

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

КАФЕДРА ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «Аналіз впливу дослідження макроструктури продукції під час прокатування на стані 1050 в умовах ПРАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1369-ОМТ мз

спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми обробка металів тиском

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

К.Ю. Рященко

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н., Ю.В. Бондаренко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент доцент, д.т.н. О.В. Явтушенко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет металургії
Кафедра обробки металів тиском
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 136 Металургія
(код та назва)
Освітня програма Обробка металів тиском
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОМТ
« _____ » _____ 2020 року

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

Рященко Кирилу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту): «Аналіз впливу дослідження макроструктури продукції під час прокатування на стані 1050 в умовах ПРАТ «Дніпроспецсталь»

керівник роботи Бондаренко Юлія Володимирівна, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « _____ » _____ 20 _____ року № _____

2 Строк подання студентом роботи до 7 грудня 2019 року

Вихідні дані до роботи: блумінг 1050 в умовах ПРАТ «Дніпроспецсталь»;

стандартні методики розрахунків в прокатному виробництві; прокатування

зливка перетином 590x590 масою=3,7т зі нержавіючою сталі 03X22H5AM3

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; 1. Аналітично-пошукова частина; 2. Дослідницько-розрахункова частина; 3. Контроль суцільності заготовки та профілів неруйнівними методами; 4. Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Список використаних джерел.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація до 15 слайдів (обов'язкові слайди з метою та задачами дослідження, методикою дослідження, результатами дослідження та висновки.

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бондаренко Ю.В., доцент		
2	Бондаренко Ю.В., доцент		
3	Бондаренко Ю.В., доцент		
4	Бондаренко Ю.В., доцент		

6 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітично - пошукова частина		
2	Дослідницько-розрахункова частина		
3	Контроль суцільності заготовки та профілів неруйнівними методами		
4	Охорона праці та техногенна безпека		
5	Вступ, Висновки, Реферат,		
6	Оформлення пояснювальної записки роботи		
7	Підготовки графічного матеріалу		

Студент _____ К.Ю.Рященко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ Ю. В. Бондаренко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ О. В. Явтушенко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Реферат

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи магістра містить: 108 с., 29 рис., 10 табл., 20 джерел.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОСТРУКТУРИ ПРОДУКЦІЇ ПІД ЧАС ПРОКАТУВАННЯ НА СТАНІ 1050 В УМОВАХ ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

Мета роботи: розробка найбільш оптимальних умов деформування зливків з легованих сталей і сплавів, що попереджають утворення дефектів в металі під час прокатки.

Основним об'єктом роботи є стан 1050 в умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, теоретико-емпіричний.

Досліджено деформований стан металу при технології прокатування зливків нержавіючої сталі.

Розрахунком енергосилових параметрів показана можливість підвищення абсолютних обтиснень при прокатці зливків з нержавіючої сталі.

Розглянуті питання контролю якості продукції та охорони праці.

Метою підвищення конкурентоспроможності готових профілей, метал із марок сталі, що схильні до незаварювання несущільностей і не повного припрацювання литої структури, обов'язково піддавати ультразвуковому контролю.

Ключові слова: СТАН, КЛІТЬ, ЗЛИВОК, КАЛІБРУВАННЯ ВАЛКІВ, ДЕФОРМАЦІЯ, СТРУКТУРА, КОНТРОЛЬ

ABSTRACT

The explanatory note to the final qualification master work contains: 108 pages, 29 figures, 10 tables, 20 sources.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE RESEARCH OF THE MACROSTRUCTURE OF PRODUCTS DURING ROLLING AT STATE 1050 IN THE CONDITIONS OF JSC "DNIPROSPETSSTAL"

The aim of the theme: development of the most optimal conditions for deformation of alloys of alloy steels and alloys, which prevent the formation of defects in the metal during rolling.

The main object of work is the state of 1050 in the conditions of PJSC "Dnipropetsstal".

The Methods of work: economic-statistical, graphic, comparative, theoretical-empirical.

The deformed state of the metal in the technology of rolling stainless steel ingots has been studied.

The calculation of power parameters shows the possibility of increasing the absolute compressions during rolling of stainless steel ingots.

Issues of product quality control and labor protection are considered.

In order to increase the competitiveness of finished profiles, the metal of steel grades, which are prone to non-welding imperfections and incomplete running of the cast structure, must be subjected to ultrasonic inspection.

Keywords: STATE, CAGE, INGROUND, CALIBRATION OF ROLLS, DEFORMATION, STRUCTURE, CONTROL

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА	8
1.1 Брак зливків. Макроструктура.....	8
1.2.1 Способи покращення якості зливків легуваних сталей.....	13
1.2.2 Огляд сучасної літератури.....	19
1.3 Постановка задач дослідження.....	38
2 ДОСЛІДНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА (ТЕХНІКА, АПАРАТУРА, ТЕХНОЛОГІЇ, МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ).....	45
2.1 Технічна характеристика прокатного стану 1050.....	45
2.2 Вимоги що пред'являються стандартами до металопродукції.....	54
2.3 Контроль якості продукції.....	55
2.4 Розробка режиму деформації.....	59
2.5 Розрахунок калібрування валків.....	62
2.6 Розрахунок енергосилових, кінематичних і температурних параметрів прокатки.....	67
3. КОНТРОЛЬ СУЦІЛЬНОСТІ ЗАГОТОВКИ ТА ПРОФІЛІВ НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ.....	84
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	93
4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....	93
4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	95
4.3 Заходи з електробезпеки.....	104
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	105
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:.....	107

ВСТУП

Вивченням якості металу, прокатаного на блюмінгу, зв'язано з рядом труднощів. Якість розкатів залежить не тільки від умов нагріву та прокатки, але також і від стану поверхні та наявності внутрішніх дефектів зливка, обумовлених технологією сталеплавильного виробництва. Оцінити візуально якість поверхні зливка навіть при ретельному огляді на складі складно, в зв'язку з тим, що виявляються лише грубі дефекти поверхні, а більш дрібні тріщини, газові міхури, неметалеві включення та інші залишаються схованими під шаром окислів. Будучи концентратами напруг, дефекти призводять до зниження деформування сталі.

Аналіз наявних в літературі даних про вплив ступені деформації на якість макроструктури, про механізм утворення дефектів, в вигляді загальної та центральної пористості, павукоподібних тріщин, осьових надривів та інших не суцільностей, показує, що утворення цих дефектів зв'язано з особливостями напруженого та деформованого стану при прокатці високих штаб. Це пояснюється тим, що пластичність металу залежить не тільки від хімічного складу сталі, структури металу, температури та швидкості деформації, але також є складною функцією напруженого стану[1-3].

Отже, покращення якості макроструктури великих профілів прокату можна досягнути декількома методами, а саме вдосконалення технології виплавки та розливки сталі, вибором оптимальних параметрів зливку, мікролегуванням та гомогенізацією, застосування раціональних технологічних режимів прокатки. Тому розробка найбільш оптимальних умов деформування злиwkів з легованих сталей і сплавом, що попереджають утворення дефектів і металі під час прокатки, є важливою науковою і практичною задачею [1-6].

1 АНАЛІТИЧНО-ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 Брак зливоків. Макроструктура.

На злитках нерідко зустрічаються поздовжні і поперечні тріщини, плени, газова пористість, раковини та інші дефекти. На злитках сифонної розливки, крім того, можна зустріти пісочини, шлак і заворот скоринки. Зазначені дефекти і деякі інші, як, наприклад, ромбічність зливка, хвиляста форма перетину, можуть посилюватися при прокатці або сприяти утворенню нових дефектів.

Внутрішні дефекти сталених зливоків зв'язані з кристалічною будовою, хімічною неоднорідністю, порушенням суцільності металу через наявність усадкових дефектів, тріщин, неметалевих включень.

Розмір зерна литої сталі залежить від її хімічного складу. Деякі марки сталі, особливо нікелеві та хромонікелеві, схильні давати велике зерно. Збільшення вмісту вуглецю та фосфору сприяє збільшенню розмірів кристалів. Крупнозерниста структура металу обумовлює невисокі механічні властивості заготовок та готових виробів та сприяє отриманню грубих рваних при прокатці.

Осьова зона зливку, твердіє останньою, має найбільш несприятливі умови для формування твердої однорідної структури. В той час коли у кристалічному каркасі продовжуються процеси твердіння, його супроводжує ліквідація домішок. Крім того, в осьовій зоні великого зливку можуть спостерігатися внутрішні гарячі тріщини, до утворення яких особливо схильні зливки мало теплопровідних легованих сталей.

Найбільш схильною до ураження дефектами усадкового та ліквідаційного характеру є область, яка знаходиться безпосередньо під прибутком зливку. Це зв'язано з тим, що вона твердіє майже в останню чергу. Це обумовлює розвиток високої ступені хімічної неоднорідності в осьовій зоні.

Неметалеві включення в сталі являються інерідними тілами, які порушують однорідність її структури, цьому їх вплив на механічні та інші властивості, можуть бути значними. При деформації в процесі прокатки неметалеві включення, особливо неправильної форми з гострими кроями та кутами, грають роль концентраторів напруження та можуть викликати виникання тріщин, знижують пластичні властивості сталі, викликають розрушення металу вже при незначній пластичній деформації.

Карбід заліза (цементит) – має дуже низьку, практично нульову пластичність, крихкий, має високу твердість та невисокі міцнісні властивості (рис1.1).

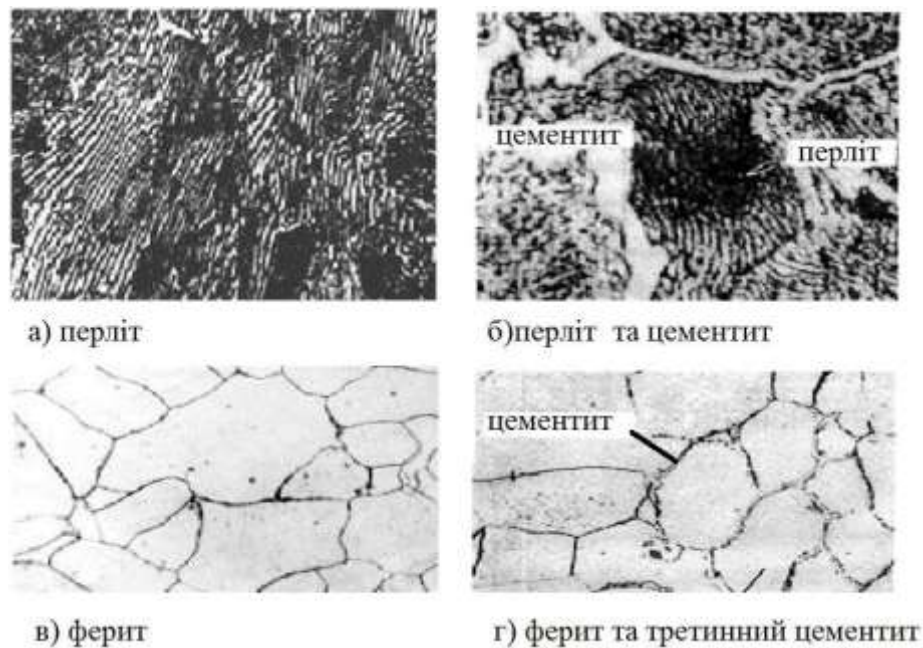


Рис.1.1 Макроструктура перліту та фериту з цементитом

Флокени – дефекти (тріщини, порожнини) внутрішньої структури прокатної продукції та сталених зливок, походження яких зв'язано з виділенням, в процесі переходу сталі із рідкого стану в твердий, водню (рис.1.2).

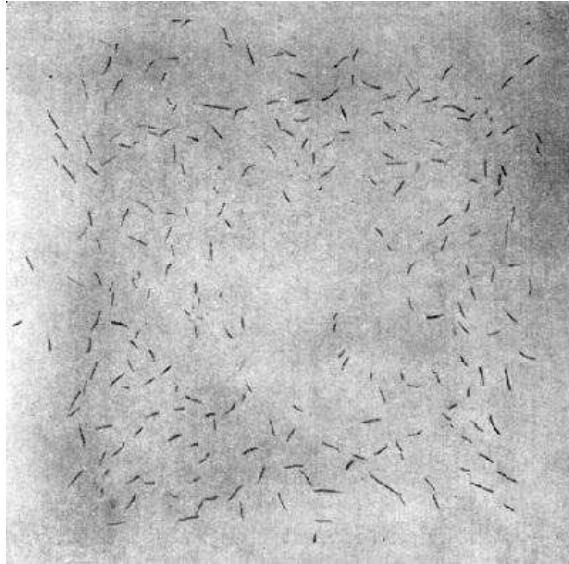


Рис.1.2 Загальний вид темплету з флокенами

До поверхневих дефектів зливка відносяться:

Плени на блюмінгах можуть виникати через незадовільну поверхню зливка(бризки металу, завороти кірки, недостатнє розкислення металу) або через порушення режимів нагріву та прокатки (рис.1.3).

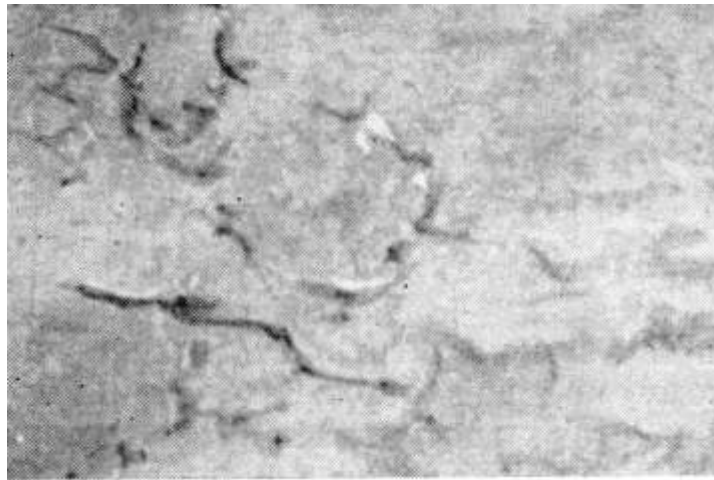


Рис. 1.3 Груба плена на блюмі

Рванини виникають внаслідок наявності на зливку тріщин. Походження рванин в основному приписують наявності підкіркових незварившихся міхурів. Утворенню рванин можуть сприяти грубі плени на злитках, завороти скоринки і хвиляста форма поперечного перерізу зливка. Крім причин, пов'язаних з технологією сталеплавильного виробництва,

причиною утворення плени можуть служити напливи на зливках від вигарів хвиль. Дрібні плени і рванини утворюються також і при схоплюванні металу з валками (рис.1.4).

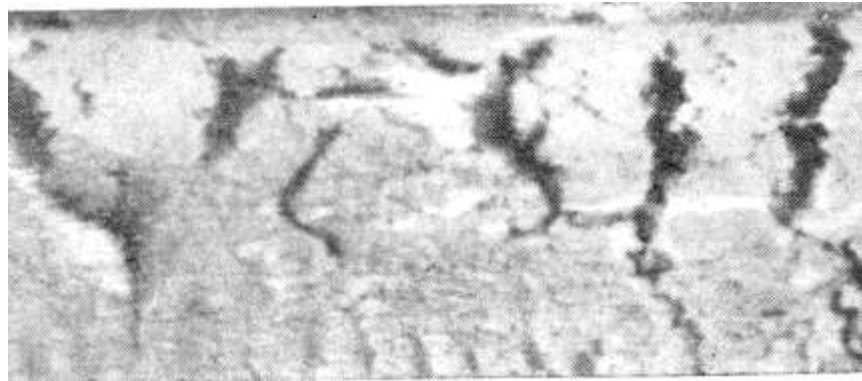


Рис.1.4 Рванина

Волосовини дрібні тріщини, які розташовуються на блюмі ближче до його поверхні. Інколи вони виходять на поверхню у вигляді тріщинок. Виникають внаслідок ураження зливка підкірковими міхурами та неметалевими включеннями (рис 1.5).

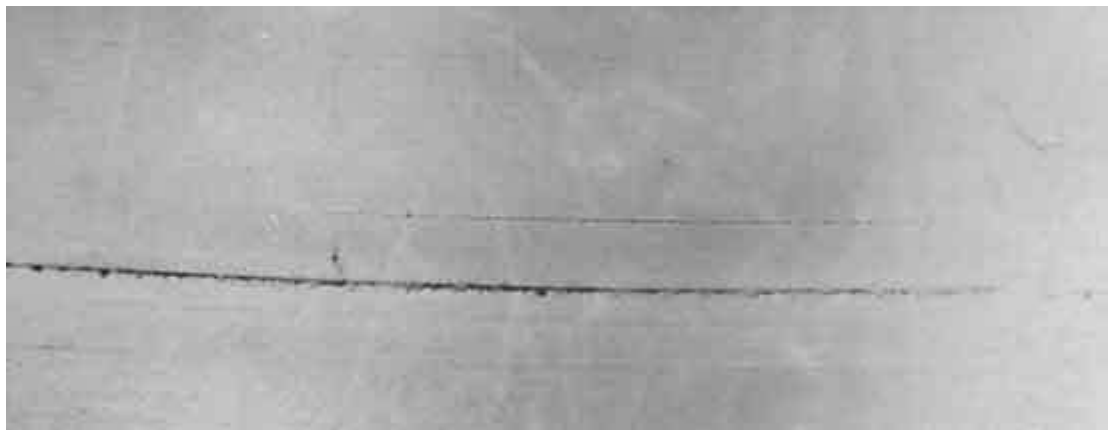


Рис.1.5 Волосовини

Усадкова раковина та рихлість – результат недостатньої обрізі головної частини розкату зливка після прокатки або дуже глибокого залягання усадкових пороків у зливку (розкату) через порушення в технології виплавки та розливки сталі (рис.1.6).

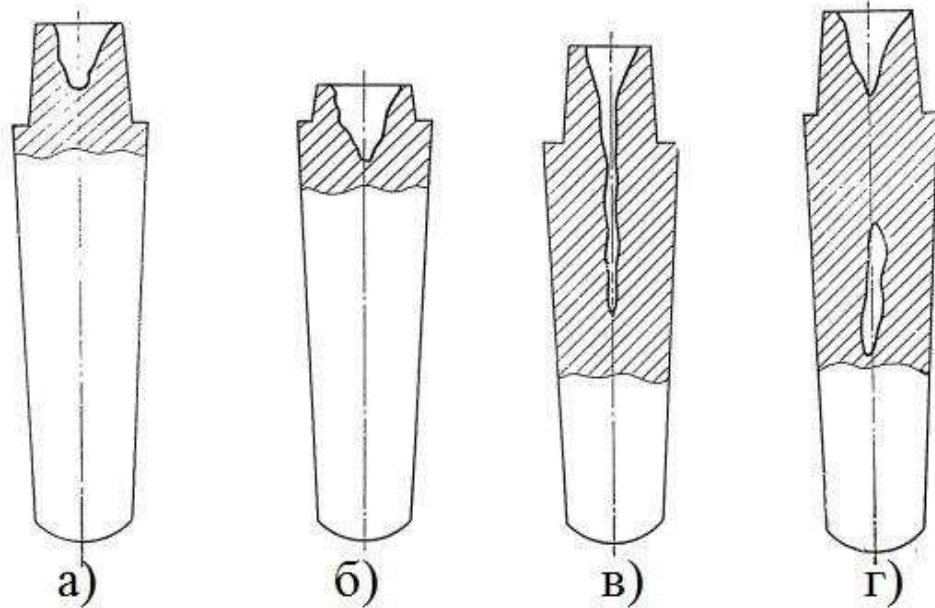


Рис.1.6 Усадкова раковина: а) головна, правильна розташування; б) глибоко розповсюджена головна усадкова раковина; в) осьова усадкова раковина; г) вторинна усадкова раковина.

Закат виникає в результаті несвоєчасного зняття розширення у процесі прокатки (результаті невідповідності форми і розмірів розкату калібру, порушення режиму обтиснень, прокатки підстуженого металу та металу з великим температурним градієнтом по перетину) (рис. 1.7).

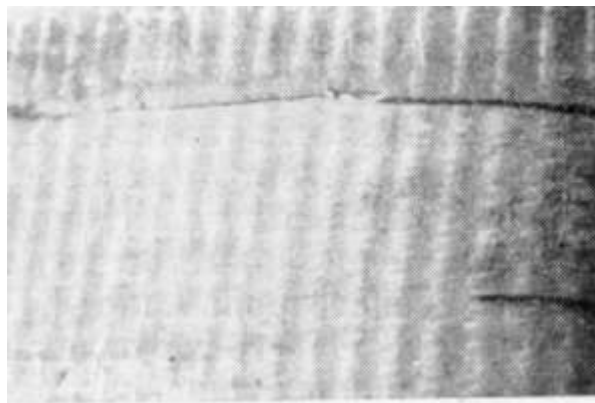


Рис.1.7 Закат на поверхні блюму

1.2.1 Способи покращення якості зливоків легованих сталей

На даний час існує декілька основних технологій покращення макроструктури зливоків. Без сумнівів, що ці способи мають свої як плюси, так і мінуси, але ці методи випробувані роками і не одне покоління дослідників їх вдосконалювало[5-7].

Рафінування металу синтетичними шлаками в ковші

Технологія виплавки нержавіючих сталей передбачає тривалу витримку їх у печі під відновлюючим шлаком для повного протікання повільних дифузійних процесів розкислення та десульфатції. Можливості відкритої дугової плавки по зменшенню вмісту в сталі шкідливих домішок, підвищення її однорідності, покращенню властивостей при одночасному забезпеченню необхідної продуктивності печей практично вичерпані. В той же час існуючі незначні та неминучі коливання діючої технології обумовлюють отримання неоднорідної сталі.

Рафінування сталі в ковші рідкими синтетичними шлаками, було запропоновано у 1925 р., є простим та ефективним методом, який забезпечує одночасне збільшення продуктивності виплавки та покращення якості сталі. При рафінуванні в ковші за хвилини забезпечується така ступінь очистки металу, для якої в печі можуть знадобитися години.

