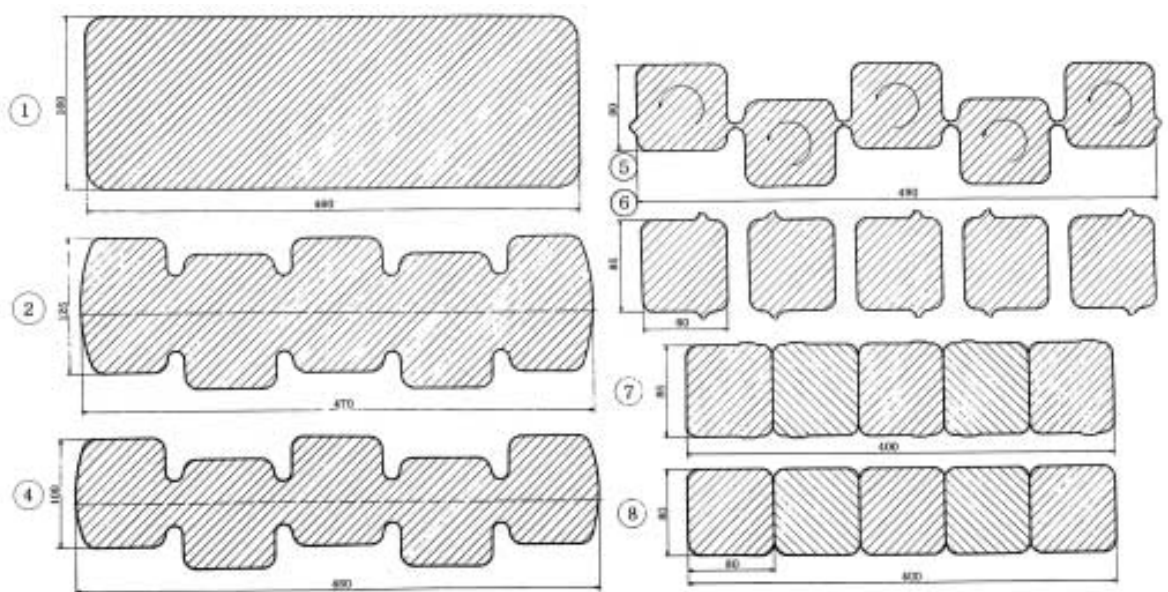
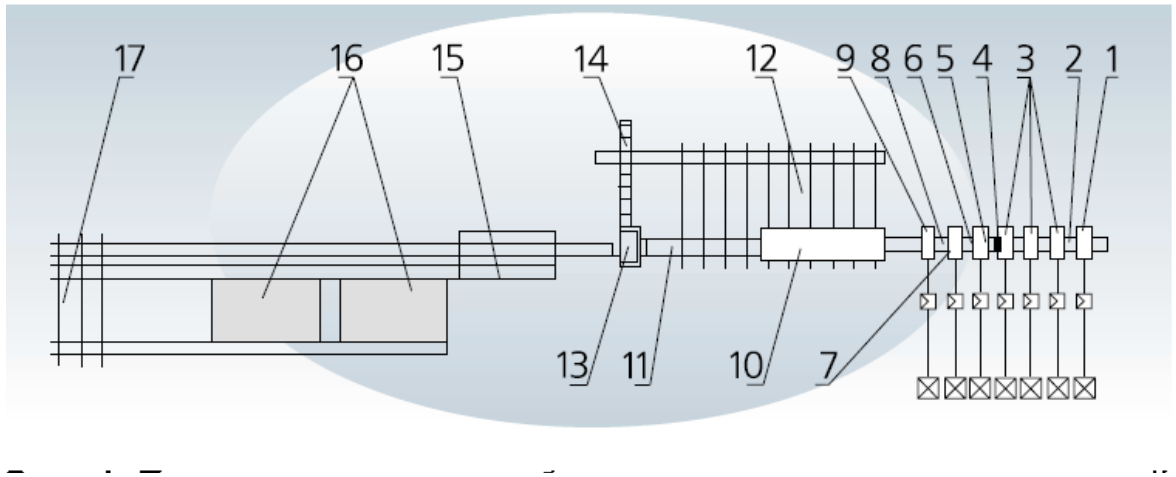


Рисунок 3.4 – Схема багатострумкової прокатки квадрата 80: 1-8 -
номера технологічних операцій



- 1 - дуо обтискна що задає кліть; 2 - валкова арматура; 3 - кліті багатострумкової прокатки для формування заготівель; 4 - ролики, що кантують, (валки); 5 - установка роликів, що задають; 6 - направляюче пристрій; 7 - фрезерна машина; 8 - ролики, що стежать; 9 - чистова що калібрує кліть; 10 - термоснагромаджувач; 11 - транспортний рольганг; 12 - передатний пристрій; 13 - летучі ножиці; 14 - пристрій для збирання обрізі; 15 - транспортні і пакетуючі рольганги; 16 - пристрій для водяного охолодження; 17 – рольганги і передатний пристрій для повернення заготівель в основну лінію стану

Рисунок 3.5 – План розташування устаткування стану багатострумкової прокатки

Для забезпечення точності виконання профілю заготівель дозованне формозміна, властиве багатострумкової прокатці, повинне супроводжуватися застосуванням регульованої і твердої валкової арматури.

Як показали експерименти, при багатострумкової прокатці вікончателное поділ розкату на окремі заготівлі можливо безпосередньо у валках прокатного стану. Однак, у цьому випадку виникають технічні проблеми,

зв'язані з запобіганням можливого окова валків, утриманням заготовель і запобіганням їх від скручування, зручністю видалення (зачищення) заусенців. Тому пропонується в прокатних клітках формувати розкат з товщиною перемичок не більш 3-5 мм, а остаточне раз розподіл робити в спеціальних валках (роликах) поворотом заготовель навколо їхніх подовжніх осей в одну сторону на 90° (заявка на винахід m 3562095/02/ 038133/ від 9.03.83 р. М.кл.3 В21 В1/02). На нашу думку, такий прийом є найбільш раціональним. Калібрування роликів, що кантують, для поділу штаби на заготівлі показані на рис. 3.6.

Рекомендується також поділ заготовель і у валках способом розтягання, за рахунок формування перемичок смещеними щодо центра маси поперечного перерізу багатострумкового розкату.

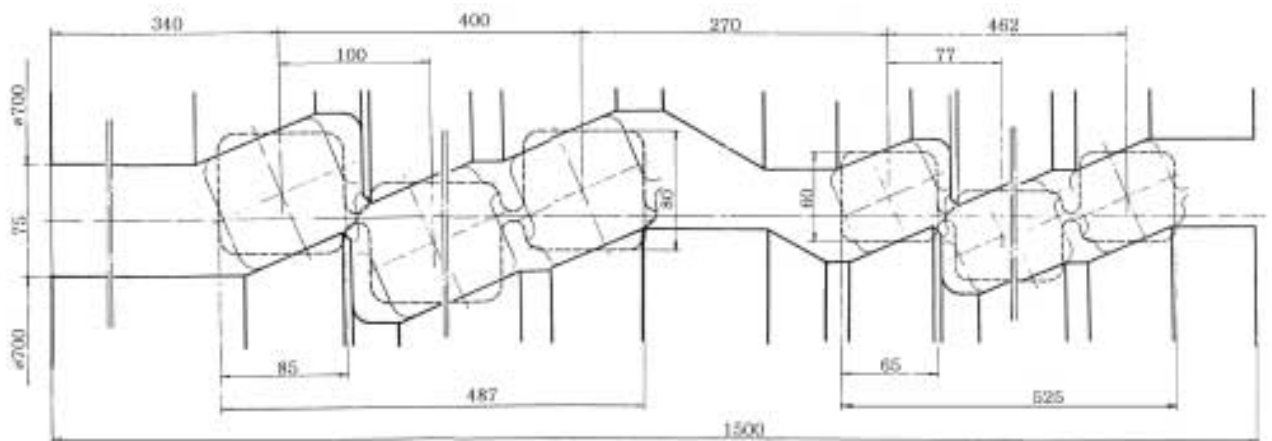


Рисунок 3.6 - Калібрування роликів, що кантують, для поділу штаб на заготівлі 80 мм і 60 мм

Для поліпшення якості заготовель і надання їм остаточного профілю, відповідно до вимог діючих ДСТ, їх прокатують у чистовому калібрі з обтиском 5-7%.

Однієї з проблем, що виникають при багатострумкової прокатки, є проблема збільшення стійкості гребенів, які знаходяться в значно гірших умовах експлуатації в порівнянні з іншими елементами калібру.

Однак, як показали дослідження, у зонах поділу (інтенсивних деформацій) температура вище, ніж в інших зонах. Відповідно, контактні тиски на гребенях невеликі з-за меншого опору деформації. З метою відпрацювання принципово нових технологій і конструкцій машин, що реалізують спосіб багатострумкової прокатки, пропонується виконати реконструкцію НЗС з установкою експериментального устаткування, придатного також і для традиційної технології. Зокрема, пропонується створити дослідний промисловий стан багатострумкової прокатки (рис. 3.7) на основі модернізації існуючого устаткування чорнової групи НЗС 730/500, а саме: здійснити заміну робочих клітей, конструкцію яких виконати з можливістю установки в них устаткування, що забезпечує багатострумкову прокатку сортових заготівель з одержуваних на блюмінгу катаних слябів. При цьому у восьми клітях можуть бути випробувані різні способи багатострумкової прокатки (у тому числі й у діагональних калібрах [16]) і відпрацьовані технологічні і конструктивні рішення, а також уточнені техніко-економічні показники (вихід придатного, продуктивність, енергозатрати, стійкість валків, інструмента тощо).

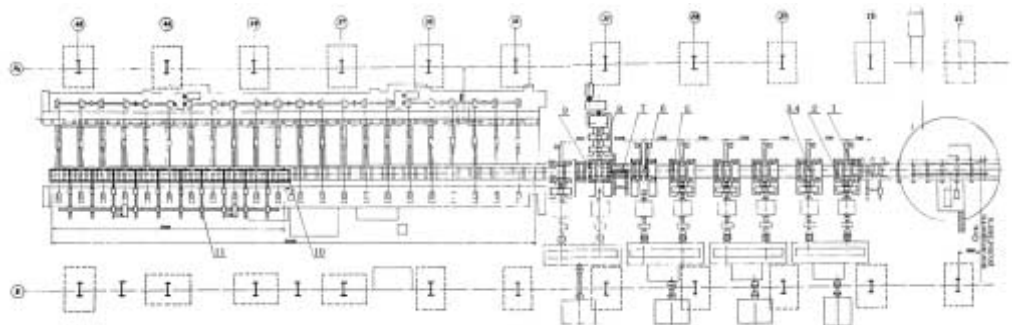


Рисунок 3.7 – План розташування устаткування

досвідченої промислової лінії багатострумкової прокатки: 1 - робочі кліті (обтискаюча, що задає, шість клітей для формування багатострумкового розкату і чистова, що калібрує кліть); 2 - валкова арматура; 3, 4 - робочі валки з подушками; 5 - валки, що кантують; 6 - пристрій, що задає, що стежить; 7 - направляюче пристрій для ущільнення пакета; 8 - установка фрезерної машини; 9 - ролики, що стежать; 10 – термос-нагромаджувач; 11 - передатний пристрій для видачі заготівель з термоса

Прийнятий склад устаткування вимагає одержання з блюмінга заготівель перетином 200x450 і 200x480 мм, що, однак, не знижує його продуктивність. Навпаки, розрахунки показали, що в порівнянні з прийнятою технологією прокатки сортових заготувань на НЗС годинна продуктивність стану багатострумкової прокатки (у залежності від сортаменту і ваги вихідного зливка) збільшується на 3-9%.

Таким чином, для реконструкції ряду НЗС з обліком розвитку МНЛЗ, пропонується виконати модернізацію обладнання одного НЗС, що зберігає традиційну технологію й забезпечує створення нових технологій і машин, що реалізують різні способи багатострумкової прокатки, для переробки в сортову заготівлю неперервнолитих чи катаних слябів з вуглецевих і низьколегованих сталей. При негативних результатах іспитів більша частина встановлюваного в основній лінії стану технологічного устаткування зберігається.

Народногосподарський економічний ефект від проведення реконструкції НЗС на основі способу багатострумкової прокатки в порівнянні з варіантом, що зберігає традиційну технологію виробництва сортових заготівель, за рахунок підвищення продуктивності і виходу придатного, зниження капітальних витрат, витрати електроенергії й інструмента складає більш 4,5 млн р.

3.2 Розробка режимів обтиснень, калібрування валків і технології прокатки кіл діаметром 230-265 мм із нержавіючої сталі

Аналіз недоліків заводської технології

Технологія прокатки кіл діаметром 230-265 мм із нержавіючої сталі типу Х18Н10Т на блюмінгу ПрАТ "Дніпроспецсталь" розроблялася з урахуванням результатів досвідчених прокаток кіл діаметром 265 мм на першій кліті стану за технологією заводу й виявлених при цьому її недоліків.

Метою розробки нової технології було підвищення стабільності процесу прокатки, усунення скручування розкатів і одержання правильної геометрії профілю.

У результаті проведеної роботи виконаний аналіз причин нестабільності процесу прокатки й розроблені заходи щодо їхнього усунення.

Основними недоліками технології є:

- недостатньо рівномірне нагрівання зливків, обумовлений конструкцією нагрівальних колодязів блюмінга;

- нераціональний режим обтиснень і нерівномірне заповнення калібрів металом, викликаний конструкцією існуючих ящиківих і овальних калібрів;

- слабе самоцентрування розкатів в овальному й круглому калібрі, що приводить до втрати стійкості й звалюванню розкатів у процесі прокатки з невиконанням висоти профілю й утворенням значних лампасів по ширині, тобто невиконання геометрії профілю;

- нерівність діаметрів верхнього й нижнього валків, що спричиняє асиметрію процесу прокатки;

- низький рівень установки нижнього валка, що приводить до асиметрії обтиснень із боку верхнього й нижнього валків і створює додатковий перекидаючий момент;

- відсутність необхідної для прокатки кіл привалкової арматури;

- труднощі втримання розкатів лінійками кантувача й ін.

Для реалізації нової технології необхідно:

1. Робити кантування зливків навколо осі на 180° при нагріванні в колодязях для здійснення більше рівномірного прогріву металу по перетині.

2. Прокатку кіл 230 - 265 мм можна здійснювати по двох варіантах: варіант 1 - з видачею готового прокату з першої кліти, варіант 2- з видачею готового прокату із другої кліти.

Технологія прокатки кола 265 мм із видачею готового прокату в першій кліті (варіант 1)

Для реалізації цієї технології необхідно скорегувати калібрування валків.

Калібр 2 (ящикований або плоский овал):

- збільшити глибину вреза калібру з 88 до 120 мм;
- зменшити ширину дна калібру з 310 до 304 мм;
- радіус закруглення дна калібру збільшити з 35 до] 40 мм;
- ліквідувати опуклість дна калібру;

За загальну висоту калібру при зазорі 14 мм прийняти 254 мм.