Використання методу рафінування рідкими синтетичними шлаками доцільно в першу чергу для сталей, до яких пред'являються підвищенні вимоги за чистотою, однорідністю, пластичністю, анізотропією. Звичайно для розкислення та десульфатції використовують вапняково – глиноземисті шлаки, завдяки малому вмісту в них кремнезема та закиси заліза. Синтетичні шлаки вміщують : 50 – 55 CaO, 42 – 44% Al₂O₃, 1,5 – 4,0% SiO₂, 1 – 3% MgO, 0,15 – 0,25% FeO. Шлак такого складу виплавляють у спеціальній дуговій печі малої ємкості. У шихті використовують різноманітні високоглиноземні матеріали (найбільш приємні електрокорунд та напівпродукт, який містить не менше 80%

Al_2O_3) та вапняк з низьким вмістом сірки та кремнізема.

При рафінуванні сталі синтетичним шлаком у ковші різко покращується десульфурація металу, яка забезпечує отримання приблизно вдвічі більш низького вмісту сірки, ніж при звичайній виплавці у печі (0,005 – 0,007% проти 0,011 – 0,012%). Ця перевага ще очевидніше у випадку використання шихти, яка забруднена сіркою. При зниженні у металі вмісту сірки, сульфідних та окисних неметалевих включень, покращується його пластичність. Так, після рафінування синтетичним шлаком ударні в'язкість на зразках сталі 12X13 збільшилась з 22,1 до 28,5 кгс·м/см² на сталі 12X18Н9Т отримано ріст відносного подовження з 40,0 до 63,5% і відносного звуження з 55,0 до 74,3%.

Розливка під рідким шлаком (з екзотермічною сумішшю)

Розливка металу у виливницях під шаром рідкого шлаку є одним з ефективним способів покращення якості поверхні та макроструктури зливків, збільшення виходу гідного.

Рідкий шлак або заливають у виливницю із ковша, попередньо отримав його у однофазних електропечах, або утворюють безпосередньо у виливниці розплавленням екзотермічних сумішей або брикетів, що переважає за простотою та зручністю. Вмісти застосовуваних сумішей та брикетів не мають принципової різниці та діляться умовно на швидко та повільно палають. Використання при розливці нержавіючих сталей рідкого синтетичного шлаку, виготовленого у спеціальних печах або утвореного екзотермічними сумішами, забезпечує різке покращення поверхні зливків з можливою заміною обов'язкової суцільної обдирки всієї поверхні зливків або слябів вибіркової зачистки одиничних дефектів при зниженні трудоемності обробки та витрати металу в декілька разів. Покращується не тільки поверхня зливків та слябів, але і якість металу у спостерігача. Зменшується брак за рванинами, тріщинами, пленам, заворотам, виключає пористість поверхні зливків.

Макроструктура металу, розлитого під шлаком, характеризується

великою щільністю в осьовій зоні. Вплив на міжкристалічну корозію, фазовий склад та на властивості міцності практично не проявляється.

При розливці сталі під шлаком змінюються умови формування зливку, які визначають його структуру та якісні показники. Зливков при цьому має більш щільну макроструктуру та компакту усадкову раковину без під усадкових пустот. Хімічна неоднорідність порівняних злиwkів за вуглецем, сіркою, фосфору практично однакова, але при розливці під шлаком в сталі декілька збільшується залишковий вміст алюмінію (на 0,003 – 0,005%). Забрудненість сталі неметалевими включеннями при розливці під рідким шлаком значно нижче на всіх рівнях і у всіх зонах, ніж при звичайній, менше також діаметр включень, істотно менший вміст газів, а розподілення їх по перерізу та висоті більш рівномірне. Також практично повністю усувається вторинне окислення та охолодження поверхні сталі в виливниці з запобіганням розвитку твердих окисних плен та кірок, які викликають утворення заворотів в процесі розливки та ураження металу грубими макродефектами, які збільшують його забрудненість неметалевими включеннями. Рідкий шлак асимілює спливаючі із рідкої сталі включення, рафінуючи метал. В сталі зменшуються як кількість, так і діаметр оксидних включень.

Особливості процесів рафінування металу вакуумно – дуговим (ВД), електрошлаковим (Ш), плазмово – дуговим, електронупроміневим переплавом

Збільшення якості металу розвивається у направленні покращення чистоти рідкого металу та структури зливка. Рафінування металу досягається двома основними способами: обробкою металу у вакуумі та позапічною обробкою спеціальними шлаками.

Позапічне вакуумування (в ковші або при заливці металу у виливницю) видаляє водень. Вміст кисню та азоту майже не знижується, оскільки вони хімічно зв'язані в оксидах та нітридах. При позапічному вакуумуванні зменшується схильність сталі до флокеноутворення та

холодноламкості. Вартість обладнання та експлуатаційні витрати невеликі, але й ефект досягається частковий.

Але покращення якості рідкої сталі не виключає дефектів структури зливку. Одночасне покращення чистоти сталі та структури зливка забезпечується при рафінуючому переплаві витрачених електродів у спеціальних печах з водо охолоджуючим кристалізатором.

Вакуумно – дуговий (ВДП) та електроднопроміневий (ЕЛП) переплави.

Найбільш сучасним та високоефективним способом підвищення якості металу є електроннопромінева плавка в вакуумі $10^{-4} - 10^{-5}$ мм рт.ст. Джерелом теплоти служить концентрований потік електронів. Глибокий вакуум у поєднанні з направленою змушеною кристалізацією рідкого металу у водоохолодженою мідною виливниці забезпечує виконану очистку від газів, легкоплавких домішок, неметалевих включень.

Електроннопромінева плавка є одним з найбільш перспективних процесів покращення якості сталі у випадку пред'явлення до металу високих вимог.

При електрошлаковому переплаві наявність шлаку в плавильному просторі та сповільнення, направлена знизу вгору кристалізація металеві вани обумовлюють очищення металу від газів, шкідливих домішок та неметалевих включень. Цьому метал електрошлакового переплаву (ЕШП) відрізняється високою чистотою за неметалевими включеннями, вільний від різного роду літійних дефектів лікваційного та усадкового походження, має високу фізичну однорідність та щільність макроструктури.

Щільна макроструктура електрошлакових зливок у поєднанні з високою рівномірністю розподілу елементів забезпечує отримання високих та стабільних за перерізом прокату механічних властивостей. ЕШП дозволяє різко підвищити пластичність сталей та зменшити їх анізотропність. Властивості металу становляться більш однорідними.

На металі ЕШП підвищується пластичність при високих

температурах, знижується хладноламкість, покращується технологічна пластичність, зменшується анізотропність механічних властивостей, у жароміцних сталей та сплавів збільшується тривала пластичність. Загальне покращення чистоти металу та особливо меж зерен, відсутність скупчення неметалевих включень та інших забруднень забезпечує кращу зварюємість.

При вакуумно – дуговому переплав (ВДП) метал відчищається від водню, кисню та азоту. При оптимальному режимі плавлення електродів забезпечується направлена знизу в гору кристалізація зливка з отриманням щільної структури та зниженням сегрегації включень. Недолік процесу – складність обладнання та висока вартість.

При електроннопроміневому переплаві (ЕПП) в зв'язку з більш високою температурою поверхні металу и меншою швидкістю наплавлення кисень видаляється у вигляді окису вуглецю в більшій ступені, ніж при інших процесах переплаву.

Найбільш гнучкими методами переплаву, які володіють більш широкими можливостями застосування та регулювання, технологічно більш прогресивними є електроннопроміневий та плазмово – дуговий.

Продувка металу аргоном у ковші

В останні роки багатьма дослідниками показано позитивний вплив продувки металу в ковші інертними газами (аргоном) на очистки його від неметалевих включень. При продувці аргоном, який подається через пористі вставки у дні ковша, бульбашки, підіймаючись через рідкий метал, сприяють його перемішуванню та видаленню неметалевих включень.

Висока рафінуючи здатність аргонної обробки розплавів забезпечує можливість виробництва особовонизьковуглицевих корозійностійких та економно легованих сталей у відкритих дугових печах.

Позапічне вакуумування

Економічним та простим методом збільшення якості металу є позапічне вакуумування. Існуючі процеси позапічного вакуумування об'єднуються у чотири групи: 1) у ковші; 2) у струї – з переливом із ковша

у ківш або з ковша у виливницю;

3) циркулярне; 4) порційне.

Способи вакуумування у ковші та в струї мають спільний недолік: після вакуумування при розливці сталі у контакт з атмосферою можливе збільшення газонасиченості.

Найбільш розповсюджений метод позапічного вакуумування при переливанні металу із ковша у виливницю, так як при цьому запобігається можливість вторинного попадання газів у розливаємий метал, виключається контактування з футеровкою проміжного ковша, розливка в одну стадію призводить до зменшення температурних збитків та зменшенню ступіні необхідного перегріву металу.

При порційному вакуумуванні металу забезпечуються мінімальні витрати тепла. Чим інтенсивніше перемішування металу, тим ефективніше видалення включень, які утворилися у процесі вакуумування.

При циркуляційному способі дегазації одночасно вакуумуються великі об'єми металу. Зниження вмісту газів та неметалевих включень, а також можливість отримання сталі з вузькими межами хімічного складу (зневуглецювання розкислення та легування можна проводити у вакуумній камері) забезпечує високі та стабільні механічні властивості від плавки до плавки.

1.2.2 Огляд сучасної літератури

С. С. Череповський запропонував виділити основні керуючі параметри магнітно-імпульсної обробки (МІО) розплаву і визначити ступінь їх впливу на величину силової дії МІО на розплав. Для досягнення поставленої цілі роботи була проведена попередня оцінка за допомогою отриманої простої залежності, яка показує, що до числа керуючих величиною електромагнітного зусилля параметрів відносяться сила струму I , кількість витків N , проміжок між індуктором і заготівкою. Ця формула при першому наближенні дозволяє проаналізувати їх комплексний вплив на можливий фактор силової дії при МІО розплаву.

$$F_r = \frac{\mu_0 I^2 N^2}{2\pi^2} \cdot \left\{ \tan^{-1} \left[\frac{-2gr}{g^2 + a_2^2 - r^2} \right] + \tan^{-1} \left[\frac{-2gr}{g^2 + a_1^2 - r^2} \right] \right\} \quad (1.1)$$

де F_r – електромагнітне зусилля в кожній точці заготівки; I – амплітуда струму, А; N – число витків катушки; g – відстань від центру катушки до першого витка; a_2 – відстань від катушки до останнього витку; r – відстань від центру індуктора до точки, в якій визначається електромагнітне зусилля.

Згідно отриманим результатам до керівних параметрів магнітно – імпульсної обробки розплаву можна віднести розрядний струм, частоту слідкування імпульсів, проміжок між заготівкою та індуктором. Поодиноким вимірюванням цих параметрів веде до змін параметрів силового впливу на розплав. Комплексна зміна не може бути однозначно трактована з точки зору ефекту силового впливу без рішення задачі оптимізації системи керівних параметрів.

Автори іншої роботи під керівництвом Е. Е. Нефедьєва [2], вирішили збільшити стійкість інструменту гарячої деформації за рахунок створення в ньому диспергированного структурного стану.

У роботі було проведено дослід впливу режимів термічної обробки на структуру та властивості сталей близького хімічного складу 12Х5МА і 17Х5МА. Зразки сталей нагрівалися до температури 900 °С (витримка 2 г) з подальшому відпуску при температурах від 400 до 650 °С, з інтервалом у 50 °С та охолодженням на повітрі.

Дослідження структури зразків після термічної обробки показало, що в сталі 12Х5МА при температурі відпуску 400 – 550 °С формується структура мартенситу відпуску з високою твердістю. Збільшення температури відпуску до 600 °С призводить до утворення в структурі троостита відпуску (~5%), а при відпуску 650 °С – виділяється ферит у кількості ~10%. Твердість сталі при збільшенні температури відпуску вище 600 °С знижувалась менше допустимого значення 250 НВ.

Характерні структури металу при розгляданні режимів показані на рис. 1.8. Встановлено, що відпуск при температурі 600 °С забезпечує високу ударну в'язкість зразків сталі 17Х5МА в залежності від часу витримки, в той час як відпуск при 450 °С незалежно від часу витримки приводить до формування структури невідпускнуго мартенситу і низької ударної в'язкості (рис. 1.9).

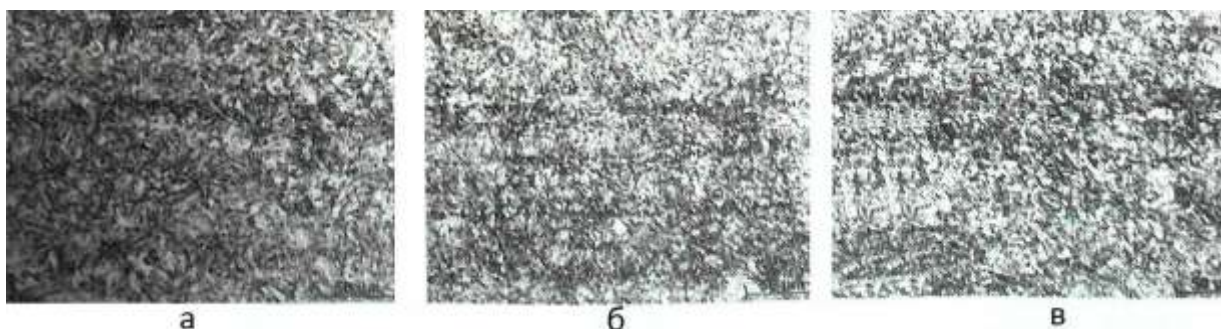


Рис. 1.8 Мікроструктура сталі 17Х5МА при різних режимах термічної обробки: 1 (а); режим 4 (б); режим 5 (в); $\times 500$

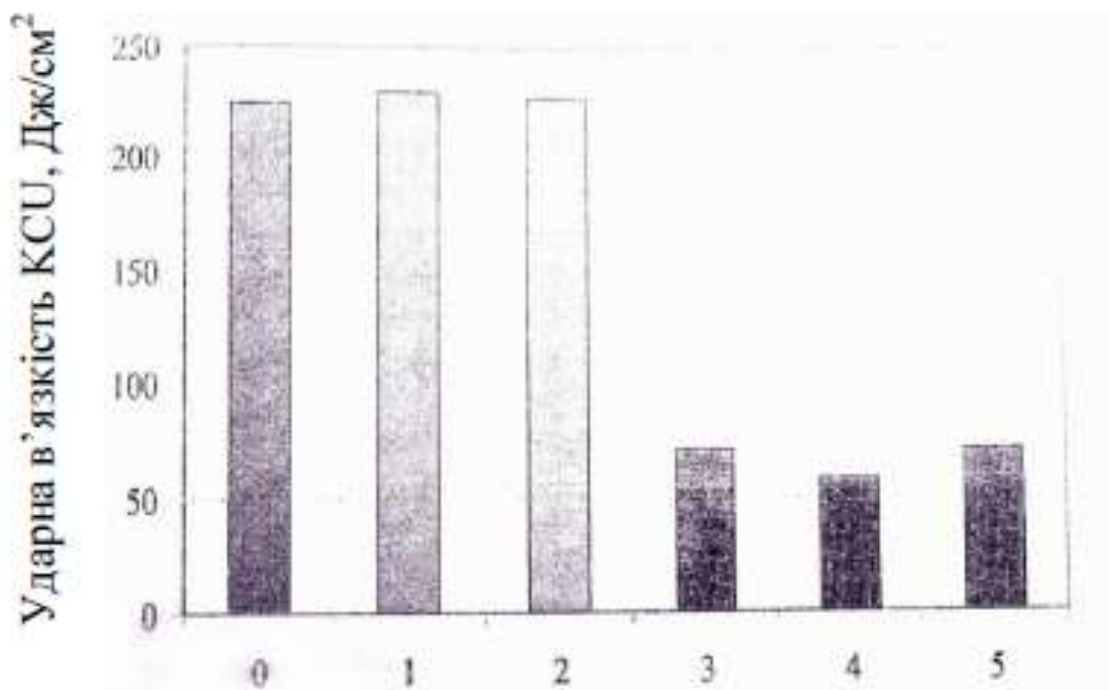


Рис.1.9 Режими термічної обробки

Таким чином, показано вплив температури та часу відпуску на структуру та властивості сталей 12Х5МА та 17Х5МА. Встановлено, що відпуск при температурі 600 °С протягом 2 годин, забезпечує високу ударну в'язкість зразків із сталі 17Х5МА.

У вивченні впливу електромагнітних сил на перемішування ванни установки ківш – піч змінного струму [3] автори дослідження змогли привести основні положення методики розрахунку величини, вивчений характер перемішування та швидкість потоків розплаву на етапі нагріву і доведення металу по температурі в залежності від інтенсивності його продувки через донну форму ковшу.

Збільшення об'ємів виробництва сталі з використанням установок ківш – піч (УКП) на металургійних та машинобудівних підприємствах України та країн СНД, переваги використання змінного, струму у якості енергоносія модуля нагріву такого обладнання, з однієї сторони, і відсутність знань про вплив електромагнітних сил (е.м.с.), які виникають в металевій ванні при її електродуговому нагріві, з іншої сторони, обумовлюють актуальність дослідження з метою пізнання процесів, які

виникають у розплаві та їх облік для підвищення ефективності виробництва.

При використанні трьохфазної схеми живлення УКП на розплав у ківші практично одночасно діють три дугових розрядів. Кожна дуга горить між катодом (електродом), приєднаним до однієї із фаз живлення трансформатора, і поверхнею металеві ванни (анодом), під'єднаної до нульової точки джерела живлення. Відтак, на поверхні металу наявні три зони вводу змінного струму, які приймаються точковими.

Щільність електромагнітних сил, діючих на металевий розплав, визначається як векторний добуток щільності струму на вектор магнітної індукції.

Отримали вираз для розрахунку усередненої за періодом змінного струму щільності електромагнітної сили, діючої на рідкий метал:

$$\vec{f} = \mu_0 \left(\frac{\vec{J}_a}{\sqrt{2}} \right) \cdot \left(\frac{\vec{H}_a}{\sqrt{2}} \right) + \mu_0 \left(\frac{\vec{J}_b}{\sqrt{2}} \right) \cdot \left(\frac{\vec{H}_b}{\sqrt{2}} \right), \quad (1.2)$$

де $\frac{\vec{J}_a}{\sqrt{2}} = \frac{\text{Re}(\vec{J})}{\sqrt{2}}$ та $\frac{\vec{J}_b}{\sqrt{2}} = \frac{\text{Im}(\vec{J})}{\sqrt{2}}$ – дійсна та уявна частина діючого значення комплексної щільності струму відповідно, а

$\frac{\vec{H}_a}{\sqrt{2}} = \frac{\text{Re}(\vec{H})}{\sqrt{2}}$ та $\frac{\vec{H}_b}{\sqrt{2}} = \frac{\text{Im}(\vec{H})}{\sqrt{2}}$ – дійсна і уявна частина діючого значення комплексного напруження магнітного поля відповідно.

Як видно на рис.1.10 та 1.11, при використанні трьохфазної системи живлення на УПК змінного струму зони відносно великої щільності струму мають меншу протяжність, ніж при варіанті електродугового нагріву розплаву на ERG постійного струму аналогічної потужності.

Після розрахунку векторного виразу, отримали наступний вираз для визначення вектору f у декартовій системі координат:

$$\vec{f} = f_x \vec{e}_x + f_y \vec{e}_y + f_z \vec{e}_z, \quad (1.3)$$

$$f_x = \frac{\mu_0}{2} (J_{az} H_{ay} + J_{bz} H_{by}), \quad (1.4)$$

$$f_y = \frac{\mu_0}{2} (J_{az} H_{ax} + J_{bz} H_{bx}), \quad (1.5)$$

$$f_z = \frac{\mu_0}{2} (J_{ax} H_{ay} + J_{bx} H_{by} - J_{ay} H_{ax} - J_{by} H_{bx}). \quad (1.6)$$

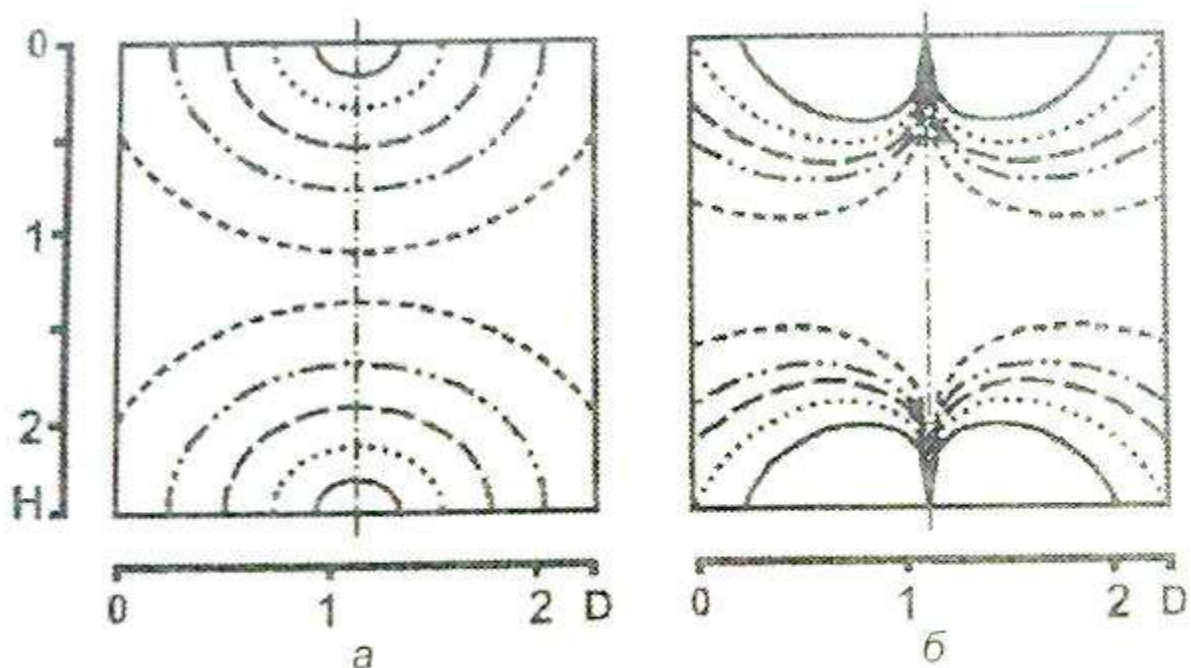


Рис. 1.10 Розподіл абсолютних величин щільності струму (а) та е.м.с. (б) у ванні УКП постійного струму; потужність нагріву 7,7 МВт; ємкість ківшу 60 т; діаметр катода (електрода) 0,3 м, глибина ванни 2,21 м. Позначення: D – діаметр ванни (м), H – глибина ванни (м); позначення кривих: щільність струму (А/см²) _____ 20, 5, _ _ _ 2, _.._.. 1, - - - 0,5; е.м.с. (Н/ м²) _____ 100, 50, _ _ _ 30, _.._.. 20, - - - 10.