Дане коректування дозволить усунути скручування розкату в овальному (радіусному) калібрі 39 забезпечити стабільне заповнення цього овалу металом по ширині калібру.

Конструкція калібру 2 виконана таким чином, що його можна використати й у якості предчистового плоского овальною калібру у варіанті прокатки без застосування радіусного овального калібру 3. Можливість такої схеми прокатки досягається тим, що радіус закруглення дна калібру прийнятий рівним радіусу обрису чистового кола, тобто 140 мм. При такій схемі прокатки ступінь заповнення металом калібру 2 повинна бути знайдена експериментально, виходячи з оптимальної величини обтиснення в чистовому колі, при якому запобігає втрата стійкості розкату в круглому калібрі.

Калібр 3 (овальний радіусний);

- збільшити глибину вреза калібру з 118 до 121 мм;
- загальну висоту калібру при зазорі 14 мм прийняти 256 мм;
- радіус закруглення овалу прийняти рівним радіусу обрису чистового кола - 140 мм;
- ширину горизонтальної площадки прийняти 142 мм.

Для підвищення стійкості овального розкату в чистовому круглому калібрі ширина предчистового овального калібру повинна бути оптимальної

(обтиснення в колі повинне бути мінімальним). На жаль зменшити ширину предчистового калібру 3 не уставляє можливим, тому що ширина вже існуючого калібру 3 становить 348 мм і він не підлягає відновленню при переточуванні валків.

Проте пропоноване коректування конструкції калібру 2 повинна забезпечити більше стійке положення овалу в круглому калібрі за рахунок зменшення перекидаючого моменту.

Калібр 4 (круглий):

- обрис калібру виконати радіусом 140 мм зі зсувом центра щодо вертикалі на 6 мм;
- загальну висоту калібру при зазорі 18 мм прийняти 280 мм;
- на кожному валку в секторі 74° виконати по 25 трикутних канавок глибиною 2.5 мм.

Дане коректування також дозволить забезпечити більше стійке положення овалу в круглому калібрі за рахунок зменшення обтиснення в колі, зміни співвідношення діаметрів кола й створення умов перешкоджаючому скручуванню овалу в колі.

Виключити нижнє "тиск" у калібрах 2, 3 і 4, забезпечивши рівність діаметрів, що катають, нижнього й верхнього валків (див. прикладене калібрування валків), що дозволить виключити небажану асиметрію деформацій у калібрах.

Скоротити кількість проходів при прокатці й виключити неодружені проходи. Режим обтиснень прийняти відповідно до прикладеної схеми.

Нижній валок установлюється таким чином, щоб дно круглого калібру перебувало на 45 - 50 мм вище рівня станинного ролика. На задній стороні кліті лінійки маніпулятора розсунути на 10 мм. На передній стороні кліті знімні носки лінійок маніпулятора максимально подовжити убік зева валків і зменшити скіс носків з 300 до 150 мм. Це захід повинне істотно поліпшити втримання овалу лінійками й буде перешкоджати скручуванню овалу в колі.

Для прокатки кіл по новому калібруванню були розроблені кілька режимів обтисень для злиwkів масою 3.69 і 4.36 т. Режими обтисень наведені в табл. 3.1 - табл. 3.2.

Режим обтисень зливка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм із використанням передчистового радіусного овалу (калібр 3) наведений у табл. 3.1, По цьому режимі зливок прокочується на 265 мм за 19 проходів з 7 кантуваннями. Деформація зливка спочатку здійснюється в калібрі 1 (гладка бочка). Кантування роблять через кожні два проходи з обтисненнями 40-50 мм до одержання після восьмого проходу перетину розкату 500x500 мм.

Таблиця 3.1 - Режим обтиску зливку 4.36 т для прокатки круга діаметром 265 мм з використанням передчистового радіусного овалу

№ калібр	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиск, Δh мм	Розширення Δb мм	Висота H, мм	Ширина B, мм	
1					650	650	
	1	450	40	5	610	655	
	2	410	40	5	570	660	
	Кантування						
	3	455	45	5	615	575	
	4	410	45	5	570	580	
	Кантування						
	5	370	50	10	530	580	
	6	320	50	10	480	590	
	Кантування						
	7	385	45	10	545	490	
		340	45	10	500	500	
	Кантування						
	9	290	50	10	450	510	
10	240	50	10	400	520		
11	200	40	8	360	528		
12	160	30	7	320	535		
Кантування							
2	13	226	55	10	480	330	
	14	171	55	10	425	340	

	15	116	55	10	370	350
	16	66	50	10	320	360
Кантування						
3	17овал	49	55	10	305	330
	18овал	4	51	10	254	340
Кантування						
4	19круг	-6	70	14	270 (274)	268

Потім за чотири проходи без кантувань одержують прямокутний перетин 320x535 мм (обтиснення за пропуск 50-40 мм). Розкат перетином 320x535 мм кантують і задають у калібр 2, де за чотири проходи (обтиснення за пропуск 55-50 мм) без кантувань перекочують на перетин 320x360 мм, що після кантування задають в овальний радіусний калібр 3. У цьому калібрі за два проходи (обтиснення 55 і 60 мм) одержують плоский овал перетином 255x340 мм. Овальний розкат кантується й задається в круглий калібр 4 спеціальні форми. Від традиційних круглих калібрів він відрізняється більшою висотою, двохрадіусним обрисом контуру й наявністю трикутних канавок у секторі 74° симетричному відносно хртикальної осі. Така форма калібру дозволяє створити умови для самоцентрування овального розкату в круглому калібрі й значно збільшити його стійкість.

Режим обтиснень зливка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265 мм із використанням предчистового радіусного овалу (калібр 3) уведений у табл. 3.2. По цьому режимі злинок прокочується на коло 265 мм за 15 проходів з 5 кантуваннями. Деформація зливка спочатку здійснюється в калібрі 1 (гладка бочка). Кантування здійснюють спочатку через кожні два, а потім через чотири проходи з обтисненнями 45 - 50 мм до одержання після восьмого проходу перетину розкату 520 - 535 мм. Потім режим обтиснень такий же як і при прокатці зливка масою 4.36.

У табл. 3.1 і табл. 3.2 наведені варіанти режимів обтиснень при прокатці кіл 265 мм із використанням предчистового овального радіусного калібру 3.

Калібруванням валків передбачений також варіант прокатки за схемою: гладка бочка - плоский овал (калібр 2) - коло (калібр 4).

Режим обтиснень для зливка 4.36 т при такій схемі прокатки наведений у табл. 3.3. На відміну від режиму обтиснень наведеного в табл. 3.1 у даному варіанті проходи 17 і 18 здійснюються в калібрі 2.