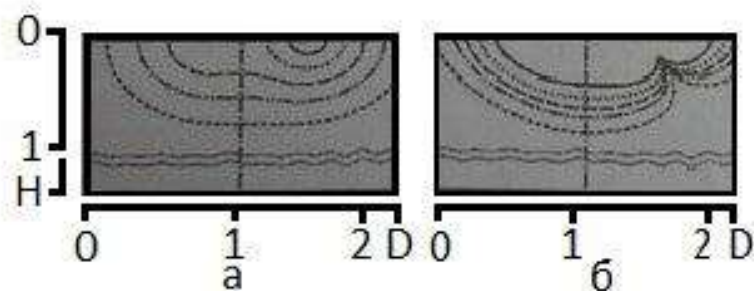


Рис. 1.11 Розподіл абсолютної величини щільності струму (а) та е.м.с. (б) у ванні УКП змінного струму; потужність нагріву 7,7 МВт; ємність ківшу 60 т; діаметр електродів 0,3 м, глибина ванни 2,21 м; позначення аналогічно рис.1.10.

Розроблена методика розрахунково – аналітичної оцінки е.м.с. у металевій ванні установки ківш – піч при електродуговому нагріві від джерела змінного струму, визначена їх величина та характер розподілу у ванні ківшу УКП, оцінена ступінь їх впливу на гідродинамічні процеси, які відбуваються при обробці розплаву на УКП.

Е.А. Ясинська запропонувала [4] ресурсозберігаючу технологію легування вуглецевої сталі. Однією із цих технологій є пряме легування сталі або чавуну, яке полягає у відновленні оксидів легуючих елементів із шлакової фази в процесі плавки або в період розливки у ківш та позапічної обробки.

В результаті дослідження розроблені технології отримання і шихтових заготовок з оксидоутримуючих матеріалів, серед яких технологія отримання шихтової заготовки із ванадієвих каталізаторів, яка виконується по схемі, приведеній на рис. 1.11.

Досліджено поведінка ванадію при плавці ванадієвого концентрату (63,72 % V_2O_5), з використанням в шихті алюмінієвої крупки, феросиліцію та вапняку. Плавки проводили у дуговій печі окислої футеровки. В якості металевий складовий шихти використовували базовий чавун наступного хімічного складу, % мас.: 3,25 C; 4,82 Si; 0,54 Mn; 0,08 Cu; 0,06 Ti; 0,25 Cr; 0,01 Ni; 0,02 S; 0,27 P; Fe – інше.

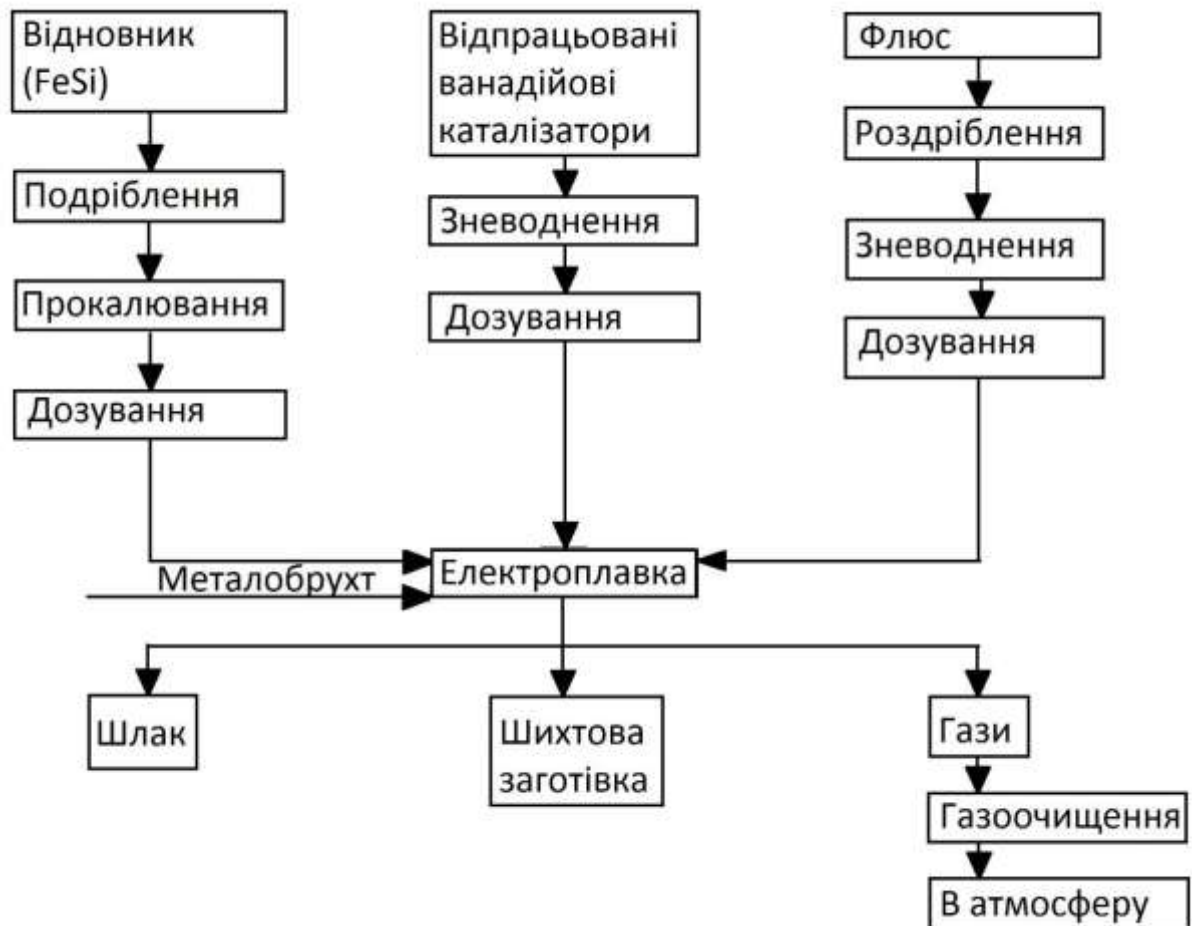


Рис. 1.11 Технологічна схема отримання шихтової заготівки із відпрацьованих ванадієвих каталізаторів

Аналіз хімічного складу виплавленого металу та шлаку показав, що сплаву містить від 18,42 до 23,46 % ванадію. При цьому співвідношення базового чавуну та ванадієвого концентрату в шихті складало 1:1.

Отримані данні свідчать про те, що збільшення кількості ванадієвого концентрату у шихті забезпечує підвищення вмісту ванадію в сталі. При розрахунку шихти вміст ванадію в сталі визначається з урахуванням коефіцієнта відновлення та вигорання його в процесі плавки. Але в реальних умовах вміст ванадію в сталі збільшується практично у 2 рази при поширеному значенні 0,4 %. Це свідчить про те, що ступінь відновлення ванадію у реальних умовах значно більше розрахункових значень та складає в середньому 89 – 93 %.

При проведенні плавки за схемою вводу легованої суміші в завалку досліджували поведінку ванадію шляхом відбору проб металу по ходу плавки (рис.1.12).

Вміст ванадію в сталі, %

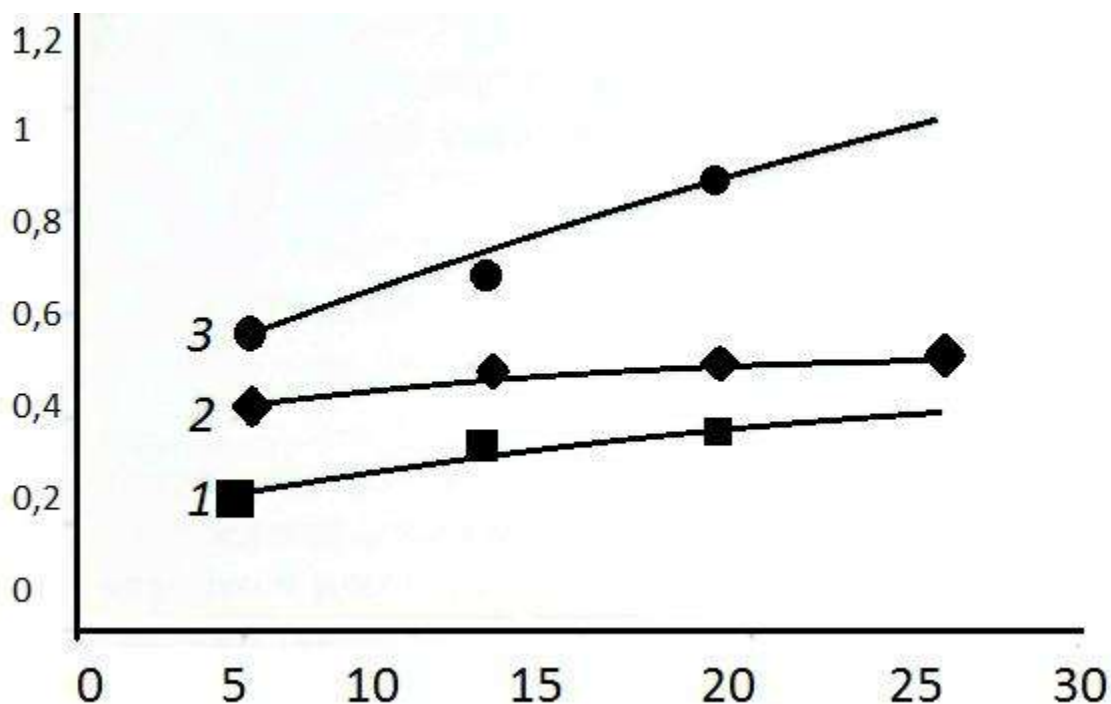


Рис.1.12 Зміна складу ванадію у піддослідній сталі по ходу плавки : 1, 2, 3 – номери плавки відповідно табл.1.

Таблиця 1 - Хімічний склад сталі, виплавленої за схемою вводу легованої суміші на початку плавки

Розрахунковий вміст ванадію в сталі, %	Вміст елементів в піддослідній сталі, % мас.						
	Cu	Si	Mn	V	Cr	S	P
0,20	0,23	0,23	0,31	0,35	0,33	0,040	0,03
0,27	0,26	0,25	0,24	0,50	0,26	0,042	0,03
0,40	0,27	0,26	0,16	0,83	0,32	0,050	0,03

Аналіз отриманих даних показав, що вміст ванадію змінюється за ходом плавки, збільшуючись на відібраних пробах під кінець плавки. Це

свідчить про те, що процес відновлення ванадію відбувається протягом усього періоду плавки до її завершення.

Таким чином, показано, що легування вуглецевої сталі ванадієм із оксидного розплаву у дуговій печі з кислою футеровкою забезпечує достатньо повне протікання відновлюваних процесів. Це підтверджується низьким вмістом V_2O_5 в шлаку та високою (89 – 93 %) ступеню відновлення ванадію.

Група вчених на чолі С. Я. Шипициним дослідили [5] високовуглецеві сталі з дисперсійним нітридним зміцненням для транспортного та інших видів машинобудування. В даній роботі приведені результати дослідження за впливом мікролегування азотом та ванадієм на механічні властивості, теплостійкість та зносостійкість високовуглецевих сталей з різним видом структури – перлітної, бейнітної, мартенситної, отриманих при охолодженні після аустенізації.

Для високовуглецевих сталей в даній роботі оптимальна кількість азоту та ванадію, а також оптимальні температури аустенізації визначали по температурній залежності розміру аустенітного зерна при різних вмістах азоту та ванадію (рис.1.13) та даних хімічного фазового аналізу, згідно якого при аустенізації сталей з 0,6 – 0,8 % мас. Вуглецю фазовий розподіл азоту і ванадію між твердим розчином та нітридною фазою підпорядковується наступній залежності:

$$Lg[V] \cdot [N] = (-3766)T + 0,715 , \quad (1.7)$$

де $[V]$ та $[N]$ – азот і ванадій у твердому розчині (% мас.); T – температура (К).

В табл.2 приведено хімічний аналіз стандартної сталі 80ГФ та сталі 80ГАФ з дисперсійним нітридним зміцненням для визначення механічних властивостей металу.

Таблиця 2 - Хімічний склад сталей 80ГФ та 80ГАФ

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	V	N	V·N	Al	S	P	O ₂	H ₂
	% мас.											
80ГФ	0,76	0,28	0,68	0,19	0,087	0,005	$4,35 \cdot 10^{-4}$	0,010	0,031	0,031	$9,7 \cdot 10^{-3}$	$1,07 \cdot 10^{-4}$
80ГАФ	0,74	0,38	0,88	0,26	-	-	$15,19 \cdot 10^{-4}$	0,015	0,032	0,037	$12,9 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$

Розмір зерна аустеніту (L_m), мкм та номер зерна (бал)

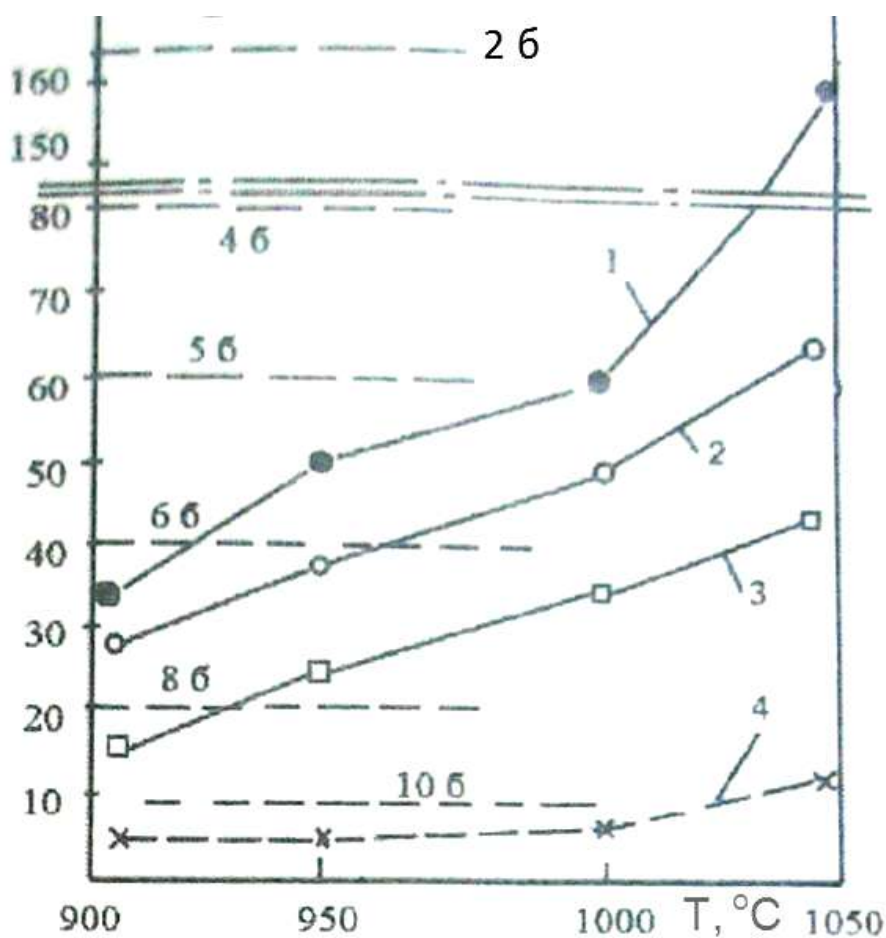


Рис. 1.13. Залежність розміру аустенітного зерна за довжиною голок мартенсіту (L_m) та номеру зерна від температури аустенізації високовуглецевої сталі: 1- стандартна сталь марки 60СГФ; 2-4 – сталі

60СГФ з нітридованадієвим зміцненням: 2 – $N \cdot V = 0,00132$, 3 – $N \cdot V = 0,00210$, 4 – $N \cdot V = 0,00462$.

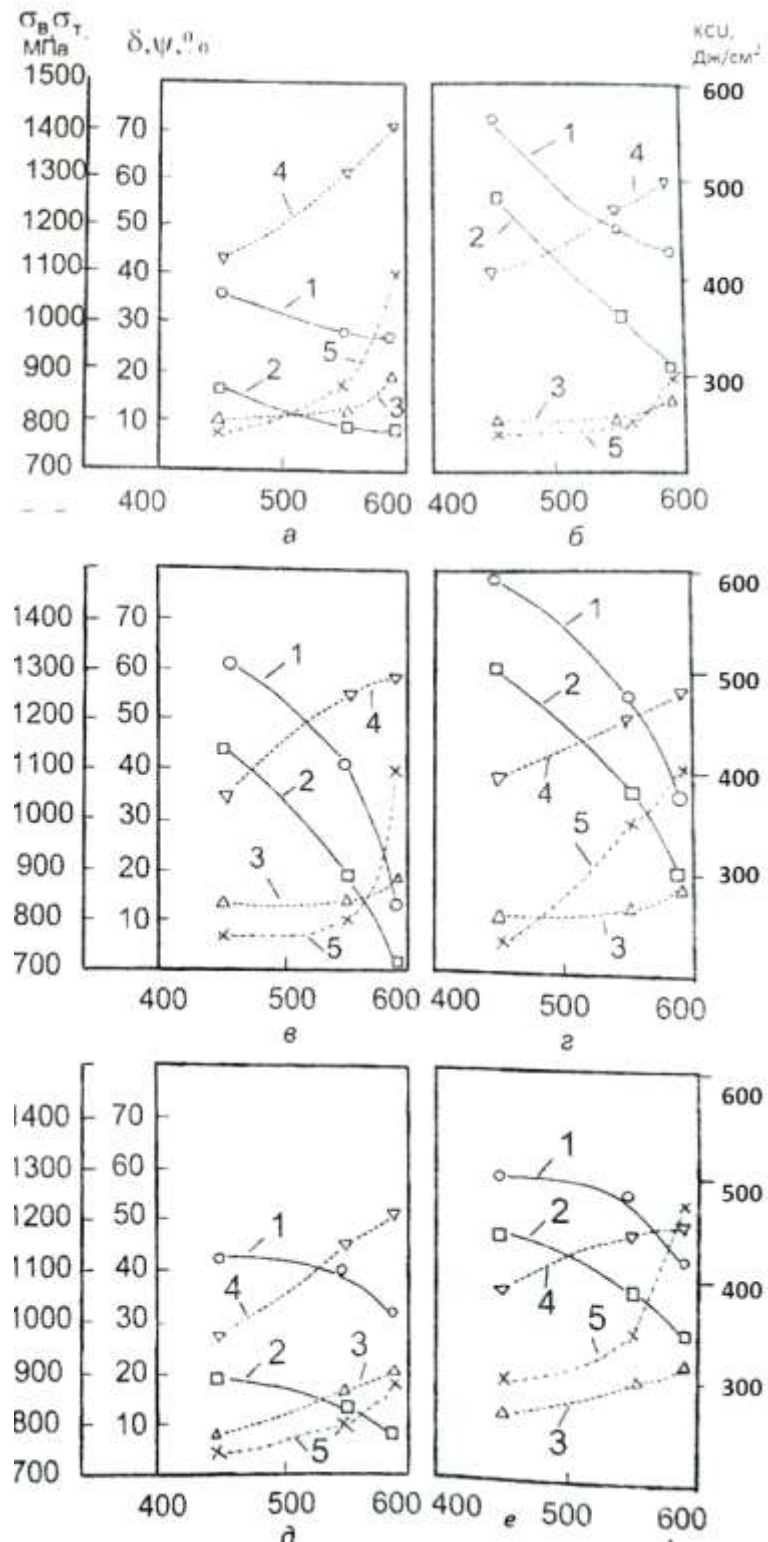


Рис. 1.14. Вплив температури відпуску на механічні властивості сталей 80ГФ(а,в,д) та 80ГАФ(б,г,е), нормалізованих на перлит (а,б), загартованих на мартенсит (в,г), та після ізотермічного загартовування на бейнит (д,е); 1 – $\zeta_{в}$, 2 – $\zeta_{т}$, 3 – δ , 4 – ψ , 5 – КСУ

На рис.1.14 приведені механічні властивості сталей з перлітною, мартенситною та бейнітною структурою при відпуску у діапазоні температур 450 °С (температура відпуску стандартних рельсових та колісних сталей) – 600 °С (оптимальна температура для дисперсійного виділення зміцнюючих нано – розмірних частинок нітридів ванадію у фериті).

З приведених даних (табл.3) видно, що сталь з нітридним зміцненням при усіх типах структури і у всьому температурному інтервалі відпуску при близьких значеннях (δ , ψ) та ударної в'язкості (КСУ) істотно перевищує стандартну за характеристиками міцності. Так з перлітною структурою ζ_v підвищується на 180 – 370 МПа, а ζ_T – на 145 – 400; з мартенситною структурою – ζ_v на 190 – 220, а ζ_T – на 140 – 190; з бейнітною структурою ζ_v на 120 – 160, а ζ_T – на 150 – 300.

Із таблиці видно, що при близьких значеннях твердості, сталь з дисперсійним нітридним зміцненням більш ніж у 2 рази перевищує по зносостійкості стандартку як за структурою відпускнуго мартенситу, так і перліту.