Таблиця 3.2 - Режим обтиснень зливка 3.69 т для прокатки кіл діаметром 265 мм із використанням предчистового радіусного овалу

№ калібр	Номер пропуск	Показання стрілок, мм	Обтиск, Δh мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, мм	
1					590	590	
	1	390	40	0	550	590	
	2	355	35	5	515	595	
	Кантування						
	3	385	50	0	545	515	
	4	335	50	5	495	520	
	Кантування						
	5	310	50	10	470	505	
	6	260	50	10	420	515	
	7	210	50	10	370	525	
8	160	50	10	320	535		
Кантування							
2	9	226	55	10	480	330	
	10	171	55	10	425	340	
	11	116	55	10	370	350	
	12	66	50	10	320	360	
Кантування							
3	13 овал	49	33	10	305	330	
	14 овал	-2	51	10	254	340	
Кантування							
4	15 круг	-6	70	14	270{274}	268	

Таблиця 3.3 - Режим обтиснень зливка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265 мм із використанням предчистового плоского овалу (варіант 1)

№ калібр	Номер пропуску	Показання стрілок, мм	Обтиск, Δh мм	Розширення Δb, мм	Висота H, мм	Ширина B, мм	
1					650	650	
	1	450	40	5	610	655	
	2	410	40	5	570	660	
	Кантування						
	3	455	45	5	615	575	
	4	410	45	5	570	580	
	Кантування						
	5	370	50	10	530	580	
	6	320	50	10	480	590	
	Кантування						
	7	385	45	10	545	490	
	8	340	45	10	500	510	
Кантування							
9	290	50	10	450	510		
10	240	50	10	400	520		
11	200	40	8	360	528		
12	360	30	7	320	535		
Кантування							
2	13	226	55	10	480	330	
	14	171	55	10	425	340	
	15	116	55	10	370	350	
	16	66	50	10	320	340	
Кантування							
3	17 овал	49	57	10	303	330	
	18 овал	-4	53	10	250	340	
Кантування							
4	19 круг	-6	70	18	270(274)	268	

Обтиснення в колі складе 70 мм, т.е. таке ж як у колишньому варіанті. З огляду на форму плоского овалу розрахункове розширення в чистовому колі збільшиться до 18 мм. З метою зменшення обтиснень у чистовому колі при використанні предчистового плоского овалу (калібр 2) заводські калібрувальники запропонували режим обтиснень наведений у табл. 3.4. По

цьому режимі прокатка зливка масою 4.36 т виробляється за 25 проходів з 10 кантуваннями.

Таблиця 3.4 - Режим обтиску зливка 4.36 т для прокатки кіл діаметром 265мм із використанням предчистового плоского овалу (варіант 2)

№ каліб р	Номер пропуск	Показання стрілок, мм	Обтиск, Δh мм	Розширення Δb, мм	Висота Н, мм	Ширина В, мм	
1					650	650	
	1	455	35	0	615	650	
	2	420	35	5	580	655	
	3	385	35	5	545	660	
	4	350	35	5	510	665	
	Кантування						
	5	460	45	5	620	515	
	6	415	45	5	575	520	
	7	370	45	5	530	525	
	8	330	40	5	490	530	
	Кантування						
	9	315	55	15	475	505	
	10	260	55	15	420	520	
	Кантування						
11	310	50		470	430		
12	260	50	10	420	440		
Кантування							
13	225	55	10	385	430		
14	170	55	10	330	440		
Кантування							
2	15	136	50	10	390	340	
	16	холостий					
Кантування							
1	17	150	30	10	310	400	
	18	холостий					
Кантування							

2	19	101	45	10	355	320
	20	61	40	10	315	330
	Кантування					
	21	31	45	10	285	325
	22	холостий				
	Кантування					
	23	36	35	10	290	295
	24	6	30	5	260	300
Кантування						
4	25	6	30	8	270	268

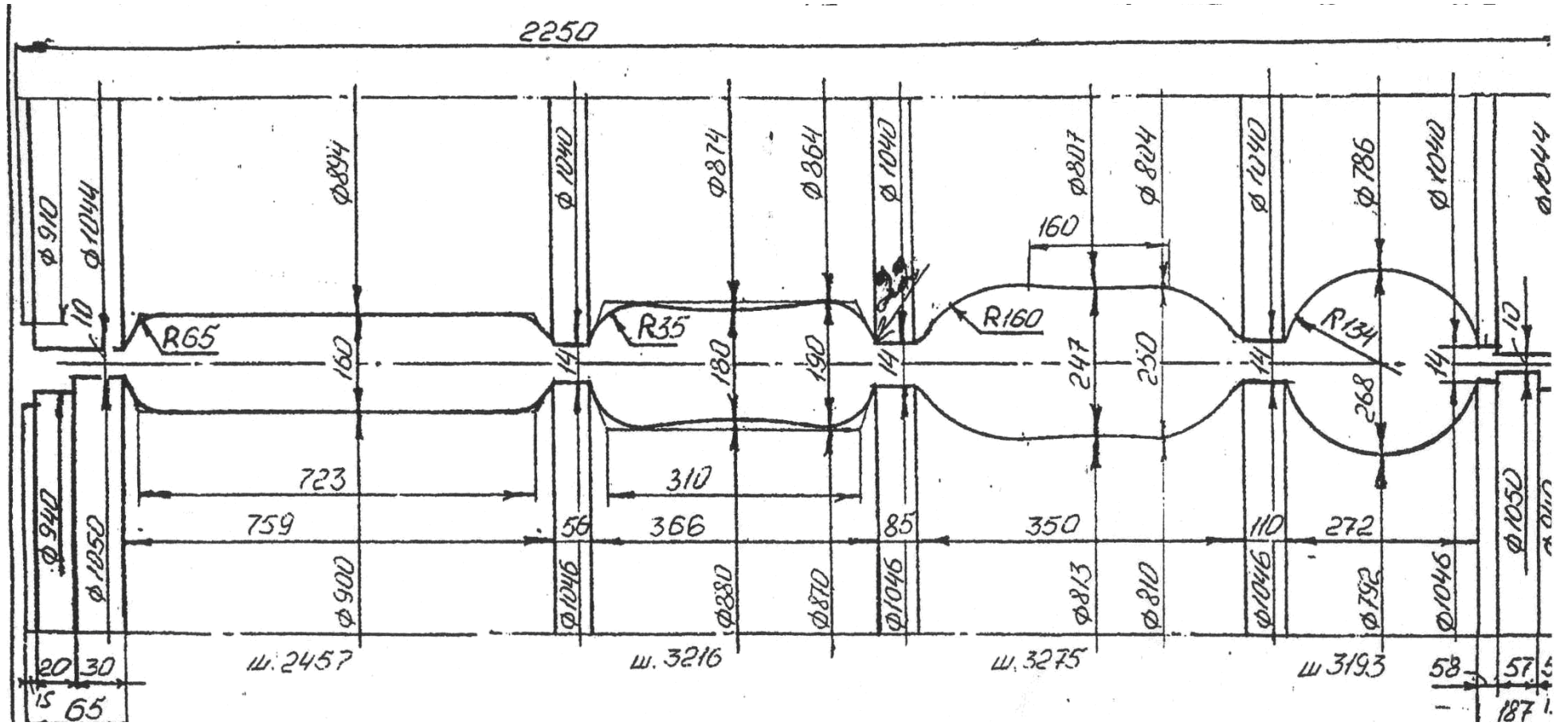


Рисунок 3.8 - Калібрування валків клети 1050 для прокатки кіл діаметром 265 мм

3.3 Математичне планування експерименту

Для умов прокатки зливків на блюмінгу проведення обчислювальних експериментів і узагальнення їх результатів дозволить провести порівняльну оцінку впливу геометричних параметрів режимів обтискань, калібрування валків стану на якість прокатуваного металу і оптимізацію елементів технології прокатки по даному критерію (бал макроструктури – БМ):

$$БМ = \exp(1,86 - 0,35/\psi_{\Sigma})$$

де ψ_{Σ} – параметр оптимізації (Y) – сумарний ступінь використання запасу пластичності металу при прокатці на блюмінгу.

Досліджувані чинники, характер їх зміни і схеми кодування приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Досліджувані чинники

характеристика	чинник		
	Середнє абсолютне обтискання в калібрі, мм	Ширина дна калібру, мм	Ширина у роз'єму калібру, мм
код	X ₁	X ₂	X ₃
основний рівень	72,5	32 0	380
нижній рівень	60	30 0	360
верхній рівень	85	34 0	400

План експерименту

Вибираємо матрицю повного факторного експерименту 2³ (табл. 3.6)

Таблиця 3.6 – Умови проведення дослідів

№	Значення чинників в кодованому вигляді			
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₀
1	+	+	+	+
2	-	+	+	+
3	+	-	+	+
4	-	-	+	+
5	+	+	-	+
6	-	+	-	+
7	+	-	-	+
8	-	-	-	+

x₁ – середнє абсолютне обтискання в калібрі;

x₂ – ширина дна калібру;

x₃ – ширина у роз'єму калібру.

Реалізація плану експерименту

Розрахунок дисперсії досвіду S_y.

$$S_y^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{0i} - Y_0)^2 / f_1$$

де n₀ – кількість дублів на основному рівні;

i – номер дубля;

Y_{0i} – значення параметра оптимізації в i – ом дублі;

Y₀ – середнє арифметичне результатів всіх дублів;

f – число ступеня свободи (f₁ = n – 1)

Визначаємо S^2_y . Складаємо розрахункову таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахункова таблиця

досвід	Y_e	$Y_{oe} - Y_o$	ΔY_e^2
9	0,225	0,002333	$5,44 \cdot 10^{-6}$
10	0,227	0,000333	$1,11 \cdot 10^{-7}$
11	0,23	-0,00267	7,11111E-06
-	$y_0 = 0,227$		$\Sigma \Delta y = 1,26 \cdot 10^{-5}$

Побудова математичної моделі

$$b_j = \sum_{j=1}^n X_{jn} \times Y_n / N$$

де b_j – значення j -го коефіцієнта регресії ($j = 0, 1, 2, \dots, k$)

X_{jn} – значення j -го чинника в n -м досвіді в кодованому вигляді;

Y_n – значення параметрів оптимізації в n -м досвіді;

N – число дослідів в матриці планування.

Математична модель має наступний вигляд.

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

У матриці планування, що реалізовується, одержані наступні результати таблиця 3.8.

Таблиця 3.8 Результати дослідів

досвід	1	2	3	4	5	6	7	8
результат	0,21	0,246	0,234	0,228	0,387	0,198	0,199	0,223

По формулі розраховуємо коефіцієнти регресії шуканої моделі.

$$b_0 = (M1 + M2 + M3 + M4 + M5 + M6 + M7 + M8) / 8 = (0,21 + 0,246 + 0,234 + 0,228 + 0,387 + 0,198 + 0,199 + 0,223) / 8 = 0,241$$

$$b_1 = (M1 - M2 + M3 - M4 + M5 - M6 + M7 - M8) / 8 = (0,21 - 0,246 + 0,234 - 0,228 + 0,387 - 0,198 + 0,199 - 0,223) / 8 = 0,0169$$

$$b_2 = (M1 + M2 - M3 - M4 + M5 + M6 - M7 - M8) / 8 = (0,21 + 0,246 - 0,234 - 0,228 + 0,387 + 0,198 - 0,199 - 0,223) / 8 = 0,0196$$

$$b_3 = (M1 + M2 + M3 + M4 - M5 - M6 - M7 - M8) / 8 = (0,21 + 0,246 + 0,234 + 0,228 - 0,387 - 0,198 - 0,199 - 0,223) / 8 = -0,0111$$

Лінійна модель має попередній вигляд:

$$Y = 0,241 + 0,0169 x_1 + 0,0196 x_2 - 0,0111 x_3$$

Статистичний аналіз моделі

Визначаємо довірчий інтервал коефіцієнтів регресії.

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_y^2}{N}} = \sqrt{\frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{8}} = 0,00088$$

Вибираємо для $\alpha = 0,05$ і $f_1 = 2$ значення критерію Стьюдента, рівне 4,3.

Визначаємо $\Delta b_i = \pm 4,3 \cdot 0,00088 = \pm 0,00382$

У одержаному рівнянні всі коефіцієнти виявилися значущими, рівняння має наступний вигляд.

$$Y = 0,241 + 0,0169 x_1 + 0,0196 x_2 - 0,0111 x_3 = 3543$$

Перевіряємо адекватність моделі в цілому. Для визначення дисперсності неадекватності складаємо розрахункову таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Розрахунок дисперсності неадекватності

дослід	значення Y		Δ Y	Δ Y ²
	експериментальне	розрахункове		
1	0,21	0,266	0,056	0,00314
2	0,246	0,232	-0,014	0,00019
3	0,234	0,227	-0,007	0,00005
4	0,228	0,193	-0,035	0,00123
5	0,387	0,288	-0,099	0,00975
6	0,198	0,255	0,057	0,00319
7	0,199	0,249	0,050	0,00250
8	0,223	0,215	-0,008	0,00006

Σ = 0,020

Визначаємо оцінку дисперсності неадекватності.

$$S_{неад}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N \Delta y^2}{f_2} = 0,020 / (8 - 4) = 0,005$$

де $f_2 = N - K'$, K' – число коефіцієнтів моделі, включаючи b_0 .

Визначаємо розрахункове значення F – критерію.

$$F_{f_1, f_2}^{расч} = \frac{S_{неад}^2}{S_y^2} = 0,005 / 0,0038 = 1,31$$

З таблиці для $\alpha = 0,05$ $f_1 = 2$ і $f_2 = 4$ знаходимо табличне значення критерію Фішера, рівне 19,2. Умова адекватності $F_{розр} < F_{табл}$ виконується і нею можна користуватися для розрахунку значень сумарного ступеня використання ресурсу пластичності осьової зони гуркоту.

Інтерпретація результатів

Одержана адекватна модель дозволяє розрахувати значення параметрів оптимізації для будь-якої точки вивченого факторного простору.

Одержану залежність представимо в графічному виді впливу окремих чинників на параметри оптимізації (рис. 3.9, 3.10, 3.11).

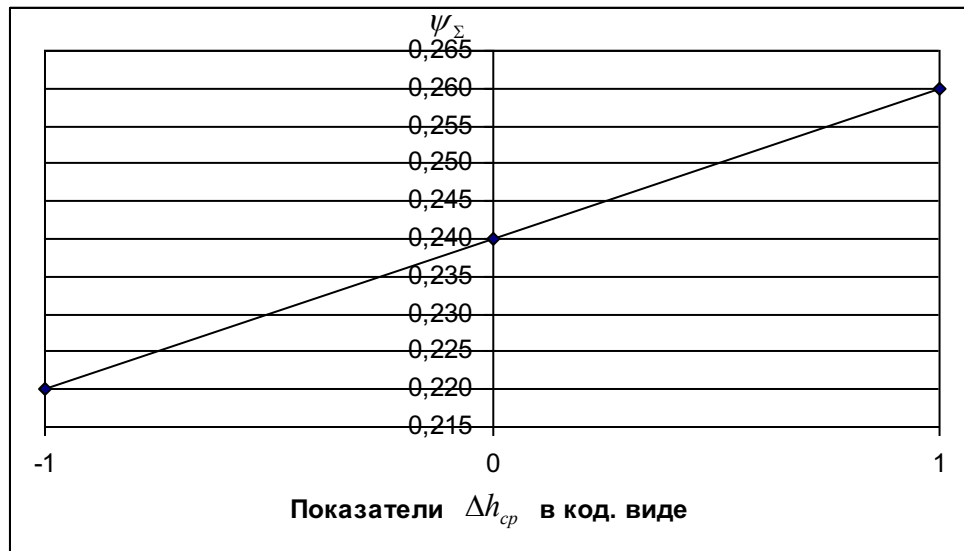


Рисунок 3.9 - Графічна залежність середнього абсолютного обтискання від сумарного ступеня використання запасу пластичності ψ_{Σ} .