Таблиця 3- Підвищення міцностних властивостей сталі дисперсійним нітридним зміцненням

Структура після аустенізації	Температура відпуску, °С	ζ_v		ζ_T	
		МПа	%	МПа	%
Перліт	450	370	35	400	47
	550	220	22	230	29
	600	180	19	145	19
Мартенсит	450	190	15	140	14
	550	140	13	160	18
	600	220	26	190	27
Бейніт	450	120	16	300	34
	550	160	15	250	30
	600	130	13	220	28

Дисперсійне нітридне зміцнення при всіх видах структури (мартенсит, перліт, бейніт) та при всьому температурному інтервалі відпуску (450 – 600 °С) та при близьких значеннях пластичності та в'язкості металу істотно на 145 – 400 МПа збільшує ζ_v та ζ_T високовуглицевої сталі.

Сталі зі структурою відпускового мартенситу за теплостійкістю поступаються сталям з перлітною структурою. Дисперсійне нітридне зміцнення при обох видах структури істотно збільшує теплостійкість сталі. При цьому рівень теплостійкості сталі з нітридним зміцненням зі структурою відпускового мартенситу значно вище, ніж у стандартної сталі з перлітною структурою.

При близьких значеннях твердості металу сталі з дисперсійним нітридним зміцненням більше ніж у 2 рази перевищує по зносостійкості при сухому терті ковзання стандартну сталь, як зі структурою відпущеного мартенситу, так і перліту.

Таблиця 4 - Зносостійкість при сухому терті ковзання сталей 70Г2Ф та 70Г2АФ

Марка сталі	Термообробка	Твердість, НВ	Втрата ваги зразку, $\Delta P, r$	Відносна зносостійкість, ϵ	$t_{раз.}, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт тертя
70Г2Ф	Гартування від 900°С на мартенсит + відпуск 450 °С	390	0,076	1,00	170	0,50
	Нормалізація від 900°С на перліт + відпуск 450 °С	270	0,066	1,15	130	0,40
70Г2АФ	Гартування від 970 °С на мартенсит + відпуск 600 °С	400	0,036	2,11	105	0,38
	Нормалізація від 970 °С на перліт + відпуск 600 °С	300	0,030	2,53	135	0,48

Також було досліджено [6] вплив зовнішніх дій на структуру блюмової безперервнолитої заготовки. Після розрахунків відвідного у кристалізаторі тепла, коефіцієнта тепловіддачі, маси затверділого сплаву в залежності від експериментів, видно, що максимальний темп росту теплових параметрів формування заготовок спостерігається при частоті вібрації від 47 Гц та вище незалежно від амплітуди. При цьому коефіцієнт тепловіддачі від розплаву до стінок кристалізатора зростає до 2,3, рази при $A=0,2$ мм і до 3,0 раз при $A=0,5$ мм. Відповідно, зростає і кількість тепла, відвідного у кристалізаторі: на 26 % при $A=0,2$ мм та на 36 % при $A=0,5$ мм (рис.1.15, 1.16).

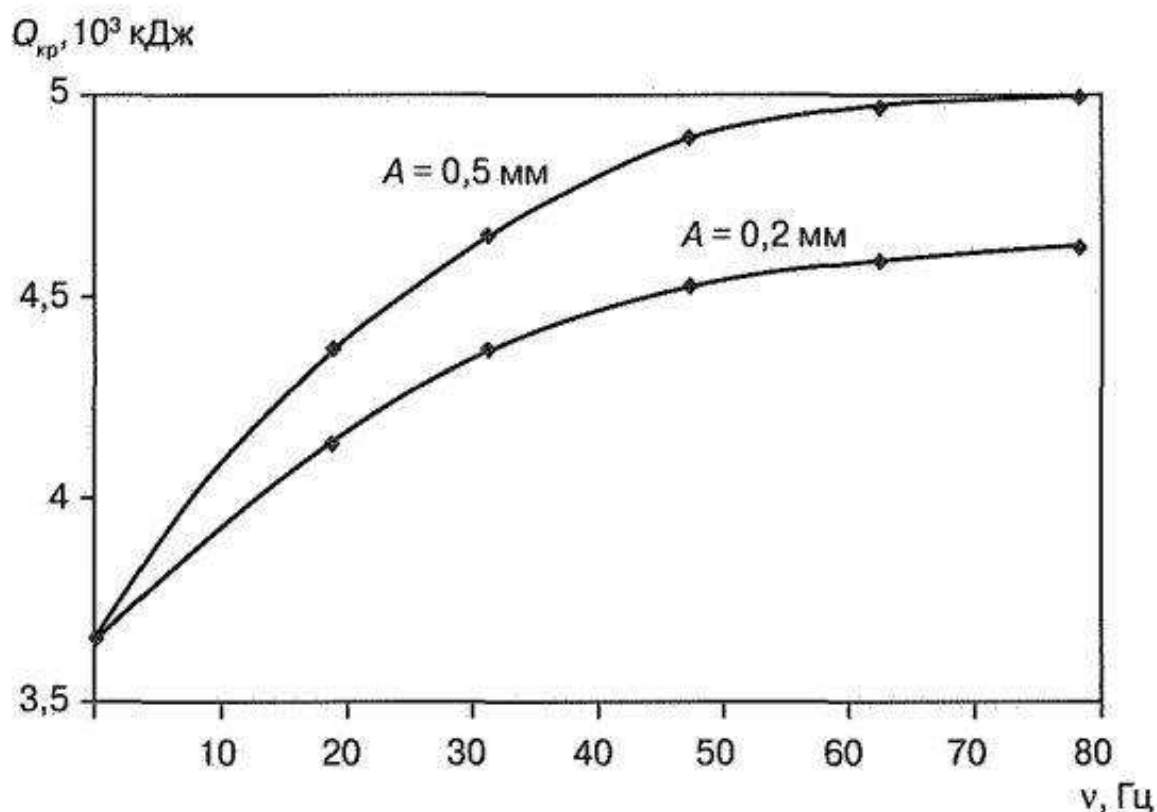


Рис. 1.15. Вплив вібрації на тепловідвід у кристалізаторі, де $Q_{кр}$ – тепло, відвідне водою, яка охолоджує кристалізатор, кДж; v – частота амплітуди, Гц.

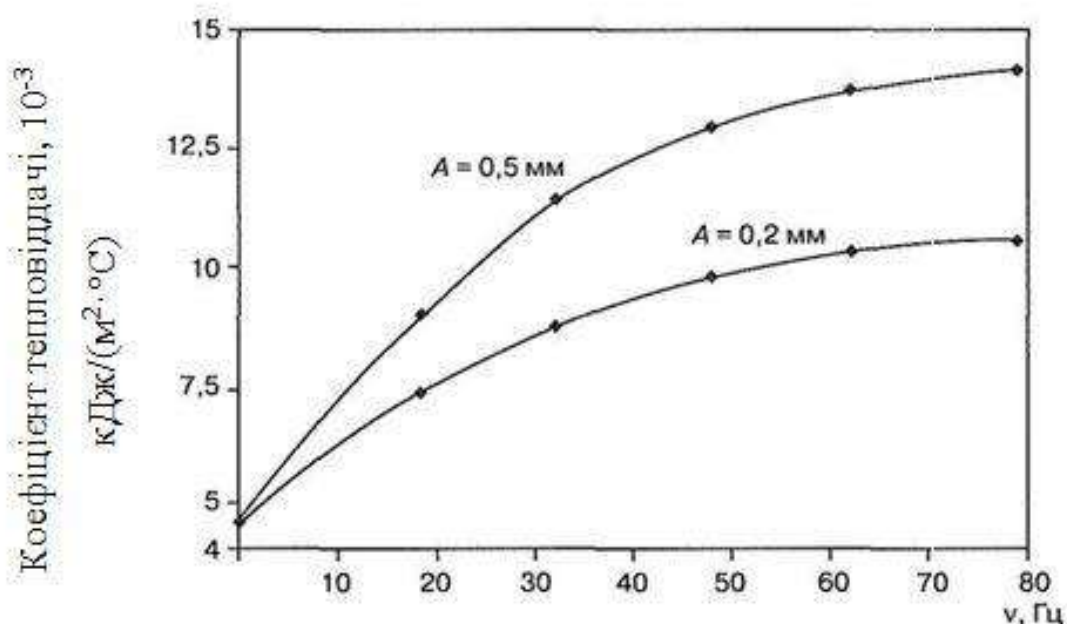


Рис.1.16. залежність коефіцієнта тепловіддачі від параметрів вібрації

Отримані розрахункові дані свідчать про те, що вібрація сприяє збільшенню інтенсивності тепловідведення у кристалізаторі при формуванні безперервнолитої блюмової заготовки. Обумовлено це, зокрема, тим, що вібрація призводить до інтенсифікації гідродинамічних процесів в кристалізаторі. Крім того, в залежності від параметрів вібрації відбувається 1,3 – 1,5 кратне збільшення щільності теплових потоків, що каже про зниження термічного опору на ділянці поверхня заготовки – стінка кристалізатора.

Про ефект впливу вібрації на формування первинних структур контрольної та дослідної заготовок можна судити за макроструктурою поперечного перерізу темплетів (рис.1.17).

В контрольній заготовці спостерігається нерівномірність зони транскристалізації за висотою, внаслідок чого у деяких місцях виникає утворення «містків», нижче яких утворюються усадкові раковини й пори. При впливі вібрації ширина зони стовбчастих кристалів за рахунок обламування гілок дендритів зменшується у 2,5 рази та відбувається

вирівнювання фронту за висотою, виключаючи вірогідність утворення «містків», відповідно розширюється зона рівновісних кристалів.

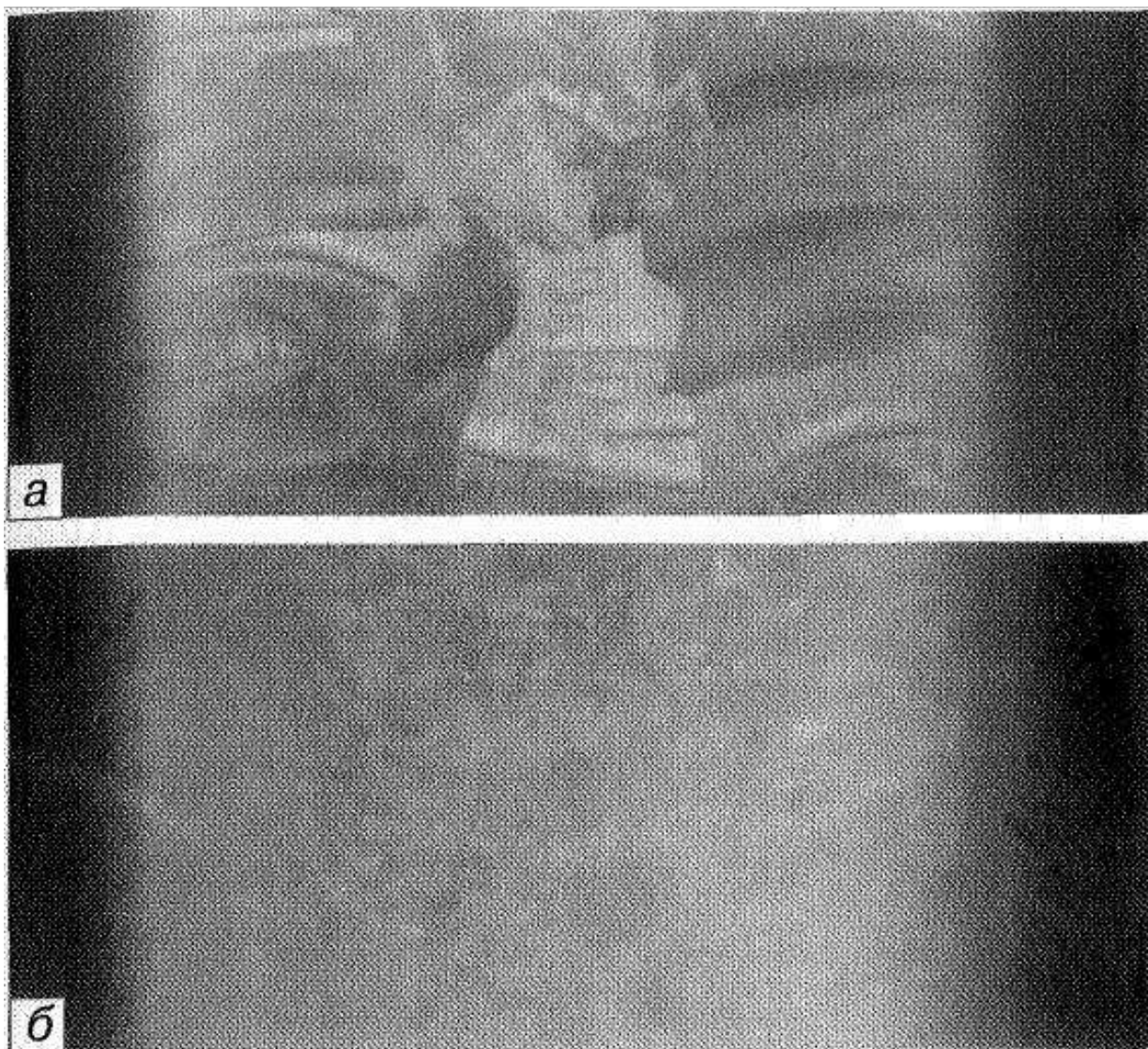


Рис. 1.17. Макроструктура безперервнолитої блюмової заготовки: а – контрольна, б – дослідна

Таким чином, на основі аналізу результатів фізичного моделювання встановлено позитивний вплив вібрації на теплофізичні умови формування та первинну структуру заготовки. Використання вібрації дозволяє отримувати заготовки з дрібнозернистою рівномірно розподіленою по всьому перерізу структурою.

Цікавою виявилася робота [7] про вплив перегріву на структуру й властивості сталі при безперервній розливці. Так при недостатньому

перегріві знижується плинність сталі та ускладнюється її розливка, а значний перегрів веде до утворення тріщин та збільшує осьову пористість та розмір зерна у зливку. Плазмовий підігрів – ефективний технологічний метод підтримки постійної температури металу у проміжному ківші.

Для досліду впливу температури перегріву металу на мікро-, макроструктуру та розподілення дефектів були відібрані сляби для виготовлення темплетів. Була виявлена тенденція до збільшення кількості дефектів сталі безперервнолитої заготовки зі зростанням перегріву сталі над ліквідусом при розливці.

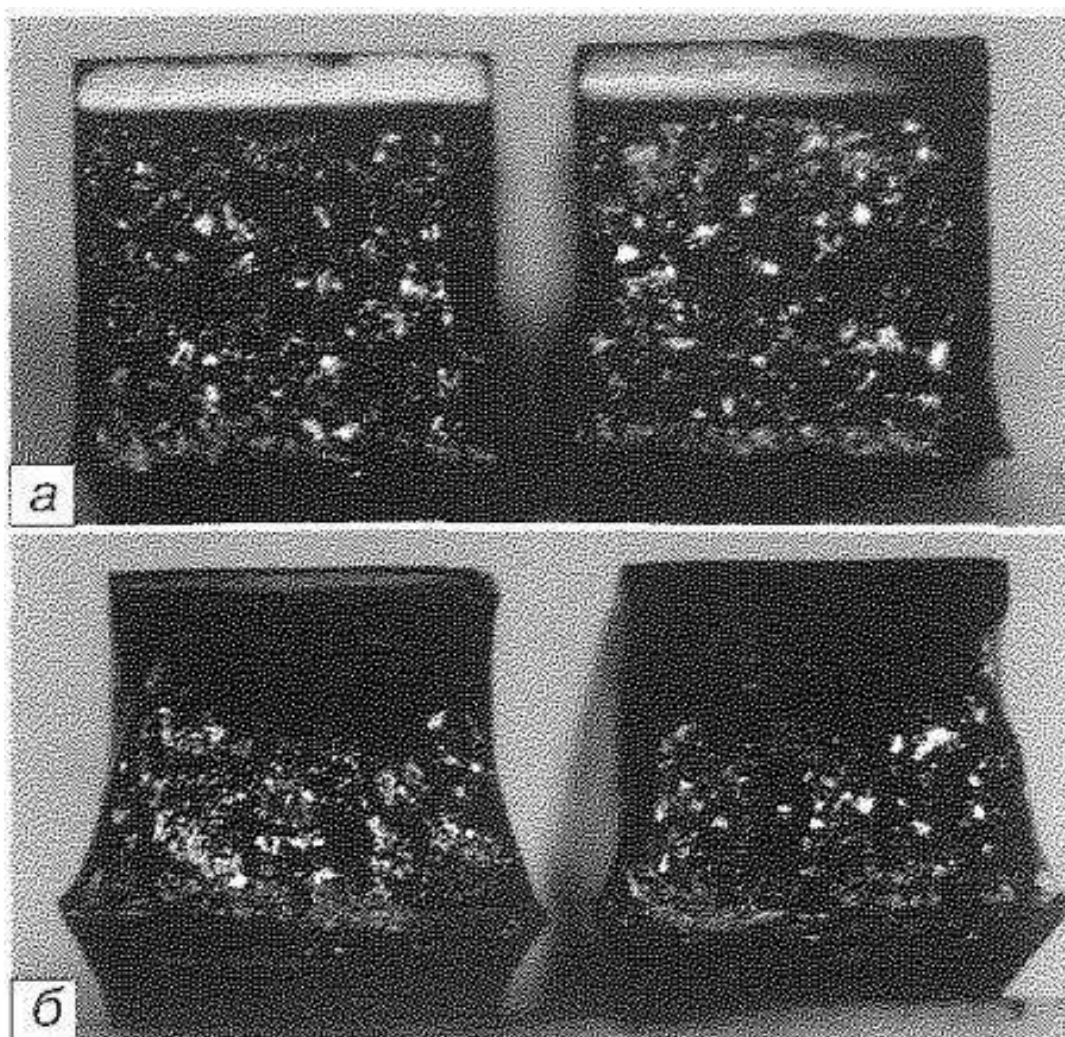


Рис. 1.18. Вид злому зразка сталі, розлитої з перегрівом 30°C(а) та 11 °C(б)

Структура слябів, розлитих з максимальним перегрівом (30 °C), відрізняється підвищеною точковою та осьовою хімічною неоднорідністю в порівнянні зі сталлю, розлитою з перегрівом 11 °C. температура

перегріву сталі при розливці впливає на рівномірність розподілу показників пластичності по висоті та ширині зливку. Підвищення ступені перегріву знижує показники в'язкості сталі по всьому перерізу слябу. Крім того, зниження температури розливки сталі з наближенням її до температури ліквідуса призводить до вирівнювання ударної в'язкості за висотою слябу.

Встановлено, що при збільшенні температури перегріву з 11 до 30 °С дисперсність видманштеттової структури зростає на два бали, а в дендридній області на три бали:

Перегрів, °С	11	13	22	30
Бал за ГОСТ 5640 – 68:	3	3	4	5
- в осьовій зоні				
- біля великого радіу	2	3	5	5

При цьому спостерігається тенденція до укріплення зерна зі збільшенням перегріву при розливці (рис.1.19)

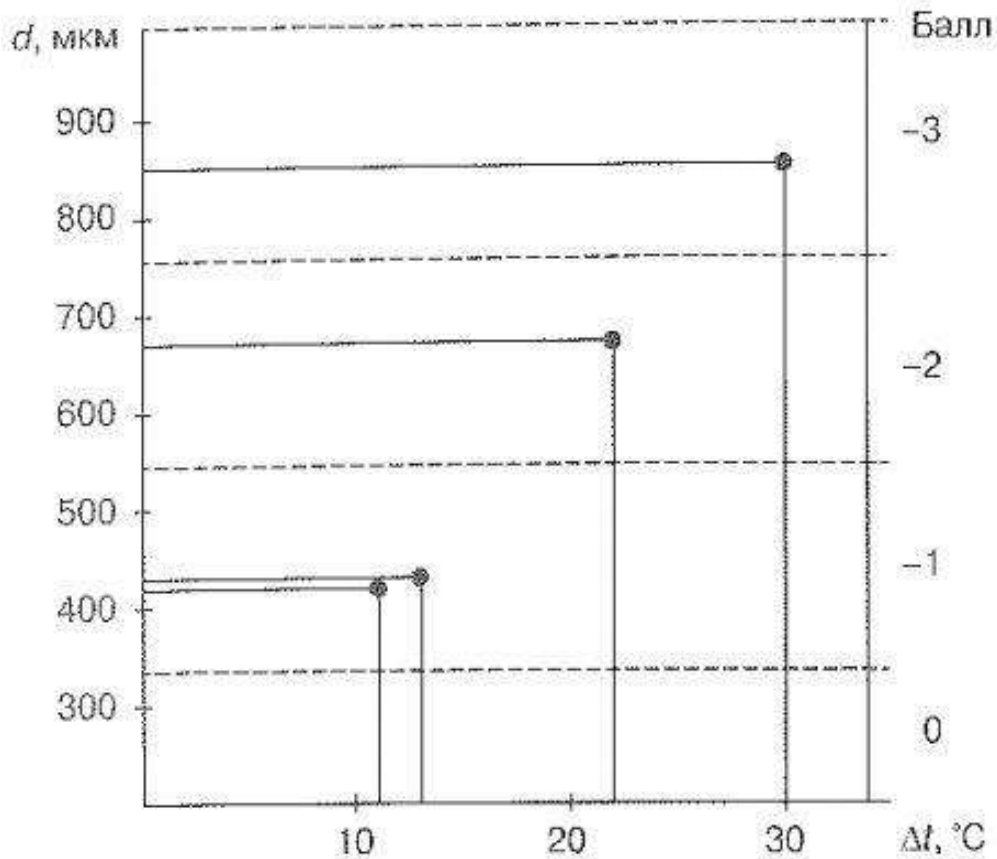


Рис. 1.19. Середній діаметр зерна литої мікроструктури за ГОСТ 5639 – 82 від температури перегріву

У ході проведення досліду, було встановлено позитивний вплив зниження ступені перегріву при розливці на мікроструктуру литої сталі, дисперсність її видманштеттової структури, середній розмір зерна, наявність неметалевих включень та дефектів.

Отримані результати підтверджують цілісообразність при розливці забезпечення у проміжному ківші температури мінімального перегріву над ліквідусом та її стабілізації плазмовим перегрівом.

У наступній роботі [8] було проаналізовано вплив параметрів прокатки на характер структурно – фазових перетворень та механічні властивості сталі. При будь – яких варіантах виробництва двухфазної сталі факторами, які контролюють отримання заданої структури, є: хімічний склад, режим деформації, швидкість охолодження прокату, а також температура кінця гарячої деформації. Значний інтерес представляє дослідження параметрів прокатки на характер структурно – фазових перетворень і на механічні властивості сталі.

По закінченню прокатки в двухфазній області можливе утворення зміцненого фериту та формування шарової феритно – мартенситної структури, яка сприяє різкому зниженню міцності сталі. Рационально закінчувати прокатку сталей при температурі трохи вище точки A_{r3} , щоб використати прискорене виділення фериту під впливом накопиченої деформації та фіксувати процес подріблення зерна аустеніту.

Такі сталі після гарячої деформації слід різко охолоджувати, щоб зберегти субструктуру та дрібне зерно, отримане при деформації. Сталь гартують на структуру високотемпературного наклепаного аустеніту. Низковуглецевий мартенсит являється фрагментованим та дрібноголчатим.

В ході контрольованої прокатки мартенситні пластини істотно здрібнюються, їх середня ширина приблизно вдвоє менше, ніж після гартування. Це призводить до виникнення додаткових меж та субграниць зерна, здатного перешкоджати руху дислокацій та забезпечуючих релаксацію напружень, що збільшує опір сталі крихкому руйнуванню. В

процесі мартенситного перетворення геометрія мартенситних пластин змінюється. При їх рості в кристалі аустеніта пластини зустрічають багаточисленні дефекти кристалічної будови, яка впливає на направлення та швидкість росту в зерні. Це зменшує вірогідність ударів мартенситних пластин по границям зерна, перешкоджаючи тим самим виникненню у прикордонних областях високих напруг, що забезпечує більш високий комплекс властивостей сталі, ніж при гартуванні.

Зниження температури змотки нижче температури кінця перлітного перетворення дозволяє отримати кількість мартенситу, рівну об'ємній частці залишеного аустеніту. Зниження температури змотки забезпечує запобігання бейнітного перетворення та відсутності молібдена.

Було встановлено, що для низковуглицевої сталі раціональний режим охолодження та змотки після прокатки характеризується наступними параметрами: $t_{к.п.}=800 - 850 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{н.охл.}=750 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\nu_{охл.}=80 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$, $t_{зм.}=500 \text{ } ^\circ\text{C}$.

1.3 Постановка задач дослідження

Із літературного огляду очевидно, що для прокатки якісних блюмів і заготовок із легованих сталей, необхідно вирішити дві технічні задачі.

Перша задача полягає у виробництві якісних зливків. В сучасних електросталеплавильних цехах застосовують наступні методи покращення якості зливків, найбільш поширені із них розглянуті в літературному огляді, а саме: рафінування металу синтетичними шлаками в ковші, розливка під рідким шлаком (з екзотермічною сумішшю), вакуумно – дуговий переплав, електроднопроміневий переплав, продувка металу аргонном у ковші, позапічне вакуумування.

Друга важлива технологічна умова є оптимальні режими обтисків на блюмінгу. Питання припрацювання зливків легованих сталей розглянуто в літературному огляді, і найважливішим із них є глибина поширення пластичної деформації по всій висоті штаби.

Практика прокатки і наявні літературні дані з усією визначеністю вказують на те, що при прокатці товстих штаб розподіл деформації металу за обсягом осередку деформації характеризується значною нерівномірністю. Найбільш простим і в той же час найбільш наочним проявом цієї нерівномірності є нерівномірне розширення прокатуваного металу по висоті розкату.

Поздовжня прокатка металу пов'язана зі зменшенням розмірів розкату по висоті, тобто з деформацією стиснення в цьому напрямку. Цілий ряд досліджень дозволив встановити, що при прокатці високих штаб найбільші висотні деформації зосереджуються в основному в зонах, прилеглих до контактних поверхонь валків, а в міру наближення до центральних шарів розкату ці деформації поступово зменшуються. [9].

У процесі стиснення матеріалу пластична деформація розвивається від контактних поверхонь і тягнеться вглиб слідом за пружною деформацією, яка поширюється зі швидкістю звуку в даному середовищі. Контактний шар під дією прикладеної сили зміщується і чинить тиск на нижні шари, виробляючи в них відповідні зрушення, зміщення, швидкість яких більше швидкості стиснення. Ця швидкість поширення деформації залежить головним чином від температури матеріалу і швидкості деформування і, як встановили Т. А. Канторова і Я. І. Френкель, не може бути більше швидкості звуку в даному середовищі.

У міру просування зони пластичної деформації в глиб розкату сила тиску, що викликала зміщення частинок, поступово втрачає свій імпульс і на якійсь відстані, де хвилі поширення деформації загасають і процес припиняється, стає рівною нулю. При цьому переміщуванні в напрямку діючої сили частки зустрічають опір маси, що перевищує інерцію останніх. У результаті цього пластична деформація стиснення припиняється, хоча пружний вплив на центральні шари зберігається.

П. А. Александров ділить процес деформації злитків на два періоди, кожному з яких відповідає своя, схема напружено-деформованого стану

металу. Зовнішнім ознакою настання того чи іншого періоду є зміна форми бічної грані розкату. Перший період процесу характерний значним розвитком розширення поблизу контактних поверхонь. Посередині висоти перерізу розкату розширення металу або відсутнє, або є утяжка. Поперечний перетин має увігнутий контур. У другому періоді максимальне розширення відчують центральні шари, в результаті чого поперечний переріз набуває опуклу форму [10].

Граничною умовою переходу нерівномірної поверхневої деформації в рівномірну П. А. Александров вважає рівність:

$$H/D=\alpha \quad (1.8)$$

де α -кут захоплення; D -діаметр валка.

У дослідях [10] показано, що деформація стиснення досягає центральних шарів при $H / D = 1,7\alpha$ тобто в цьому випадку пластична деформація проникає на всю висоту заготовки. Проте дослідження показують, що й при зазначених співвідношеннях H/D повного пророблення розкату по висоті не відбувається, особливо при прокатці легованих марок сталі [11].

І.Я.Тарновській та ін. [9] досліджували плинення металу штаби по висоті і довжині осередку деформації. Для отримання даних застосовували складові зразки зі свинцю з координатною сіткою на поверхнях. Перед прокаткою окремі зразки (пластини) склеювали сплавом Вуда, отримуючи, таким чином, координатну сітку на поверхнях і по висоті складеного зразка. Розміри координатних осередків вимірювали до і після прокатки, а потім розраховували коефіцієнт подовження $\ln\lambda_x$. На рис. 1.20 представлені дані досліджень деформації штаби з $l_d/h_{cp}= 0,407$.

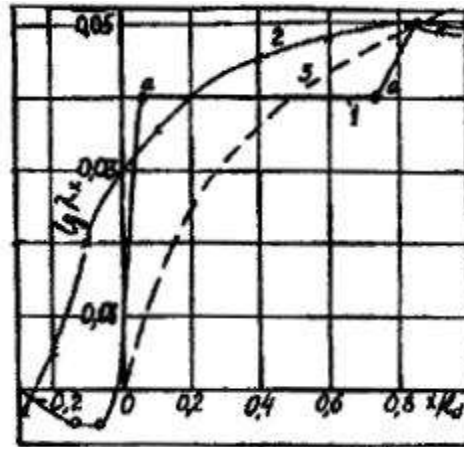


Рис. 1.20 - Наростаючі висотні деформації елементарних шарів зразка при $l_d / h_{cp} = 0,407$: 1 - поверхневий шар; 2 - середній шар. 3 - рівномірної деформація.

Як виходить з рис. 1.20, зміна наростаючих деформацій від площини входу до площини виходу на контакті (крива 1) і в середині (крива 2) істотно відрізняються від випадку рівномірної деформації (пунктир). При рівномірній деформації штаби деформація починається при $x/l_d = 0$ і кожна сусідня точка набуває по ходу руху однакову по висоті додаткову деформацію і, отже, швидкість. При рівномірній деформації протягом металу починається в площині входу ($x/l_d = 0$).

У практичних умовах прокатки $l_d / h_{cp} = 0,407$ пластична плинність металу починається ще до входу в осередку деформації на відстані $x/l_d = -0,3$ (площина входу $x/l_d = 0$). При $x/l_d = 0$ істотна деформація спостерігається в шарах металу, розташованих в центральній зоні штаби ($\ln \lambda_x = 0,033$) (крива 2). На контактній поверхні штаби (крива 1) відбувається вкорочення осередків координатної сітки і $\ln \lambda_x = -0,004$. Це обумовлено тим, що центральні шари штаби, маючи велику витяжку і велику швидкість, стискають контактні шари металу, зменшуючи їх довжину. За даними досліджень, довжина позаконтактної зони деформації в цьому випадку становить $l_{dвн}/l_d = 0,3$

У середині осередку деформації на контактній поверхні внаслідок впливу зовнішніх сил тертя плинність металу ускладнюється та

утворюється зона прилипання завдовжки $l_p/l_d=0,65$ а зони ковзання (зони відставання та випередження) займають в сумі всього 35% довжини осередку деформації. У зоні прилипання на контактні штаби з валками відсутня висотна і поздовжня деформація шарів. Поздовжня плинність металу відбувається в центральних шарах штаби (крива 2). На виході з валків ($x/l_d=1$) деформація штаби по висоті вирівнюється. Різні наростаючі витяжки металу в кожному вертикально-поперечному перерізі осередку деформації обумовлюють і відмінність їх швидкостей. Так, наприклад, у перетині $x/l_d=0,4$ швидкість точок штаби на кривій 2 дещо більше швидкості точок на кривій 1, оскільки величина витяжки ($\ln\lambda_x$) на кривій 2: більше, ніж на кривій 1 в однаковий відрізок часу. У той же час в перерізі $x/l_d=0,2$ коефіцієнти i , отже, поздовжні швидкості плинності на кривих 1 і 2, тобто у відповідних шарах штаби, виявляються однакові [11].

Умови деформації [12] зливка при прокатці на обтискних станах надають вирішальний вплив на якість готової штаби. Величина напруг і деформація при прокатці на блюмінгу в значній ступені залежать від форми осередка деформації, яка характеризується відношенням довжини l , висоти h та ширини b осередку деформації (l/h , b/h , b/l).

І. Я. Тарновський та інші [13] вважають, що при прокатці на гладкій бочці та в ящиківих калібрах схема напруженого стану визначається в основному відношенням l/h .

При малих відношеннях довжини осередку деформації до його висоти (l/h) деформація розвивається в основному поблизу контактних поверхонь, а в центральних ділянках розкату та на поверхнях розширюючихся кромки виникають розтягуючі напруги.

Розтягуючі напруги в центрі переізу, виникають в результаті інтенсивної деформації поверхневих шарів зливку, можуть зберегтися до кінця прокатки та привести до виникання тріщин та надривів на блюмінгу та погіршенню пластичних властивостей металу.

Х. М. Саприкін [14] дає формулу для визначення глибини опрацювання (проникнення деформації) металу при прокатці:

$$l_d = \frac{H}{2} \cdot e^{\frac{l_d}{H}-0,5}, \quad (1.9)$$

де l_d – глибина опрацювання металу, мм; H – товщина розкату до прокатки, мм; l_d – довжина дуги захвату, мм; e – основа натурального логарифму.

Для отримання металу високої якості по всьому перерізу, необхідно, щоб відношення товщини розкату до прокатки та дуги захвату було $\frac{H}{l_d} \leq 2$.

Цю умову можна отримати збільшенням обтиску або діаметра валків. Краще другий шлях, так як збільшення діаметра валків одночасно полегшує захват металу валків. Режим обтисків при прокатці злитків із легованих сталей на блюмінгу розраховується виходячи із ряду факторів: умов захвату, потужності приводу, міцності обладнання та опору метала деформації. Оскільки опір деформації легованих сталей значно вище, ніж вуглецевих, число проходів відповідно збільшується. В кожному конкретному випадку розрахунок режиму обтисків ведуть, виходячи з допустимого тиску металу на валки та навантажень на двигун.

При гарячій прокатці на блюмінгу відбувається розрушення первинної крупнозернистої структури з нерівномірним розподілом включень та виникання вторинної кристалізації, яка покращує якість металу та надає йому однорідність.

При прокатці зливку відбувається деформація стовбчастих кристалів, яка супроводжується здвигом кристалів та веде до виникнення міжкристалічних тріщин. Після прокатки ці тріщини мають доволі значну величину, знаходячись зазвичай по границям стовбчастих кристалів.

Недостатня розкисленість та дегазиріванність сталі, забруднення її неметалевими включеннями, особливості хімічного складу деяких високолегованих сталей можуть також привести до утворення тріщин і навіть до розрушення зливка при прокатці.

Отже, високий опір деформації легованих сталей та схильність їх до утворення тріщин при прокатці заставляють знижувати величину обтиску в кожному проході та збільшувати число проходів.

2 ДОСЛІДНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА (ТЕХНІКА, АПАРАТУРА, ТЕХНОЛОГІЇ, МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ)

2.1 Технічна характеристика прокатного стану 1050

Стисла технічна характеристика та опис технологічного процесу стану «1050/950». Призначення і сортамент стану.

Стан складається з двох лінійно розташованих клітей – обтискної та заготівельної. Сортамент стану – квадрати зі стороною $98 \div 350$ мм, електроди для ЕШП – квадрати зі стороною 240 мм, кола діаметром $130 \div 300$ мм з вуглецевих, легованих і високолегованих сталей спеціального призначення, які потребують особливого режиму нагріву, прокатки і додаткової обробки готової продукції та заготовки .

Стан прокатує зливки, передані в прокатний цех як гарячим, так і холодним всадом

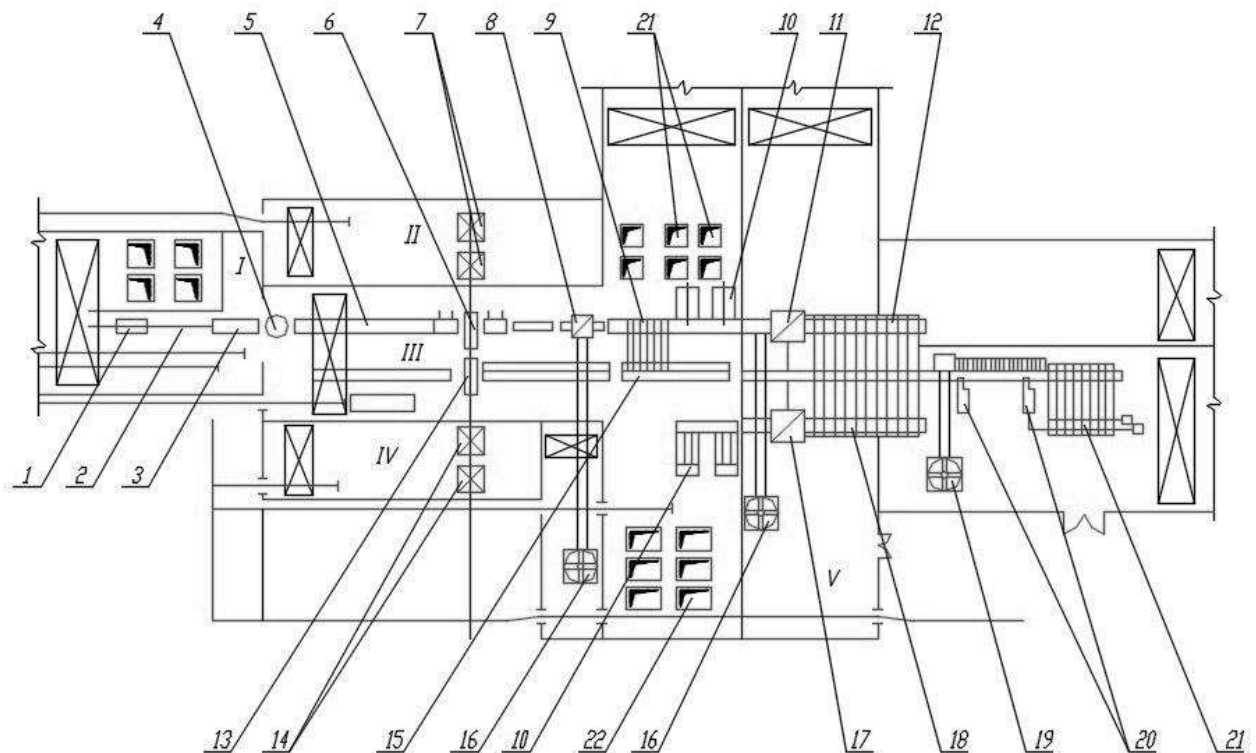


Рис.2.1 План стану 1050

Таблиця 2.1 - План стану 1050

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

Призначення і сортамент стану.

Стан складається з двох лінійно розташованих клітей - обтисної і заготівельної, характеристики яких приведені в таблиці № 2.1.

Сортамент стана:

- квадрат, стороною від 98мм до 385 мм,

- електроды для ЭСП,
- квадрати із стороною 240 мм, 350 мм,
- смуги перетином 360мм / 380 мм (160/200) мм / (360/420)
мм,
- круги діаметрами від 135 мм до 275 (300-330) мм, з
вуглецевих, легованих, і високолегованих сталей спеціального
призначення, що вимагають особливого режиму нагріву, плющення і
обробки готової продукція і заготовки. Стан катає зливки, заготовки і
пресовки які подаються з нагрівальних колодязів. Розміри злиwkів
приведені у таблиці № 1.2, № 1.3. Пресовки виготовляють діаметром 450
мм і завдовжки 1500 мм. Розміри відкованих в КПЦ заготівель: сторона
квадрата від 250 мм до 450 мм, довжина від 1800 мм до 2700 мм. Розміри
зливків, пресовок і заготівель, номінальні і плющенні не контролюються.

Злитковоз призначений для транспортування злиwkів від
нагрівальних колодязів до приймального рольгангу і для укадки злиwkів на
приймальний рольганг. Злитковоз складається з двох механізмів:
механізму пересування і механізму перекидання люльки.

Швидкість пересування злитковоза - до 5,86 м/с, швидкість підходу
злитковозу до упору – 0,4 м/с. Час опракидування люльки - від 3с до 3,5 с.
Приймальний рольганг призначений для приймання злиwkів від злитковоза
і подання їх до поворотного столу. Приймальний рольганг складається з 10
секцій, по три ковані ролики в кожній секції. Загальна довжина
приймального рольганга до поворотного столу - 17400 мм.

Поворотний стіл призначений для повороту злиwkів на 180° в
горизонтальній площині і напряду злиwkів в кліті донною частиною і
розташований на відстані 39500 мм до стану.

Таблиця №2.2 – Характеристика робочих клітей і приводу стану 1050.

кліть	Діамтр, мм		Довжина бочки валка	Маса валка, т	Главний двигун				
	Бочки валків	Шийка валків			Тип двигуна	Потужністьк Вт	Число об/хв	Швидкість прокатки, м/с	Макс. ток прокатки, А
Обтисна	1050	640	2250	19,5	П-2 22/150 - 3,55УХЛ4	1- 4,5	45 90	2х355 0	10,74 7,54
Заготовочна	950	600	2330	17,35	П-22-125- 9К	1- 5,5	61 120	2х330 0	9,0

Таблиця №2.3- Розміри зливків ОДВ (по виливниці).

Розміри зливків ОДВ (по виливниці)			
Маса зливка, т	Верхній переріз, мм	Нижній переріз, мм	Висота(без прибіли), мм
3,6	600х600	460х460	1680
43	650х650	525х525	1590
4,8	685х685	525х525	1770
6,5	747х747	575х575	1905

Таблиця №2.4 -Розміри зливків ВДП и ЕШП.

маса злитка, т	Верхній переріз, мм	Нижній переріз, мм	Середній перетин, мм	Висота(без прибіли), мм
3,6-3,9	Ø500	Ø500	-	2850-2900
5,8	Ø625	Ø625	-	2900
1,5	335х335	395х395	∅ 350	1600
2,0	390х390	440х440	∅ 415	1700
3,8-4,0	490х490	540х540	∅ 500	2160
4,3	550х565	580х600	∅ 565	1900
2,8	415х495	465х558	420х530	1800

Поворотний стіл призначений для повороту зливків на 180° в

горизонтальній площині і напряду зливків в кліті донною частиною і розташований на відстані 39500 мм до стану. Поворотний стіл є поворотною платформою діаметром 2900 мм і складається з двох механізмів повороту і рольганга. Час розвороту на 180° - 4,5 с.

Транспортний рольганг призначений для транспортування зливків і розташований за поворотним столом; складається з 12 секцій (по три штуки) порожнистих роликів. Довжина рольганга : 12 шт. x 1765 мм - 21180 мм. Ваги рольгангові тензотерміни призначені для виміру і документальної реєстрації маси зливків перед прокакою. Ваги складаються з наступних основних вузлів: - грузопідйомний пристрій,

- силовимірювальні датчики,
- вторинна електронна апаратура,
- сполучні кабелі.

Найбільша межа зважування 10т. Найменша межа зважування 2т. Межі допустимої погрішності - $\pm 0,1\%$. Тривалість циклу зважування - не більше 5с. Ділянка робочої кліті.

Рольганг, що підводить, призначений для передачі зливків і заготівель з транспортного рольганга на робочий і є продовженням робочого рольганга перед кліттю довжина робочого рольганга – 14960 мм.

Рольганги і станинні ролики обтисної кліті розташовані з передньої і задньої сторін кліті і служать для завдання розкату (зливка) у валки і прийому їх з валків. Передній робочий рольганг складається з восьми цільнокованих роликів з кроком 650 мм. Задній робочий рольганг має вісім роликів. Окружна швидкість роликів - від 1м/с до 3,5 м/с. Станинні ролики з кожного боку, розташовані безпосередньо у станинах кліті.