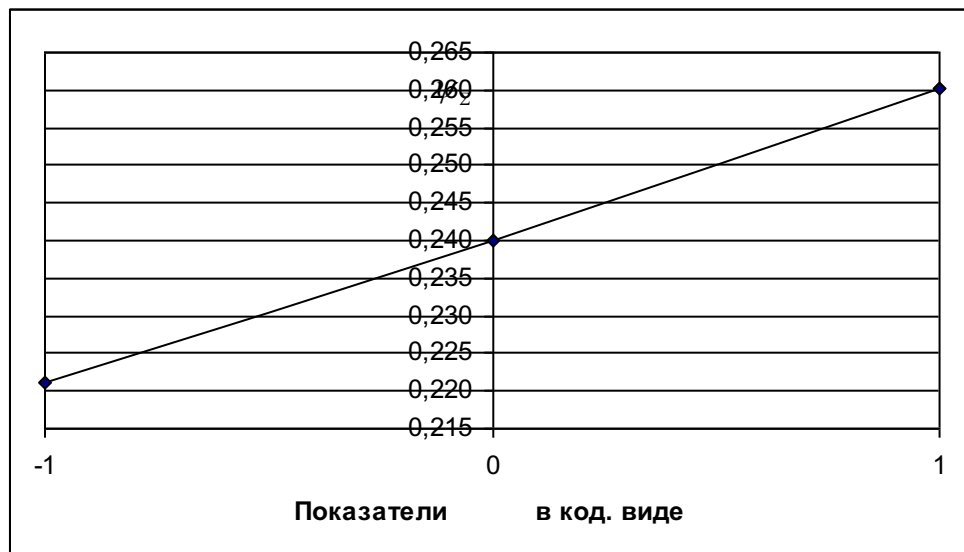


Рисунок 3.10 - Графічна залежність ширини дна калібру від сумарного ступеня використання запасу пластичності ψ_{Σ} .

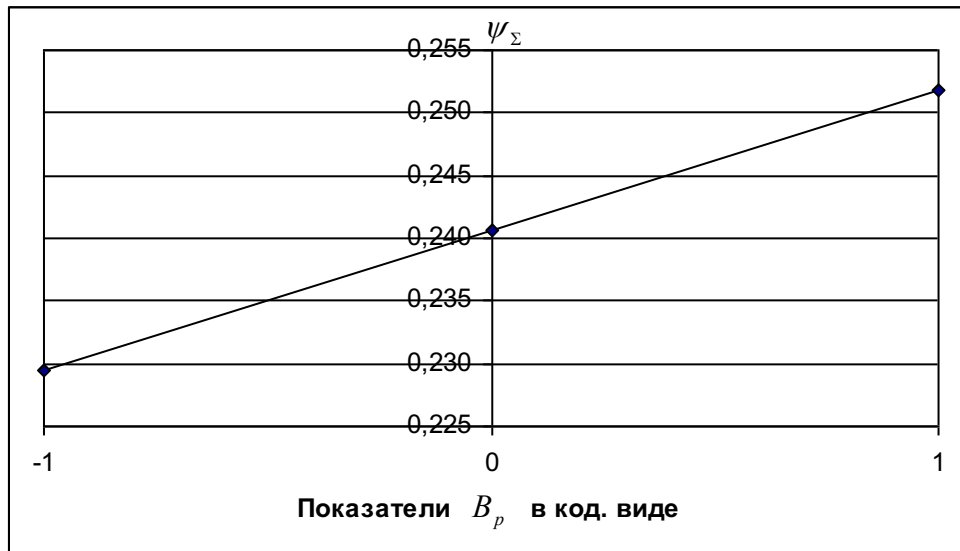


Рисунок 3.11 – Графічна залежність від сумарного ступеня використання запасу пластичності ψ_Σ

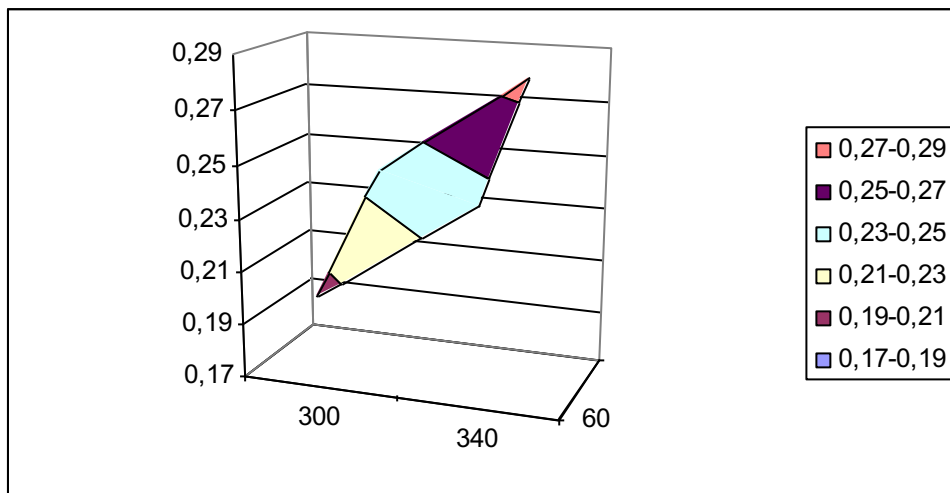


Рисунок 3.12 – Графічна модель поверхні відгуку для будь-якої точки вивченого факторного простору

3.4 Практичні цінність отриманих результатів

1. Звузити інтервал по хімічному складі для виплавки сталі із задовільною пластичністю. Нагрівання зливків з нержавіючої сталі в колодязях повинен забезпечити максимально можливу рівномірність

розподілу температури металу по перетині зливка. Обов'язкове кантування зливків у колодязях на 180° за годину до їхньої видачі.

2. Різниця в температурі нагрівання прокатуваної партії зливків повинна бути мінімальною.

3. Прокатку кіл діаметром 265 мм із нержавіючої сталі на кліті 1050 необхідно здійснювати по розробленому калібруванню валків у системі калібрів "гладка бочка - плоский овал - коло".

4. Висота калібру "гладка бочка" повинна становити 200 мм. На гладкій бочці допускається перевищення катаючого діаметру нижнього валка над верхнім - не більше 6 мм (нижній "тиск").

5. Діаметри верхнього і нижнього валків у калібрах "плоский овал" і "коло" повинні бути однаковими.

6. Глибина струмка плоского овалу повинна бути дорівнює не менш 120 мм, а висота й ширина калібру 254 і 376 мм. Овальний калібр повинен бути обов'язково із плоским дном і радіусом закруглення кутів, рівним радіусу обриса круглого калібру.

7. Нижній валок устанавлюється таким чином, щоб дно круглого калібру перебувало на 30 мм вище рівня перших станинних роликів.

8. Нижній і верхній валки повинні бути встановлені без взаємного їхнього зсуву в осьовому напрямку. Контроль устанавки валків необхідно здійснювати за допомогою прохідного шаблона чистового круглого калібру з обов'язковим підсвічуванням зазору між валками й шаблоном. Контроль здійснюється періодично в плинні всієї прокатки.

9. На задній стороні кліті лінійки маніпулятора повинні бути розсунуті на 15 мм.

10. Прокатку кіл зі зливків масою 3.69 і 4.36 т необхідно здійснювати по режимах обтиснень наведеним у розділі 3. Обтиснення плоского овалу в круглому калібрі не повинне перевищувати 35 мм.

11. Для збільшення продуктивності стану необхідно вести прокатку зі зливків 3,69 т.

12. З метою зменшення навантажень на кантователь-манипулятор варто звести до мінімуму виправлення розкатів лінійками на передній стороні кліті. Для виправлення кривизни розкатів докочаних у калібрі 2 необхідно використати що пропрасовують (калибрующие) проходи.

13. Для зменшення навантажень на раму рольганга на задній стороні кліті операторам блюмінга варто не затискати розкат лінійками при прокатці в напрямку "на пост". Лінійки повинні бути трохи розсунуті відразу ж після напрямку розкату в калібр і захоплення металу валками.

14. Прокатку вести зі зменшенням подачі води на валки на 60%.

15. Швидкість валків при прокатці кола повинна бути в межах 50 - 60 оборотів у хвилину.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища

При виробництві гарячекатаних заготовок на стані 1050 заводу "Дніпроспецсталь" існує наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

1. Шкідливі хімічні речовини;
2. Пил;
3. Вібрація;
4. Шум, що виникає при роботі устаткування.
5. Теплоізбитки до 1100 -1250 °С;
6. Електричний струм;
7. Деталі механізмів, що обертаються і рухомі.

Нагрітий до 1150-1250°С метал приводить до виникнення таких шкідливих чинників, як зайве тепло і інфрачервоне випромінювання. Згідно цеховим вимірам інфрачервоне випромінювання перевищує 2000Вт/м² і відноситься до третього класу.

Вплив теплоізбитків на організм людини

Тривалий вплив високої температури із значною вологістю може привести до накопичення тепла в організмі і до гіпертермії – стану, при якому температура тіла підвищується до 38 . 40 °С. При гіпертермії, і як наслідок, тепловому ударі, спостерігається головний біль, запаморочення, загальна слабкість, зміна світлового сприйняття, сухість в роті, нудота, блювота, потовиділення. Пульс і частота дихання ускоряються, в крові зростає зміст залишкового азоту і молочної кислоти. Спостерігається блідість, синить шкіри, зіниці розширені, іноді виникають судорги, втрата свідомості.

Вплив виробничого пилу на організм людини

Виробничий пил може надавати на людину фиброгенні дії, при якій в легенях відбувається розростання сполучних тканин які порушують нормальну будову і функцію органів. Шкідливість виробничого пилу обумовлена її здатністю викликати професійні захворювання легенів, в першу чергу пневмокониози.

Вплив вібрації на організм людини

Вібрація викликає порушення фізіологічного і функціонального стану людини. Стійкі шкідливі фізіологічні зміни називають вібраційною хворобою. Симптоми вібраційної хвороби виявляються у вигляді головного болю, оніміння пальців рук, біль в кистях і передпліччі, виникають судорги, підвищується чутливість до охолодження, з'являється безсоння.

Функціональні зміни, пов'язані з дією вібрації на людину – оператора – погіршення зір, зміни реакції вестибулярного апарату, виникнення галюцинацій, швидка стомлюваність [27].

Шум, що виникає при роботі устаткування по цехових вимірах відноситься до другого класу з рівнем 100 дБ. Допустимий рівень по [26] не повинен перевищувати 80 дБ (при частоті 1000Гц).

Вплив шуму на організм людини

Впливаючи на кору головного мозку, шум надає дратівливу дію, прискорює процес стомлення, ослабляє увагу і уповільнює психічні реакції.

Також небезпечним чинником (дія електричного струму) в цеху є електромостові крани. Завантаження заготовок в колодязі сповільненого охолодження і у вагони проводиться електромостовими кранами, під час роботи яких потрібне неухильне дотримання правил безпеки, порушення яких може привести до травматизму.

Дія електричного струму на організм людини

Проходячи через тіло людини електричний струм надає термічну, електролітичну і механічну дію.

Безпечною силою змінного струму частотою 50 Гц є 0,01 А ; постійного струму 0,05 А. Смертельний є сила струму 0,1 А.[17].

Термічна дія струму виявляється через опіки окремих участок тіла, нагрівання до високої температури кровоносних судин, нервів серця, мозку і інших органів, які знаходяться на шляху струму, що викликає в них істотні функціональні порушення.

Електрична дія струму характеризується розпадом органічної рідини, у тому числі і крові, що супроводжується значними змінами їх фізико-хімічного складу.

Механічна дія – це розшарування, розриви і інші подібні пошкодження тканин організму, зокрема м'язів, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканини у наслідок електродинамічного ефекту, миттєвого взривоподібного утворення пари від перегріву струмом рідини і крові.

4.2 Заходи захисту від небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища

На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці: захисні пристрої, що створюють перешкоду між людиною і небезпечним чинником, що надійно оберігають що працює незалежно від правильності або не правильності його дій; запобіжні пристрої на випадки аварійних режимів – відключення устаткування при порушенні контрольованого параметра (температури, тиск, переміщення, величини струму або напруги, зусилля); гальмівні пристрої для швидкої зупинки рухомих частин машин і устаткування; блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані; сигналізація про наступаючою або такою, що наступила небезпекою (світлова, звукова, кольорова і знакова). Велике значення має правильний розподіл функції між людиною і машиною в цілях зменшення тяжкості праці [18].

Для видалення зайвого тепла, що виникає від нагрітого до 1150-1250°C металу, використовуються аераційні ліхтарі, які встановлені у фермах перекриття виробничої споруди. Пости управління станом, відповідно до [19], мають теплопоглинальну ізоляцію (що складається з азбесту). Також на постах управління встановлюються кондиціонери КД-26 для подачі охолодженого повітря на робоче місце оператора. Для зменшення дії тепла пости обладнані тепловідвідними екранами.

Для зменшення окалиноутворення і пилевиделення перед зівом валків блюмінга необхідно встановити форсунки, що забезпечують подачу води під високим тиском (1-1.5МПа/м²).

Також при плющенні металу на блюмінгу 1050 має місце відліт окалини і бризок шлаку, що не виключає можливості травматизму. Для захисту від тих, що відлітають при плющенні окалини і бризок шлаку з боку кліті блюмінга напроти прорізу станини і із сторони приймалень і робочих рольгангов встановлюються запобіжні захисні пристрої.

Для зменшення тертя шийок валків застосовують воду, яка при попаданні на валяння приводить до паротворення. Для ліквідації пари на ділянці пропонується встановити витяжний вентилятор, трубопровід якого відвести до відстійника.

Агрегат обслуговується великою кількістю електроустаткування, яке при недбалому відношенні може привести до поразки електричним струмом. Всі електродвигуни і допоміжне устаткування, що працює з великою напругою (до 1000 В), окрім того захисту, який передбачений при монтажі устаткування, повинна бути забарвлена в застережні кольори і в небезпечних ділянках поразки електрострумом повинні бути встановлені плакати і таблички, застережливі про безпеку.

Для зменшення рівня шуму і приведення його до низькочастотного пропонується забезпечити робочі засобами індивідуального захисту від шуму - навушники або "беруші". Для зменшення шуму все устаткування встановлюється на виброгасящих підставах. Також для зменшення шуму

обладнати пости звукопоглинальною ізоляцією.

Для запобігання отриманню травм від деталей, що обертаються, і механізмів необхідно встановити огорожі і кожухи не тільки з боків, але і зверху. Запобіжні кожухи повинні бути дуже міцними, щоб витримувати удари шматків муфт, що розірвалися. Шпинделі бльомінга захищені міцним бар'єром з пристроєм майданчика з поручнями для зручності обслуговування. Захисні огорожі і захисні кожухи повинні бути обладнані блокуваннями, для неможливості включення механізму при знятій огорожі або кожусі. Для зручності обслуговування механізмів передбачені містки і майданчики, виконані [21]. Для попередження травматизму в цеху існує чітка система проходів з виділеними зонами для пішохідного руху з необхідною розміткою, покажчиками і освітленням, містками над рольгангами і іншими небезпечними ділянками.