Маніпулятор з кантувальником обтисної кліті.

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

Катователь призначений для кантовки зливків (розкатів) на 90° . Технічна характеристика маніпулятора:

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

Обтисна робоча кліть .

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

Заготівельна кліть- двохвалкова реверсивна. Швидкість плющення на заготівельній кліті - до 5,5 м/с. Найбільше зусилля плющення 12800 кН.

Валки виготовлені з чавуну марки СШХН40 . Для плющення сортового прокату діаметром 240 мм і 250 мм є сталеві валки. Шийки валків обертаються в текстолітових підшипниках, для мастила і охолодження шийок валків до текстолітовим вкладишів підведена вода, а також робиться подання густого мастила для оберігання шийок валків від корозії.

Установку верхнього валка роблять натисним пристроєм. Максимальна висота підйому верхнього валка - 200 мм зі швидкістю 5,95 мм/с. Урівноваження верхнього валка - гідравлічне.

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

Система калібрів ящична. Для плющення з проміжку на Ø185 застосовується система овал ребровий, круг.

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

Технічна характеристика:

-розкриття ножів – 385мм,

-довжина ножів – 1000мм,

-висота верхнього ножа над кромкою рольганга – 350мм.

Ножиці 900т обладнанні зкидачем обрізі з ножів, які приводяться в

рух від електродвигуна ДП- 31 ($P = 8,5$ кВт, $n = 870$ про/мін). Кількість ходів важеля зкидача в хвилину - 16. Максимальна маса шматка обрізі, що скидається, - 270 кг. Ножиці обладнані конвеєром скрапного типу для прибирання обрізі. Конвеєр скрапу має довжину 38600мм і рухається в тунелі із швидкістю 0,107 м/с. На пластинчатих ланцюгах конвеєра закріплені скріпки у кількості 22 шт., на які одночасно може знаходитися до 3,5т обрізі. Конвеєр, рухаючись по похилій площині, виносить обрізь в спеціальний проліт скрапу і скидає її через розвантажувальний жолоб в спеціальні коробки, які встановлені на поворотному крузі діаметром 4600мм. Вантажопідйомність поворотного круга - 40т, швидкість переміщення - 0,06м/с.

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

Технічна характеристика:

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

- діаметр шпindel - 550мм,
- діаметр голівка шпindel - 1050мм,

Ножиці складається з наступних головних механізмів :

- ножиці,
- привід ножиці,
- шпindel з урівноваження.

Роторні пили гарячіше різкі моделі PP2500 призначені для різання в гарячому стані квадратних і круглих заготовель з вуглецевих і легованих сталей, вони розташовані за розподільним рольгангом стану 1050.

Технічна характеристика:

- кількість установок - 2 шт.,
- габаритів установки : (довжина ширина висота) 10270 X 6355 X 4950мм,
- зовнішній діаметр диска - 2080мм,
- товщина диска - 10мм,
- швидкість подання диска на рез - 0,5-2 м/с²,
- максимальна площа резаемого перерізу - 100000мм²,
- максимальний резаемое переріз (круг) - 360мм,
- максимальна температура резаемой заготовки:
для перерізу від квадрата 80мм до круга 270мм – 800С^o,
- від круг 270мм до круг 3600мм – 980С^o,
- межа міцність розрізає углеродистых легированих сталей при температура різання: не вище для переріз від квадрат 80мм до круга 270мм -15кгс/мм²
- від круг 270мм до круга 360мм - 6 кгс/мм².

В основу роботи покладений принцип кругового переміщення водилом швидко обертаючого пильного диску по площині, перпендикулярній осі прокату [8-9].

2.2 Вимоги що пред'являються стандартами до металопродукції

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

Усі стандарти на прокату металопродукцію можна розділити на дві групи.

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

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

Вимоги до поверхні металу.

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

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

Прокат різних видів, споживач замовляє за номінальним розміром. Проте фактичні розміри відхиляються від номінальних на "плюс" або на "мінус", оскільки прокатні сортові стани, волочильні стани не можуть забезпечити такої точності прокату при якій би фактичний розмір співпав би з номінальним. Причини цього: різна температура початка і кінця прокатки, в наслідок різної пластичності не однакові її розміри, коливання температури нагріву заготовок перед прокатом. Є дві системи допусків : двостороння і одностороння. При двосторонній системі допусків відхилення на "плюс" і на "мінус". Ця система прийнята для прокату більшості марок сталей.

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

Так, кривизна сортового металу за вимогами ряду стандартів не повинна перевищувати 2,5мм/1м., не допускається скручування профілю.

2.3 Контроль якості продукції

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

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

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

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

ISO 9004 : 2009 - система менеджменту якості. Рекомендації по поліпшенню діяльності[10-12].

Засоби обробки металу

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

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

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

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

Ділянка різцевого обдирання

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

Верстати для обробки лезвийним інструментом.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Твердосплавні пластини для збірних і напайных різців отримуються, центролізовно у заводо-виготовника. Напайные різці виготовляються на інструментальних заводах або РМЦ заводу «Днепрспецталь».

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

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

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

Дефекти, що виникають при обдиранні прутков:

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

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

2.4 Розробка режиму деформації

Для того, щоб провести розрахунок режиму деформації необхідно вибрати схему прокатування. Проведемо розрахунок режиму деформації для зливка масою 3,7т прокатного в блюм 185x185 мм для сталі спеціального призначення 03X22H5AM3, блюм 185x18 мм для вуглецевої низьколегованої сталі. Приймаємо схеми прокатування з урахуванням рекомендацій базового підприємства і з урахуванням проведеної реконструкції, при цьому спрощуємо визначення розширення, приймаючи показник розширення в кожному проході по наступному наближеному виразу: $b/h = 0,02 N$, де N – номер проходу, з подальшим округленням до найближчого значення кратного 5 мм. Прийнятні схеми прокатування відображені в таблицях – 2.1, 2.2 [9-14].

Визначаємо середню товщину прокату по виразу:

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

де: h_1 – висота розкату перед проходом;

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

Визначаємо відносне обтискання в кожному проході по виразу:

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

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

Таблиця 2.5 - Режим деформації при прокатці зливка 590x590 нержавіючої сталі 03X22Н5АМ3 масою=3,7 тонн в блюм 185x185

№ калібру	№ пропуску	H М	B мм	h мм	b мм	Δh, мм	Δb, мм	
I	0	59	59					
	1	59	59	52	59	70	0	
	2	52	59	45	59	70	5	
	Кантування							
	3	59	45	52	45	70	5	
	4	52	45	45	46	70	10	
	5	45	46	38	47	70	10	
	6	38	47	32	48	65	10	
Кантування								
II	7	48	32	40	33	85	15	
	8	40	35	32	35	80	15	
Кантування								
III	9	35	32	28	33	65	10	
	10	28	33	22	34	65	10	
	Кантування							
	11	34	22	25	23	90	15	
	12	25	23	17	25	80	15	
Кантування								
IV	13	25	17	18	18	10	5	

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

$$L=G/7,85F, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де: $G = 3,7$ т – маса зливка;

F – площа перетину розкату після проходу, мм^2

По формулам (2.1) – (2.2) підставляємо наявні значення і розраховуємо значення для зливка перетином 590x590 мм :

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

$$h_{cp1} = 590 + 520/2 = 555 \text{ мм};$$

$$h_{cp8} = 400 + 320/2 = 360 \text{ мм};$$

$$h_{cp2} = 520 + 450/2 = 485 \text{ мм};$$

$$h_{cp9} = 350 + 280/2 = 315 \text{ мм};$$

$$h_{cp3} = 590 + 520/2 = 555 \text{ мм};$$

$$h_{cp10} = 280 + 220/2 = 250 \text{ мм};$$

$$h_{cp4} = 520 + 450/2 = 485 \text{ мм};$$

$$h_{cp11} = 340 + 250/2 = 295 \text{ мм};$$

$$h_{cp5} = 450 + 380/2 = 415 \text{ мм};$$

$$h_{cp12} = 250 + 170/2 = 210 \text{ мм};$$

$$h_{cp6} = 380 + 320/2 = 350 \text{ мм};$$

$$h_{cp13} = 250 + 180/2 = 215 \text{ мм};$$

$$h_{cp7} = 480 + 400/2 = 440 \text{ мм};$$

$$\varepsilon = \Delta h/h$$

$$\varepsilon_1 = 70/590 = 0,119;$$

$$\varepsilon_6 = 65/385 = 0,17;$$

$$\varepsilon_{10} = 65/285 = 0,23;$$

$$\varepsilon_2 = 75/520 = 0,13;$$

$$\varepsilon_7 = 85/485 = 0,18;$$

$$\varepsilon_{11} = 90/345 = 0,26;$$

$$\varepsilon_3 = 70/595 = 0,118;$$

$$\varepsilon_8 = 80/400 = 0,2;$$

$$\varepsilon_{12} = 80/255 = 0,32;$$

$$\varepsilon_4 = 70/525 = 0,13;$$

$$\varepsilon_9 = 65/350 = 0,19;$$

$$\varepsilon_{13} = 10/250 = 0,04;$$

$$\varepsilon_5 = 70/455 = 0,15;$$

$$F_1 = 0,520 \cdot 0,590 = 0,31 \text{ мм}^2;$$

$$F_8 = 0,320 \cdot 0,400 = 0,13 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = 0,450 \cdot 0,520 = 0,23 \text{ мм}^2;$$

$$F_9 = 0,280 \cdot 0,350 = 0,10 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = 0,520 \cdot 0,590 = 0,31 \text{ мм}^2;$$

$$F_{10} = 0,220 \cdot 0,280 = 0,06 \text{ мм}^2;$$

$$F_4 = 0,450 \cdot 0,520 = 0,23 \text{ мм}^2;$$

$$F_{11} = 0,250 \cdot 0,340 = 0,09 \text{ мм}^2;$$

$$F_5 = 0,380 \cdot 0,450 = 0,17 \text{ мм}^2;$$

$$F_{12} = 0,170 \cdot 0,250 = 0,04 \text{ мм}^2;$$

$$F_6 = 0,320 \cdot 0,380 = 0,12 \text{ мм}^2;$$

$$F_{13} = 0,180 \cdot 0,250 = 0,05 \text{ мм}^2;$$

$$F_7 = 0,400 \cdot 0,480 = 0,19 \text{ мм}^2;$$

$$L = G/7,85F, \text{ мм}$$

$$L_1 = 3,7/7,85 \cdot 0,31 = 1,45 \text{ м};$$

$$L_8 = 3,7/7,85 \cdot 0,13 = 0,60 \text{ м};$$

$$L_2 = 3,7/7,85 \cdot 0,23 = 1,10 \text{ м};$$

$$L_9 = 3,7/7,85 \cdot 0,10 = 0,46 \text{ м};$$

$$L_3 = 3,7/7,85 \cdot 0,31 = 1,45 \text{ м};$$

$$L_{10} = 3,7/7,85 \cdot 0,06 = 0,29 \text{ м};$$

$$L_4 = 3,7/7,85 \cdot 0,23 = 1,10 \text{ м};$$

$$L_{11} = 3,7/7,85 \cdot 0,09 = 0,40 \text{ м};$$

$$L_5 = 3,7/7,85 \cdot 0,17 = 0,81 \text{ м};$$

$$L_{12} = 3,7/7,85 \cdot 0,04 = 0,20 \text{ м};$$

$$L_6 = 3,7/7,85 \cdot 0,12 = 0,57 \text{ м};$$

$$L_{13} = 3,7/7,85 \cdot 0,05 = 0,21 \text{ м};$$

$$L_7 = 3,7/7,85 \cdot 0,19 = 0,90 \text{ м};$$

2.5 Розрахунок калібрування валків

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

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

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

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

НОВОГО валка).

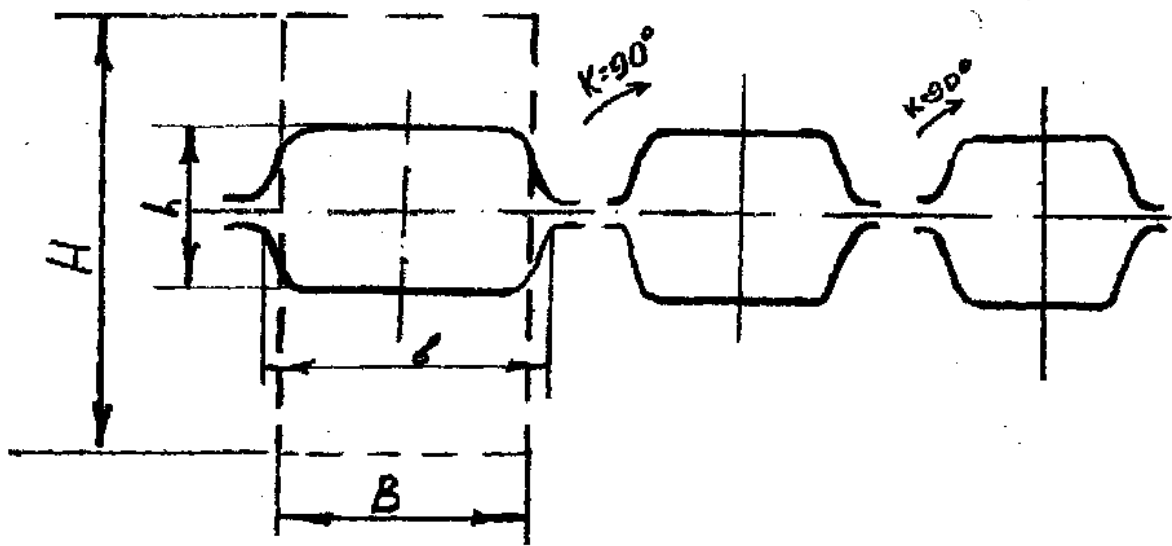


Рисунок 2.2 - Система ящичних калібрів.

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

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

Для побудови ящичного калібру необхідно визначити наступні

розміри:

ширина дна калібру:

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

де: b_0 - ширина штаби, для даного калібру;

- висота калібру:

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

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

Δh - прийняте обтискання, для даного калібру;

- ширина калібру:

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

-зазор між валяннями:

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

де: $D = 1050$ мм – діаметр валка;

-висота врізу калібру:

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

-ширина врізу калібру:

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

-радіус закруглень:

$$r = (0,1-0,15) \text{ Нк} \quad (2.10)$$

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

Для твору розрахунків приймаємо:

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

Тому приймаємо ширину бочки по дну калібру :

$$В_{\text{д}} = (0,95 - 1,0) \cdot b_0$$

$$В_{\text{д}1} = 590 \text{ мм}; В_{\text{д}2} = 590 \text{ мм}; В_{\text{д}3} = 540 \text{ мм}; В_{\text{д}4} = 460 \text{ мм};$$

$$В_{\text{д}5} = 470 \text{ мм}; В_{\text{д}6} = 780 \text{ мм}; В_{\text{д}7} = 330 \text{ мм}; В_{\text{д}8} = 350 \text{ мм};$$

$$В_{\text{д}9} = 330 \text{ мм}; В_{\text{д}10} = 340 \text{ мм}; В_{\text{д}11} = 230 \text{ мм}; В_{\text{д}12} = 250 \text{ мм};$$

$$В_{\text{д}13} = 180 \text{ мм}.$$

Тому приймаємо висоту калібру:

$$Н_{\text{к}} = h_0 - \Delta h$$

$$Н_{\text{к}1} = 520 \text{ мм}; Н_{\text{к}2} = 450 \text{ мм}; Н_{\text{к}3} = 520 \text{ мм}; Н_{\text{к}4} = 450 \text{ мм};$$

$$Н_{\text{к}5} = 380 \text{ мм}; Н_{\text{к}6} = 320 \text{ мм}; Н_{\text{к}7} = 400 \text{ мм}; Н_{\text{к}8} = 320 \text{ мм};$$

$$Н_{\text{к}9} = 280 \text{ мм}; Н_{\text{к}10} = 220 \text{ мм}; Н_{\text{к}11} = 250 \text{ мм}; Н_{\text{к}12} = 170 \text{ мм};$$

$$Н_{\text{к}13} = 180 \text{ мм}.$$

Таким чином ширина калібру:

$$В_{\text{к}} = В_{\text{д}} + Н_{\text{к}} \cdot \text{tg}\varphi$$

$$В_{\text{к}1} = 590 + 520 \cdot 0,364 = 779,3 \text{ мм};$$

$$В_{\text{к}2} = 590 + 450 \cdot 0,364 = 753,8 \text{ мм};$$

$$В_{\text{к}3} = 450 + 520 \cdot 0,364 = 693,3 \text{ мм};$$

$$В_{\text{к}4} = 460 + 450 \cdot 0,364 = 623,8 \text{ мм};$$

$$В_{\text{к}5} = 470 + 380 \cdot 0,364 = 608,3 \text{ мм};$$

$$В_{\text{к}6} = 780 + 320 \cdot 0,364 = 896,5 \text{ мм};$$

$$В_{\text{к}7} = 330 + 400 \cdot 0,364 = 475,6 \text{ мм};$$

$$В_{к8} = 350 + 320 \cdot 0,364 = 466,5 \text{ мм};$$

$$В_{к9} = 330 + 280 \cdot 0,364 = 431,9 \text{ мм};$$

$$В_{к10} = 340 + 220 \cdot 0,364 = 420,1 \text{ мм};$$

$$В_{к11} = 230 + 250 \cdot 0,364 = 321 \text{ мм};$$

$$В_{к12} = 250 + 170 \cdot 0,364 = 311,9 \text{ мм};$$

$$В_{к13} = 180 + 180 \cdot 0,364 = 245,5 \text{ мм};$$

Висота врізу калібру:

$$H_{вр} = (H_k - s) / 2$$

$$H_{вр1} = (520 - 9,5) / 2 = 255,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр2} = (450 - 9,5) / 2 = 220,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр3} = 255,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр4} = 220,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр5} = 185,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр6} = 155,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр7} = 195,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр8} = 155,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр9} = 135,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр10} = 105,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр11} = 120,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр12} = 80,25 \text{ мм};$$

$$H_{вр13} = 85,25 \text{ мм};$$

Ширина врізу калібру:

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

$$B_{вр1} = 590 + (520 - 9,5) 0,364 = 775,82 \text{ мм};$$

$$B_{вр2} = 750,342 \text{ мм};$$

$$B_{вр3} = 635,822 \text{ мм};$$

$$B_{вр4} = 620,342 \text{ мм};$$

$$B_{вр5} = 604,862 \text{ мм};$$

$$B_{вр6} = 893,022 \text{ мм};$$

$$Ввр_7 = 472,142 \text{ мм};$$

$$Ввр_8 = 463,022 \text{ мм};$$

$$Ввр_9 = 428,462 \text{ мм};$$

$$Ввр_{10} = 416,622 \text{ мм};$$

$$Ввр_{11} = 317,542 \text{ мм};$$

$$Ввр_{12} = 308,422 \text{ мм};$$

$$Ввр_{13} = 242,062 \text{ мм};$$

Радіус закруглень:

$$r = (0,1 \div 0,15) \cdot H_k$$

$$r' = (0,8 \div 1,0) \cdot r$$

$$r_1 = 0,1 \cdot 250 = 25 \text{ мм};$$

$$r'_1 = 0,8 \cdot 25 = 41,6 \text{ мм};$$

$$r_2 = 45 \text{ мм}; \quad r'_2 = 36 \text{ мм};$$

$$r_3 = 52 \text{ мм}; \quad r'_3 = 41,6 \text{ мм};$$

$$r_4 = 45 \text{ мм}; \quad r'_4 = 36 \text{ мм};$$

$$r_5 = 38 \text{ мм}; \quad r'_5 = 30,4 \text{ мм}.$$

$$r_6 = 32 \text{ мм}; \quad r'_6 = 25,6 \text{ мм};$$

$$r_7 = 40 \text{ мм}; \quad r'_7 = 32 \text{ мм};$$

$$r_8 = 32 \text{ мм}; \quad r'_8 = 25,6 \text{ мм};$$

$$r_9 = 28 \text{ мм}; \quad r'_9 = 22,4 \text{ мм};$$

$$r_{10} = 22 \text{ мм}; \quad r'_{10} = 17,6 \text{ мм}.$$

$$r_{11} = 25 \text{ мм}; \quad r'_{11} = 20 \text{ мм};$$

$$r_{12} = 17 \text{ мм}; \quad r'_{12} = 13,6 \text{ мм};$$

$$r_{13} = 18 \text{ мм}; \quad r'_{13} = 14,4 \text{ мм};$$

2.6 Розрахунок енергосилових, кінематичних і температурних параметрів прокатки

Розраховуємо енергосилові параметри гарячого прокатування зливка

590x590 на блюмінгу 1050. Визначаємо катаючий діаметр валків в калібрах при мінімальному діаметрі валків після бurtів після переточування [15].

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

де: D - діаметр нових валків;

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

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

$$D_1 = 0,9 \cdot 1050 - 255,25 = 689,75 \text{ мм};$$

$$D_2 = 724,75 \text{ мм};$$

$$D_3 = 689,75 \text{ мм};$$

$$D_4 = 724,75 \text{ мм};$$

$$D_5 = 759,75 \text{ мм};$$

$$D_6 = 789,75 \text{ мм};$$

$$D_7 = 749,75 \text{ мм};$$

$$D_8 = 789,75 \text{ мм};$$

$$D_9 = 809,75 \text{ мм};$$

$$D_{10} = 839,75 \text{ мм};$$

$$D_{11} = 824,75 \text{ мм};$$

$$D_{12} = 864,75 \text{ мм};$$

$$D_{13} = 859,75 \text{ мм};$$

Визначаємо швидкість прокатування з виразу:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 60 \quad (2.13)$$

де n — кількість оборотів валків в хвилину.

Визначаємо швидкість деформації металу:

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

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

V - швидкість прокатування, mm/c ;

Δh - величина обтискання, mm ;

l_d - довжина дуги контакту, mm ;

h - початкова висота прокату.