Відповідно до [20] всі робочі забезпечуються спецодягом, спецвзуттею, касками і іншими засобами захисту, а також змиваючими і знешкоджуючими засобами.

Справжнім проектом пропонується механізувати прибирання окалини під станом: встановити електродвигун 0.7 - 1 кВт, який приводив би в поступальну ходу шкрябання сталевим канатом через блоки і що веде барабан. Управління електродвигуном проводити з однією з точок управління нажимним пристроєм (пост №2).

ВИСНОВОК

У результаті проведеної роботи розроблена технологія прокатки круга діаметром 230-265 мм із нержавіючої сталі на блюмінгу ПрАТ "Дніпроспецсталь". Розроблено калібрування прокатних валків, режими обтиснень, визначені температурно-швидкісні, енергосилові й інші технологічні параметри прокатки. Розроблено комплекс технічних заходів щодо запобігання скручування розкатів навколо поздовжньої осі.

Проведено кілька досвідчених прокаток круга діаметром 230-265 мм із нержавіючої сталі. Відпрацьовані на практиці технологічні схеми прокатки, режими обтиснень, швидкісні параметри прокатки.

Розроблено рекомендації з технології прокатки кругів більших розмірів на блюмінгу без застосування спеціальної привалкової арматури, що забезпечують одержання якісних профілів.

Даний вид продукції може виробляється на блюмінгу ПрАТ "Дніпроспецсталь" у промислових масштабах.

У перспективі рекомендуємо розробити технологію виробництва прокату зі злитків 6,7 т для одержання кращої макроструктури готового продукту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Федоринов В. А., Сатонин А. В., Грибков Э. П. Математическое моделирование напряжений, деформаций и основных показателей качества при прокатке относительно широких листов и полос : монография. Краматорск : ДГМА, 2010. 244 с.
2. Серета Б.П. Обробка металів тиском : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 250 с.
3. *Серета Б.П.* Прокатне виробництво : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя: ЗДІА, 2008. 312 с.
4. Бесконечная прокатка сортового металла. Непрерывная прокатка : коллективная монография под ред. В. Н. Данченко. Днепропетровск : РИА “Дніпро–ВАЛ», 2002. 403 с.
5. Данченко В. Н., Миленин А. А., Кузьменко В. И., Гриневич В. А. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением. Днепропетровск : Системные технологии. 2005. 448 с.
6. Металлургические мини-заводы / А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, Л.В. Дорохова, А.Ю. Цупрун. Донецк : ДонНТУ, 2005. 469 с.
7. Коновалов Ю. В. Черная металлургия Донбасса ретроспектива–перспектива. *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні.* Краматорськ : ДДМА. 2002. С.66–73.
8. Medina S.F., Hernandez C.A. The Influence of Chemical Composition on Peak Strain of Deformed Austenite in Low Alloy and Microalloyed Steels. *Acta Mater.* 1996. Vol. 44. No. 1. P. 149-154.
9. Hernandez C.A., Medina S.F. and Ruiz J. Modelling Austenite Flow Curves in Low Alloy and Microalloyed Steels. *Acta Mater.* 1996. Vol. 44. No. 1. P. 155-163.

- 10.Середа Б.П. Теорія будови рідкого, кристалічного та аморфного стану речовини : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 238 с.
- 11.Medina S.F. and Hernandez C.A. General Expression of the Zener-Hollomon Parameter as a Function of the Chemical Composition of Low Alloy and Microalloyed Steels. *Acta Mater.* 1996. Vol. 44. No. 1. P. 137-148.
- 12.Жучков С.М. Приоритеты и основные направления деятельности отдела физико–технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката. *Металлургическая и горнорудная промышленность.* 1999. №5. С.41–45.
- 13.Toh T., Hasegawa H., Harada H. Evaluation of Multiphase Phenomena in Mold Pool under In-mold Electromagnetic Stirring in Steel Continuous Casting. *ISIJ International.* 2001. Vol.41. No.10. P.1245–1251.
- 14.Середа Б.П., Коваленко А.К., Белоконь Ю.А. Технология производства прутков из стали 40 ХГМ диаметром 200... 275 мм. *Металургія.* 2010. Вип. 21. С. 166-170.
- 15.Бондаренко Ю.В., Белоконь Ю.О. Проценко В.М., Явтушенко А.В., Кругляк Д.О. Вдосконалення технології сортової прокатки дуплексної неіржавкої сталі з метою поліпшення якості металу. *Металургія.* 2021. Вип. 2. С. 75-79.
- 16.Sheyko S., Mishchenko V., Belokon Y. Formation of the properties and structure of rolled low-alloyed steel under the hot deformation process. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy.* 2022. 57(2). P. 402-406.
- 17.Sheyko S., Belokon Y., Kripak A., Tsyganov V., Kulabneva E. Development of rational chemical composition of special steel with increased mechanical and performance characteristics. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy.* 2023. 58(4). P. 795–803.
- 18.Василев Я. Д., Мінаєв О. А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.

19. Жук А. Я., Малышев Г. П., Желябина Н. К., Клевцов О. М. Техническая диагностика. Контроль и прогнозирование : монография. Запорожье : ЗГИА, 2008. 224 с.
20. Яковченко А.В., Пугач А.А., Ивлева Н.И. Анализ точности известных методов расчета напряжений течения металла в зависимости от химического состава стали. *Вестник Приазовского государственного технического университета*. 2011. № 2(23). С. 69-80.
21. Серета Б.П. Металознавство і термічна обробка чорних і кольорових металів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 302 с.
22. Laasraoui A., Jonas J.J. Prediction of steel flow stresses at high temperature and strain rates. *Metall. Trans. A*. 1991. No. 22. P. 1545-1558.
23. 19. Moreira A., Junior J., Balancin O. Prediction of steel flow stresses under hot working conditions. *Materials Research*. 2005. Vol. 8, No. 3. P. 309-315.
24. Серета Б.П., Белоконь Ю.О. Теорія прокатки : навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 102 с.
25. Серета Б.П., Белоконь Ю.О., Оніщенко А.М. Теорія обробки металів тиском : навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 132 с.
26. Belokon Y., Temin H. The research thermoplastic deformation modes of dual-phase special alloys for obtaining rational intermetallic structure. *METAL 2021 - 30th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials (Brno, May 26 – 28, 2021)*. Brno, 2021. P. 348-353.
27. Belokon Y., Yavtushenko A., Protsenko V., Bondarenko Y., Cheilytko A. Mathematical modeling of physical properties of anisotropic materials. *METAL 2020 - 29th International Conference on Metallurgy and Materials (Brno, May 20 – 22, 2020)*. Brno, 2020, P. 440–445.
28. Серета Б.П., Кругляк І.В., Белоконь Ю.О. Конструкції агрегатів цехів обробки металів тиском : навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 168 с.

- 29.Середа Б.П., Кругляк І.В., Белоконь Ю.О. Оптимізація процесів обробки металів тиском : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2007. 149 с.
- 30.Середа Б.П., Коваленко А.К., Бабаченко Е.В., Белоконь Ю.А. Разработка математических моделей напряженно-деформированного состояния металла, обеспечивающих комплексную технико-экономическую оценку исследуемых процессов. *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Новые решения в современных технологиях.* Харьков : НТУ "ХПИ". 2011. № 47. С. 81-83.
- 31.Вышинский В.В., Ленский Ю.Н., Комов И.Г. и др. Охрана труда в черной металлургии. / 2-е изд. перераб. и доп. Киев : Техника, 1986. 192с.
- 32.Панасейко С.П., Тарасов В.К., Павленко Ю.П. Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда" в дипломных проектах для студентов всех специальностей. Запорожье : Изд-во ЗГИА, 2002. 56 с.