Довжину дуги контакту знаходимо по формулі:

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

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

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

де $\sigma_{0\delta}$ - базове значення опору металу деформації;

$\beta = 1,15$ - коефіцієнт Лоде;

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

Середній тиск розраховуємо по формулі :

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

Знаходимо силу прокатування:

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

Визначаємо коефіцієнт положення рівнодіючої сил.

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

Розраховуємо момент прокатування, що крутить, для двох валків і

сумарний статистичний момент на валу двигуна.

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

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

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

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

Розрахунок температурних параметрів прокатування проведемо по залежності:

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

де: T_{i+1} – температура розкату перед проходом $^\circ\text{C}$;

ΔT_i – падіння температури перед кожним проходом $^\circ\text{C}$;

Падіння температури перед кожним наступним пропуском визначимо по виразу:

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

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

h_0 – товщина розкату після попереднього пропуску, мм;

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

де: t_m - машинний час прокатування, с;

t_p - час пауз при прокатці;

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

Машинний час прокатування визначаємо з виразу:

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

де: L – довжина розкату після проходу, м;

D – що катає діаметр, м;

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

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

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

Прискорення $a = 40$ об/хв., замідлення валків $b = 60$ об/хв.

Підставляємо набуті значення у вирази 2.13 – 2.27:

Отже, швидкість прокатування дорівнює:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 60$$

$$V_1 = \pi \cdot 0,675 \cdot 25 / 60 = 0,9 \text{ м/с};$$

$$V_2 = 1,3 \text{ м/с};$$

$$V_3 = 1,3 \text{ м/с};$$

$$V_4 = 1,3 \text{ м/с};$$

$$V_5 = 1,4 \text{ м/с};$$

$$V_6 = 1,4 \text{ м/с};$$

$$V_7 = 1,4 \text{ м/с};$$

$$V_8 = 1,4 \text{ м/с};$$

$$V_9 = 1,5 \text{ м/с};$$

$$V_{10} = 1,1 \text{ м/с};$$

$$V_{11} = 1,1 \text{ м/с};$$

$$V_{12} = 1,1 \text{ м/с};$$

$$V_{13} = 1,1 \text{ м/с};$$

Отже, довжина дуги контакту дорівнює:

$$l_d = \sqrt{R \cdot \Delta h}, \text{ мм}$$

$$l_{d1} = \sqrt{689 \cdot 70} = 155,4 \text{ мм};$$

$$l_{d2} = 159,3 \text{ мм};$$

$$l_{d3} = 155,4 \text{ мм};$$

$$l_{d4} = 159,3 \text{ мм};$$

$$l_{d5} = 163,1 \text{ мм};$$

$$l_{d6} = 160,2 \text{ мм};$$

$$l_{d7} = 178,5 \text{ мм};$$

$$l_{d8} = 177,7 \text{ мм};$$

$$l_{d9} = 162,2 \text{ мм};$$

$$l_{d10} = 165,2 \text{ мм};$$

$$l_{d11} = 192,6 \text{ мм};$$

$$l_{d12} = 186 \text{ мм};$$

$$l_{d13} = 65,6 \text{ мм};$$

Отже, швидкість деформації металу дорівнює

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

$$U_1 = 900 \cdot 70 / 155,4 \cdot 520 = 0,78 \text{ с}^{-1};$$

$$U_2 = 1,3 \text{ с}^{-1};$$

$$U_3 = 1,09 \text{ с}^{-1};$$

$$U_4 = 1,3 \text{ с}^{-1};$$

$$U_5 = 1,57 \text{ с}^{-1};$$

$$U_6 = 1,83 \text{ с}^{-1};$$

$$U_7 = 1,63 \text{ с}^{-1};$$

$$U_8 = 2,03 \text{ с}^{-1};$$

$$U_9 = 2,12 \text{ с}^{-1};$$

$$U_{10} = 1,96 \text{ с}^{-1};$$

$$U_{11} = 2,02 \text{ с}^{-1};$$

$$U_{12} = 2,86 \text{ с}^{-1};$$

$$U_{13} = 0,95 \text{ с}^{-1}$$

З таблиці знайдемо поправочні коефіцієнти.

Коефіцієнти, які враховують температуру:

$$k_{t1,2} = 0,53; k_{t3,4} = 0,545; k_{t5,6} = 0,56; k_{t7,8} = 0,575; k_{t9,10} = 0,59;$$

$$k_{t11,12} = 0,605; k_{t13} = 0,62.$$

Коефіцієнти, які враховують швидкість деформації:

$$k_{u1,2} = 0,65; k_{u3,4} = 0,67; k_{u5,6} = 0,72; k_{u7,8} = 0,72; k_{u9,10} = 0,725; k_{u11,12} = 0,723; k_{u13} = 0,735.$$

Коефіцієнти, які враховують ступінь обтискання:

$$k_{\varepsilon1,2} = 1,04; k_{\varepsilon3,4} = 1,09; k_{\varepsilon5,6} = 1,08; k_{\varepsilon7,8} = 1,14; k_{\varepsilon9,10} = 1,19; k_{\varepsilon11,12} = 1,25;$$

$$k_{\varepsilon13} = 1,25.$$

Отже, межа текучості металу при $\sigma_{0\delta} = 105$ Н/мм для сталі 03Х22Н5АМ3 дорівнює :

$$\sigma\tau = \sigma_{0\delta} \cdot \beta \cdot k_t \cdot k_u \cdot k_\varepsilon, \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma\tau_{1,2} = 105 \cdot 1,04 \cdot 0,65 \cdot 0,53 \cdot 1,04 = 43,3 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma\tau_{3,4} = 48,1 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma\tau_{5,6} = 52,6 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma\tau_{7,8} = 57 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma\tau_{9,10} = 61,5 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma\tau_{11,12} = 66 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma\tau_{13} = 68,8 \text{ Н/мм}^2;$$

Середній тиск:

$$p_{cp} = \sigma\tau \cdot (1 + 0,2 \cdot ld / h_{cp}) \cdot [1 + (1,1 - ld / h_{cp})], \text{ Н/мм}^2$$

$$p_{cp1} = 43,3 \cdot (1 + 0,2 \cdot 155,4/555) \cdot [1 + (1,1 - 155,4/555)] = 83,15 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp2} = 81,68 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp3} = 92,37 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp4} = 90,74 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp5} = 96,81 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp6} = 94,26 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp7} = 104,39 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp8} = 100,58 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp9} = 107,46 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp10} = 100,15 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp11} = 108,01 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp12} = 94,38 \text{ Н/мм};$$

$$p_{cp13} = 131 \text{ Н/мм}.$$

Визначаємо силу прокатування:

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B_{cp}, \text{ МН}$$

$$P_1 = 83,15 \cdot 0,155 \cdot 0,59 = 7,62 \text{ МН};$$

$$P_2 = 7,68 \text{ МН};$$

$$P_3 = 6,46 \text{ МН};$$

$$P_4 = 6,65 \text{ МН};$$

$$P_5 = 7,42 \text{ МН};$$

$$P_6 = 11,78 \text{ МН}; \quad ;$$

$$P_7 = 6,15 \text{ МН};$$

$$P_8 = 6,26 \text{ МН};$$

$$P_9 = 5,75 \text{ МН};$$

$$P_{10} = 5,63 \text{ МН};$$

$$P_{11} = 4,79 \text{ МН};$$

$$P_{12} = 4,39 \text{ МН};$$

$$P_{13} = 1,55 \text{ МН};$$

Визначимо коефіцієнт положення рівнодіючих сил:

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

$$\psi_1 = 0,79 - 0,89 \cdot 155,4/555 + 0,44 \cdot (155,4/555) = 0,66;$$

$$\psi_2 = 0,64;$$

$$\psi_3 = 0,66;$$

$$\psi_4 = 0,64;$$

$$\psi_5 = 0,61;$$

$$\psi_6 = 0,58;$$

$$\psi_7 = 0,61;$$

$$\psi_8 = 0,57;$$

$$\psi_9 = 0,56;$$

$$\psi_{10} = 0,49;$$

$$\psi_{11} = 0,5;$$

$$\psi_{12} = 0,39;$$

$$\psi_{13} = 0,65.$$

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

$$2M = 2\psi \cdot l_d \cdot P, \text{ мН} \cdot \text{м}$$

$$M_{дв} = M'_{тp1} + M'_{тp2} + 2M, \text{ мН} \cdot \text{м}$$

$$M'_{тp1} = P \cdot f_{ш} \cdot d_{ш}, \text{ мН} \cdot \text{м}$$

$$M'_{тp2} = (1/\eta_e) (2M + M'_{тp1}), \text{ мН} \cdot \text{м}$$

$$2M_1 = 2 \cdot 0,66 \cdot 0,155 \cdot 7,62 = 1,57 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{тp1} = 7,62 \cdot 0,02 \cdot 0,68 = 0,1 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{тp1} = (1/0,95 - 1) \cdot (0,1 + 1,57) = 0,09 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$M_{дв1} = 1,57 + 0,1 + 0,09 = 1,76 \text{ мН} \cdot \text{м};$$

$$2M_2 = 1,57 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}2} = 0,1 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}2} = 0,09 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}2} = 1,76 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_3 = 1,33 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}3} = 0,09 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}3} = 0,07 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}3} = 1,5 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_4 = 1,36 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}4} = 0,09 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}4} = 0,08 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}4} = 1,53 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_5 = 1,48 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}5} = 0,1 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}5} = 0,08 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}5} = 1,67 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_6 = 2,2 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}6} = 0,16 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}6} = 0,12 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}6} = 2,49 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_7 = 1,33 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}7} = 0,08 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}7} = 0,07 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}7} = 1,49 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_8 = 1,26 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}8} = 0,09 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}8} = 0,07 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}8} = 1,42 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_9 = 1,04 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}9} = 0,08 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}9} = 0,06 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}9} = 1,18 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_{10} = 0,92 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}10} = 0,08 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}10} = 0,05 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}10} = 1,04 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_{11} = 0,91 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}11} = 0,07 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}11} = 0,05 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}11} = 1,03 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_{12} = 0,64 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}12} = 0,06 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}12} = 0,04 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}12} = 0,74 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$2M_{13} = 0,13 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{тр}13} = 0,02 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M'_{\text{тр}13} = 0,01 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дв}13} = 0,16 \text{ мН}\cdot\text{м};$$

Визначаємо машинний час прокатування по проходах:

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

$$t_{m1} = 19,1/50 \cdot 1,45 / 0,689 + (40 + 60/2 \cdot 40 \cdot 60) \cdot (50 - 20)^2/50 = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m2} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m3} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m4} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m5} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m6} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m7} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m8} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m9} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m10} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m11} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m12} = 1,3 \text{ с};$$

$$t_{m13} = 1,3 \text{ с};$$

Визначаємо час попереднього проходу:

$$\tau = t_m + t_n$$

$$\tau_1 = 1,3 + 2 = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_2 = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_3 = 5,3 \text{ с};$$

$$\tau_4 = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_5 = 5,3 \text{ с};$$

$$\tau_6 = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_7 = 5,3 \text{ с};$$

$$\tau_8 = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_9 = 5,3 \text{ с};$$

$$\tau_{10} = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_{11} = 5,3 \text{ с};$$

$$\tau_{12} = 3,3 \text{ с};$$

$$\tau_{13} = 5,3 \text{ с};$$

Визначимо падіння температури перед кожним наступним

пропуском і температуру перед наступним проходом:

$$\Delta T_i = 0,0021 \cdot (T_{i+1} + 273/100)^4 \cdot \tau/h0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$\Delta T_1 = 0,0021 \cdot (1200 + 273/100)^4 \cdot 3,3/520 = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_1 = 1200 - 0,3 = 1199,7 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_2 = 0,3^\circ\text{C};$$

$$T_2 = 1199,7 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_3 = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_3 = 1199,4 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_4 = 0,3^\circ\text{C};$$

$$T_4 = 1198,95 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_5 = 0,6^\circ\text{C};$$

$$T_5 = 1198,63 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_6 = 0,5^\circ\text{C};$$

$$T_6 = 1198,02^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_7 = 0,6^\circ\text{C};$$

$$T_7 = 1197,57 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_8 = 0,4^\circ\text{C};$$

$$T_8 = 1197^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_9 = 0,8^\circ\text{C};$$

$$T_9 = 1196,55 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{10} = 0,6^\circ\text{C};$$

$$T_{10} = 1195,73 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{11} = 0,9^\circ\text{C};$$

$$T_{11} = 1195,08^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{12} = 0,8^\circ\text{C};$$

$$T_{12} = 1194,16 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_{13} = 1,3^\circ\text{C};$$

$$T_{13} = 1193,32 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Одержані енергосилові параметри прокатування зливка перетином

590·590 мм заносимо в таблицю 2.6 та будуємо графічні залежності (рис.2.3-2.6)

Розрахунок потужності приводного двигуна кліті

Статична потужність двигуна визначається по залежності:

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

підставляємо значення у вираз 2.28 і одержимо:

$$N_{\text{дв1}} = 960 \cdot 3,44 \cdot 0,9 / 0,344 \cdot 0,95 = 8,21 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв2}} = 11,48 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв3}} = 9,74 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв4}} = 9,94 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв5}} = 10,86 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв6}} = 16,21 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв7}} = 9,71 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв8}} = 9,24 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв9}} = 7,68 = 6474 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв10}} = 4,85 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв11}} = 4,8 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв12}} = 3,42 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв13}} = 0,75 \text{ кВт}.$$

Таблиця № 2.6 – Результати розрахунку енергосилових параметрів прокату
зливка перетином 590x590

№ проходу	$\Delta h, \text{мм}$	$\varepsilon, \%$	$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	T_i, C°	$P_{\text{ср}}, \text{Н/мм}^2$	$P, \text{МН}$	$M_i, \text{КН}^* \text{М}$	$N_i, \text{кВт}$
1	70	0,12	43,26	1199,72	83,15	7,62	1,57	821,20
2	70	0,13	43,26	1199,40	81,68	7,68	1,57	1148,33
3	70	0,12	48,06	1198,95	92,37	6,46	1,33	974,12
4	70	0,13	48,06	1198,63	90,74	6,65	1,36	994,60
5	70	0,16	52,58	1198,02	96,81	7,42	1,48	1086,79
6	65	0,17	52,58	1197,57	94,26	11,78	2,20	1621,40
7	85	0,18	56,99	1197,00	104,39	6,15	1,33	971,88
8	80	0,20	56,99	1196,55	100,58	6,26	1,26	924,44
9	65	0,19	61,46	1195,73	107,46	5,75	1,04	768,18
10	65	0,23	61,46	1195,08	100,15	5,63	0,92	485,99
11	90	0,26	66,02	1194,16	108,01	4,79	0,91	480,01
12	80	0,32	66,02	1193,32	94,38	4,39	0,64	342,22
13	10	0,04	68,78	1192,06	131,00	1,55	0,13	75,12

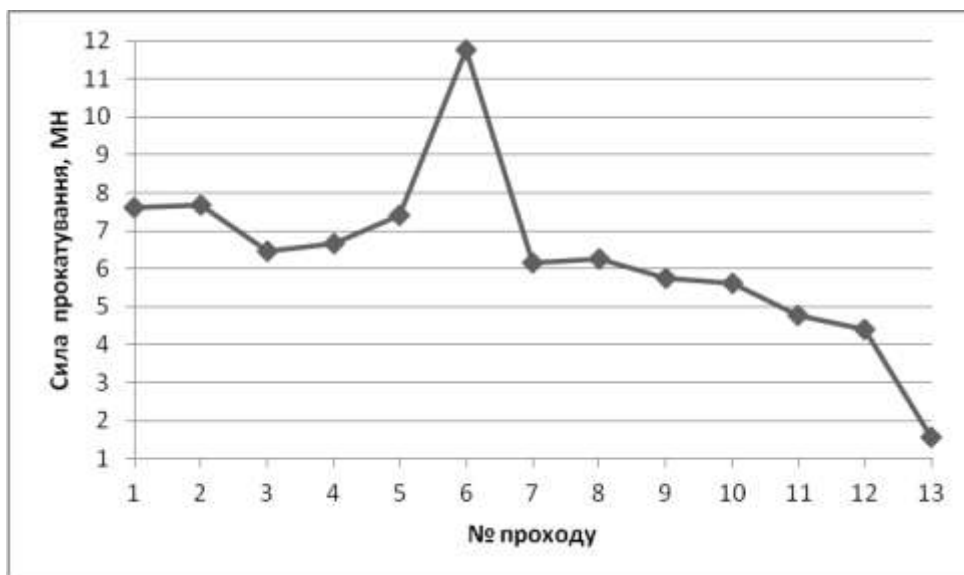


Рис 2.3- Графік залежності сили прокатування від № проходу

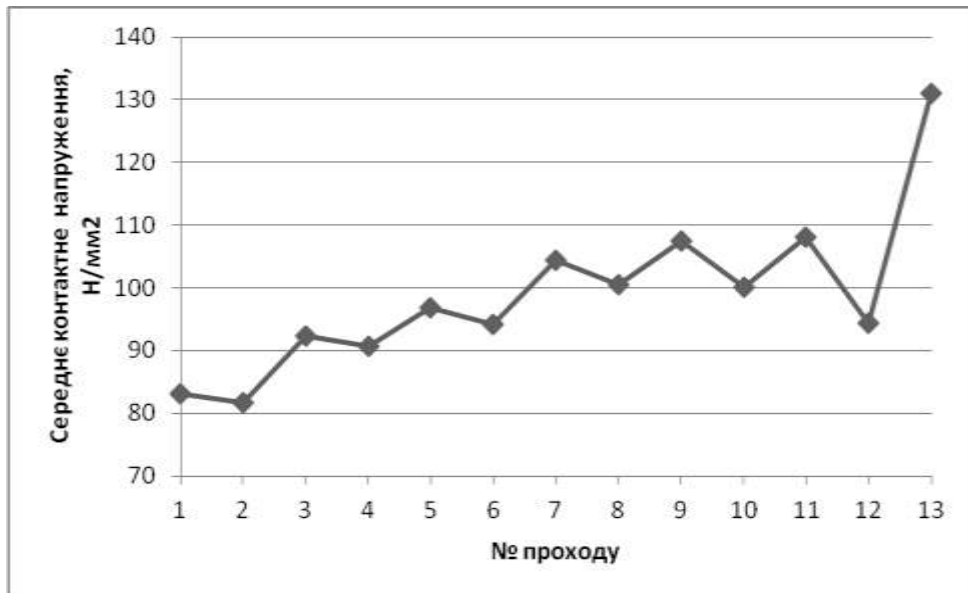


Рис.2.4- Графік залежності середнього контактної напруження від № проходу

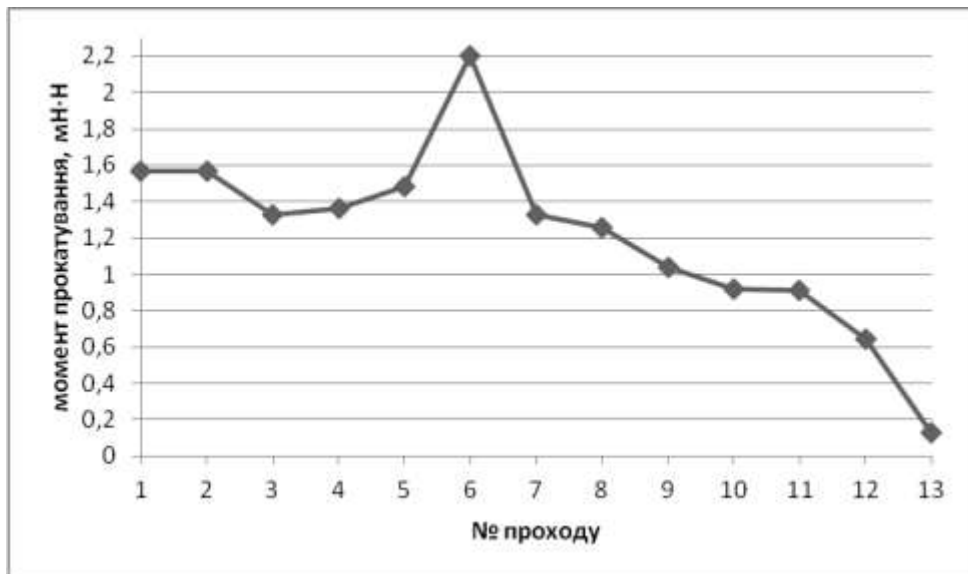


Рис.2.5- Графік залежності моменту прокатування від № проходу

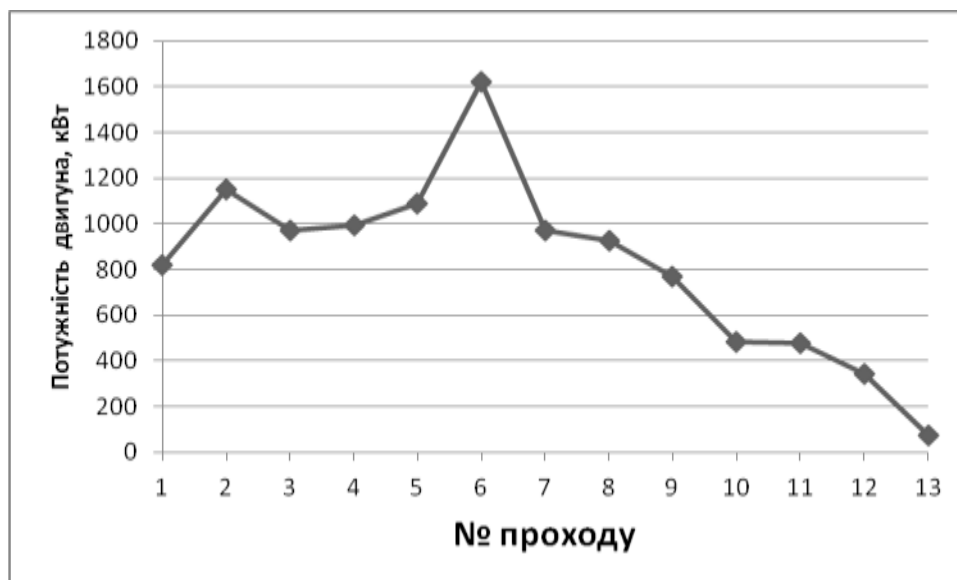


Рис.2.6- Графік залежності потужності двигуна від № проходу

3. КОНТРОЛЬ СУЦІЛЬНОСТІ ЗАГОТОВКИ ТА ПРОФІЛІВ НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ.

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

Використовується для пошуку дефектів матеріалу (пори, волосовими, різні включення, неоднорідна структура та інші) та контролю якості проведення робіт – зварка, зпайка, зклејка та інші. Ультразвуковий контроль являється обов'язковою процедурою при виготовленні та експлуатації багатьох відповідальних виробів, таких як частини авіаційних двигунів, трубопроводи атомних реакторів або залізничні рейки.

Сутність ехо – імпульсного методу УЗК. Ультразвукова дефектоскопія це комплекс методів контролю, що використовують пружні коливання ультразвукового діапазону. Вона заснована на властивості пружних хвиль поширюватися в однорідному твердому тілі і на його плоских або кривих поверхнях у вигляді променів прямолінійно і відбиватися від границь тіла або порушень суцільності, а також на властивості пружних хвиль розсіюватися і поглинатися структурними складовими контрольованих об'єктів.

Ехо-метод є найбільш поширеним методом ультразвукової дефектоскопії, застосовуваним для контролю металів і металовиробів, у тому числі великогабаритних та складної форми. Контроль проводять різними хвилями, при односторонньому доступі до об'єкту, контактним або імерсійним способами. Ехо-метод заснований на посиленні у контрольований виріб коротких імпульсів УЗК і реєстрації інтенсивності і

часу приходу сигналів, відбитих від дефектів або границь виробів. Ультразвук вводять у виріб 1, як правило, з одного боку поєднаним перетворювачем 2 (Рис. 3.1). Випромінені (пошукові) імпульси УЗК називають зондируючими. Їх посиляють в контролюючий виріб один за іншим через певні проміжки часу — паузи або інтервали. Періодом імпульсів T називають час, що минув від початку дії одного імпульсу до початку дії наступного.

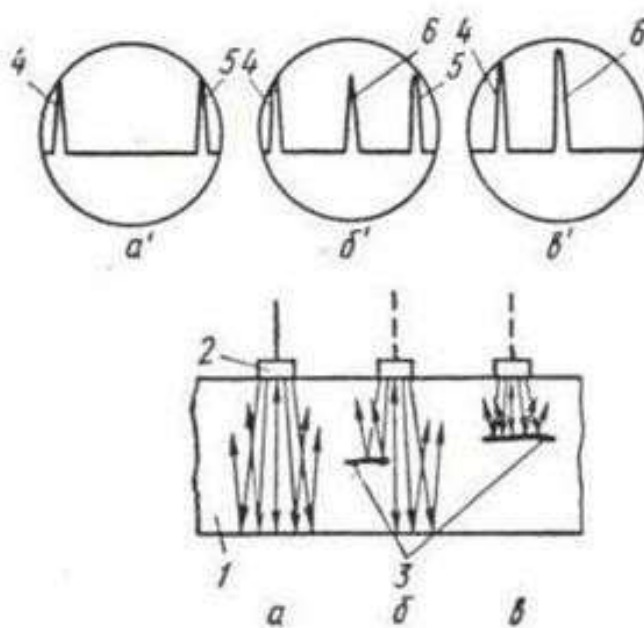


Рис. 3.1 Схема прозвучування виробів ехо-методом поздовжніми УЗ коливаннями. - а - в - положення перетворювача при контролі виробу; а' - в' - відповідні їм осцилограми; 1 - контрольований виріб; 2 - перетворювач; 3 - дефект; 4 - початковий(пошуковий, зондуючий) сигнал; 5 - донний імпульс; 6 - сигнал від дефекту.

Зондуючий імпульс УЗК, пройшовши через метал, відбивається від протилежної поверхні виробу та повертаючись, частково потрапляє на перетворювач (Рис. 3.1 , а). На екрані ЕПТ (електроно – проміневої трубки) виникає донний (кінцевий) сигнал 5. При наявності дефекту 3 імпульс УЗК відіб'ється від нього раніше, ніж від протилежного поверхні деталі (Рис.3.1 ,б). Між початковим 4 донним (кінцевим) 5 сигналами виникає проміжний сигнал 6. Якщо дефект повністю перекриває шлях ультразвукового пучка,

то на екрані ЕПТ спостерігається тільки початковий сигнал і сигнал від дефекту (рис. 3.1 ,в).

Так як час проходження УЗК прямо пропорційно пройденого шляху, а швидкість їх для даного матеріалу є величина постійна, то горизонтальна лінія на екрані ЕПТ являє собою глибину залягання дефекту у певному масштабі.

Ультразвукові хвилі вводять в контрольований виріб і приймають відбиті сигнали кількома способами: безконтактним, контактним сухим (без проміжної рідини), контактним через тонкий шар рідини, струменевим, имерсійним, повністю занурюють у ванну з водою.

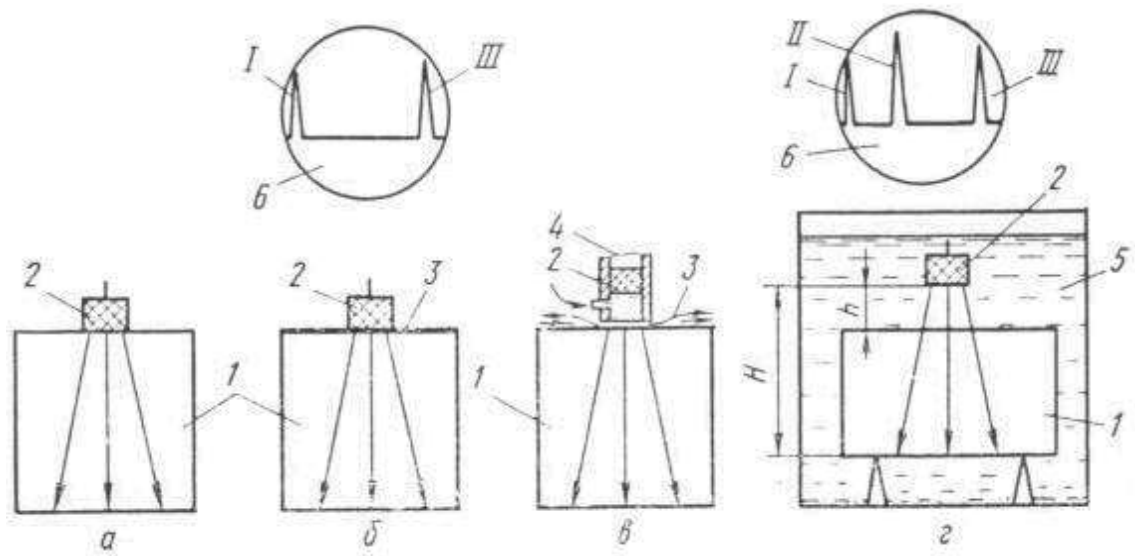


Рис. 3.2 Схема введення УЗ коливань у виріб. – а – контактний сухий; б – контактний через тонкий шар рідини; в – струменевий; 5 – имерсійний; 1 – контрольований виріб; 2 – перетворювач; 3 – контактний середовище; 4 – насадка для створення струменя води; 5 – ванна з водою; 6 екран дефектоскопа; I – початковий сигнал; II – сигнал від верхньої поверхні дефекту; III – донний сигнал.

При контактному способі перетворювач притискають до поверхні виробу. Збуджені УЗ коливання від п'єзоелемента поширюються в металі у вигляді спрямованого пучка променів. Якщо контроль ведуть в звуковому діапазоні, то перетворювач і виріб зазвичай контактують без змазки (сухий контакт, рис. 3.2,а). Коли контроль здійснюють в ультразвуковому

діапазоні, для ліквідації можливого повітряного зазору між перетворювачем і виробом застосовують проміжну середу — тонкий шар рідини. Такий зазор може бути навіть при дуже гладкій поверхні (через мікронерівності та шорсткості), завдяки чому УЗ коливання не повністю проходять через кордон перетворювач — виріб, і чутливість контролю різко падає. В якості контактної середовища, рис. 3.2,б, застосовують різні мінеральні масла, гліцерин, воду та інші рідини.

При струмінєвому способі (Рис. 3.2,в) між перетворювачем і виробом створюють зазор, в який безперервно подають контактну рідину. У цьому випадку мінімальна товщина шару рідини задається обмежувачем, який створює між перетворювачем і виробом певний зазор. Цей спосіб акустичного зв'язку використовують, якщо поверхня контрольованого виробу розташована вертикально або має змінну кривизну.

При имерсійному способі (Рис. 3.2, г) акустичний зв'язок між перетворювачем і виробом створюється через значний шар рідини.

Методика ультразвукового контролю. Вибір методики є важливим завданням, від правильного вирішення якого залежить надійність ультразвукового контролю. Приступаючи до розробки методики, необхідно вивчити характеристики контрольованого виробу, матеріалу, з якого воно виготовлене, і дефектів, які підлягають виявленню. До характеристик контрольованого виробу відносять форму і розміри, технологію виготовлення, стан поверхні, наявність припусків на обробку, умови навантаження в експлуатації. До характеристик матеріалу-ступінь деформації, макроструктуру, термічну обробку, щільність, ступінь пружної анізотропії та акустичні характеристики (швидкість поширення УЗ коливань, питомий акустичний опір, коефіцієнти розсіювання та згасання УЗ коливань, рівень структурної реверберації). До характеристик дефекту — тип, розміри, місце і глибину залягання, орієнтування щодо поверхонь виробу і розтягуючих напружень, що діють на нього в експлуатації.

Вибір частоти УЗК. Правильний вибір частоти забезпечує необхідну чутливість ультразвукового контролю. Чим вище частота, тим менше довжина УЗ коливань в контрольованому виробі і тим краще умови відображення їх від дефектів. Підвищення частоти прозвучування збільшує спрямованість випромінювання і прийому. При цьому зростає відношення відбитої від дефекту енергії до загальної енергії, що вводиться у виріб, що також сприяє підвищенню чутливості контролю. Однак зі збільшенням частоти підвищується коефіцієнт згасання УЗ коливань в металі, погіршуються умови їх проходження через поверхню введення, збільшується інтенсивність відбитих від границь зерен і неоднорідності металу, що не є дефектами. Частота коливань при контролі визначається в основному коефіцієнтом згасання, рівнем структурної реверберації металу і габаритами контрольованого виробу. Знаючи ці характеристики, можна оцінити і вибрати оптимальну частоту, яка забезпечить найбільшу чутливість контролю при мінімальних втратах енергії на розсіювання і поглинання її зернами металу. Слід зазначити, що коефіцієнт згасання може значно відрізнятися не тільки для різних сплавів однієї групи, але навіть для одного сплаву в різних станах механічної і термічної обробки і в різних перетинах одного виробу. Тому коефіцієнт згасання визначають безпосередньо на контрольованому виробі в даному перерізі.

Вибір виду УЗ коливань. Вибір виду УЗК диктується габаритами і формою контрольованого виробу, а також характером і місцем розташування дефектів. Застосовуючи поздовжні, зсувні, поверхневі і нормальні хвилі, необхідно мати на увазі, що у виробі як простої, так і складної форми неможливо створити спрямований пучок певного виду хвиль. У виробі завжди виникають, крім збуджених хвиль, «побічні» хвилі, що поширюються в тому чи іншому напрямку внаслідок відображення і розщеплення УЗ коливань на поверхні введення і границях виробу. Тому під терміном «контроль поздовжніми, зсувними та іншими хвилями», розуміється як контроль виробу комбінацією хвиль, що поширюються в

напрямку дефекту, в якій переважають поздовжні, зсувні або інші види хвиль. В даний час ультразвуковий контроль заготовок і готових виробів заснований на передумові, що перетворювач створює у виробі «вузький» і «спрямований» пучок променів, що розповсюджується з «невеликим» кутом розбіжності. При цьому вважають, що вся випромінювана енергія концентрується вздовж центрального променя.

Напрямок прозвучування. Після вибору виду УЗ коливань необхідно намітити напрямки прозвучування тіла або його поверхні, ділянки вводу УЗ коливань і схему сканування, тобто місця установки і переміщення перетворювача.

Напрямок прозвучування має бути обрано так, щоб забезпечувалися оптимальні умови відбиття хвиль від поверхні дефекту. Лише в найпростішому випадку у виробках, обмежених плоскими і паралельними поверхнями, дефекти орієнтовані паралельно цим поверхням. При хорошому доступі до виробу для виявлення таких дефектів можна застосувати поздовжні хвилі, вводячи їх в об'єкт через якусь поверхню прямим перетворювачем. Однак на практиці вироби мають більш складну форму, в ряді випадків обмежені кривими поверхнями, а дефекти в них розташовані під кутом до поверхні. Крім того, окремі елементи машин, конструкцій, споруд і т. п. необхідно контролювати в умовах експлуатації, де доступ до об'єктів контролю обмежений.

Мертві зони і способи їх скорочення. Важливою характеристикою чутливості ультразвукового контролю є розмір мертвої зони. Наявність мертвої зони - основний недолік ехо – методу, який в деяких випадках обмежує його застосування, знижує надійність і ефективність контролю. Використання поздовжніх хвиль пов'язане з наявністю тимчасової мертвої зони, що представляє собою неконтрольований поверхневий шар, в якому сигнал від дефекту (штучного відбивача) не відділяється від початкового, рис. 3.3.

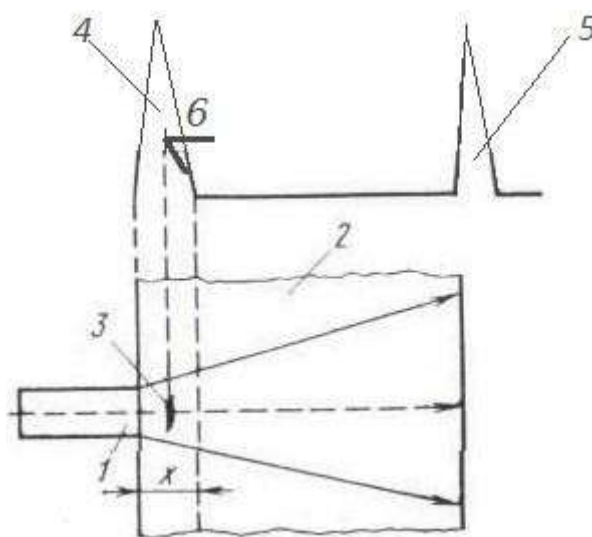


Рисунок 3.3 Мертва зона при контролі поздовжніми хвилями. 1 – суміщений перетворювач; 2 – виріб; 3 – дефект; 4 – початковий сигнал; 5 – кінцевий сигнал; 6 - сигнал від дефекту; x – мертва зона.

Під вирішальною здатністю методу розуміється здатність роздільно приймати і відтворювати сигнали від двох і більше відображувачів, розташованих поблизу один від одного в напрямку поширення УЗ коливань. При малій вирішальній здатності неможливо спостерігати окремо дефекти, які знаходяться близько один за іншим або поблизу поверхонь виробу, що призводить до появи мертвих зон.

Для підвищення ефективності ультразвукового контролю застосовують комплексне прозвучування виробів з допомогою прямих і роздільно-суміщених перетворювачів, які дозволяють виявляти дефекти, розташовані поблизу поверхні виробу на глибині від 2,0 до 30 мм. Експериментами встановлено, що величина мертвої зони в основному залежить від характеристик матеріалу, форми і розмірів виробу, а також розмірів і конструкції перетворювача і кута нахилу. Така велика величина мертвої зони знижує ефективність контролю. Однак позбутися від неї повністю неможливо. Для виявлення дефектів в мертвої зоні застосовують подвійне прозвучування виробів у напрямку зліва направо.

Мертву зону можна зменшити, змінивши конструкцію і розміри

перетворювача, збільшивши частоту прозвучування, вибравши правильно крок і напрямок сканування, прозвучувати виріб з декількох зон.

Переваги та недоліки. Переваги: Ультразвуковий контроль не розрушує та не пошкоджує матеріал, що являється його головною перевагою. Можливо проводити контроль виробів із різних матеріалів, як металів, так і неметалів. Крім того можливо виділити високу швидкість дослідження при низькій вартості та небезпеки для людини (у зрівнянні з рентгенівською дефектоскопією) та високу мобільність ультразвукового дефектоскопу.

Недоліки: Використання п'єзоелектричних перетворювачів вимагає підготовки поверхні для вводу ультразвуку в метал, зокрема створення шорсткості поверхні не нижче класу 5, у випадку зі зварними з'єднаннями ще й направлення шорсткості (перпендикулярно шву). Через великий акустичний опір повітря, найменший повітряний зазор може стати неподоланною перешкодою для ультразвукових коливань. Для усунування повітряного зазору, на підконтрольну ділянку виробу попередньо наносять контактні рідини, такі як вода, мастило, клейстер. При контролі вертикальних або сильно нахилених поверхонь необхідно застосовувати густі контактні рідини з ціллю попередження їх швидкого стікання.

Для контролю виробів з зовнішнім діаметром менше 200 мм, необхідно використовувати перетворювачі, з радіусом кривизни R , рівним $0,9 - 1,1 R$ радіуса підконтрольного об'єкту, так названі притерті перетворювачі, які в такому вигляді непридатні для контролю виробів з плоскими поверхнями. Наприклад, для контролю циліндричної поковки, необхідно виконувати переміщення перетворювача в двох взаємно перпендикулярних напрямках, що передбачає під собою використання двох притертих перетворювачів – по одному для кожного з напрямлень.

Як правило ультразвукова дефектоскопія не може дати відповідь на питання про реальні розміри дефекту, лише про його здатності віддзеркалення в направленні приймача. Ці величини коректують, але не

для всіх типів дефектів. Крім того, деякі дефекти практично неможливо виявити ультразвуковим методом в силу їх характеру, форми або знаходження в об'єкті контролю.

Практично неможливо здійснювати достовірний ультразвуковий контроль металів з крупнозернистою структурою, таких як чавун або аустенітний зварний шов (товщиною вище 60 мм) через велике розсіювання та сильне затухання ультразвуку. Крім того, проблематичний контроль малих деталей або деталей зі складною формою. Також складний ультразвуковий контроль зварних з'єднань із різнорідних сталей (наприклад, аустенітних сталей з перлітними сталями) через крайню неоднорідність металу зварного шву та основного металу.

Сутність ехо – імпульсного методу УЗК, який використовується на ПАТ «Дніпроспецсталь» (ультра звукового методу контролю).

Ультразвукова дефектоскопія заснована на використанні пружних коливань, головним чином ультразвукового діапазону частот. Порушення цілісності або однорідності середи впливають на поширення пружних хвиль у виробі або на режим коливань виробу. Основний, найбільш універсальний метод, який використовується на підприємстві – ехометод. Чуттєвість ехометоду досить висока: в оптимальних умовах контролю на частоті 2 – 4 Мгц можна виявити дефекти, віддзеркалена поверхня яких має площу біля 1 мм².

Сутність методу така: у суміщеному або роздільному режимі роботи обладнання імпульс УЗХ (ультра звукових хвиль) посиляється в об'єкт контролю (металопродукцію). Якщо на його шляху зустрічається дефект, то імпульс частково відображається від нього та повертається у перетворювач, утворюючи сигнал на прийомі (ехо – сигнал).

На підприємстві є ручні УЗ дефектоскопи: УСК–7С, УСК–8Б, УСМ–3С, УСН–52Р – всі виготовлені фірмою Крауткрамер – Германія; УД2–12 НПО «Волна» - Молдова, Кишенів; УД2–70, УД4–76 – Помприбор, Київ, Україна.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Прокатний цех оснащений різноманітним механічним і електричним підйомно-транспортним устаткуванням, обслуговування якого вимагає чіткого дотримання правил техніки безпеки й норм виробничої санітарії. Прокатне виробництво відрізняється від інших металургійних виробництв високою швидкістю технологічних операцій, інтенсивністю вантажопотоків і розмаїтістю метеорологічних умов на різних ділянках.

Одним з основних ділянок цеху є стан гарячої прокатки, на якому проводять гарячу обробку металу тиском. Стан гарячої прокатки має ділянки: пічна, чорнова і чистова група клітей, хвостова частина.

Технологічний процес на стані 1050 механізований і автоматизований, операції з металом здійснюються без особистої участі обслуговуючого персоналу[16].

На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці:

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

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

основних і допоміжних технологічних операцій супроводжуються виділенням значних кількостей пилу. Вміст різних елементів у пилу пропорційно хімічному вмісту сталі. Найбільш високий вміст пилу спостерігається в становому прольоті й на складі готової продукції.

При прокаті зливків на стані виділяється пил, що містить окисли заліза. У зв'язку із цим проводиться пиловловлення. Для цих цілей установлені скрубери. Основними джерелами виділення шкідливих газів служать нагрівальні пристрої, прокатні стани й інше технологічне устаткування.

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

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

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

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

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

Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є механізація виробничих процесів з аспірацією пилу з місць її утворення, а також зрошування водою при різних робочих операціях, пов'язаних з пилоутворенням. Також необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратор ШБ-2 «лепесток», який усуває дію пилу на організм працюючих [17].

Одному з основних заходів по попередженню можливого отруєння оксидом вуглецю (II), сірчистим ангідридом, оксидом марганцю і іншими газами є своєчасне виявлення місць їх виділення або скупчення. Ці місця є газонебезпечними. Перелік таких місць і ділянок складається заздалегідь і затверджується головним інженером заводу. Працівники санітарно-технічних лабораторій і газорятувальні служби щодоби по встановленому графіку контролюють склад повітряного середовища в усіх газонебезпечних місцях. При виявленні виділень або скупчень газу негайно приймають заходи по припиненню допуску в газонебезпечні зони людей і локалізації джерела виділення газу [17].

Основними заходами щодо боротьби з пилом у прокатному виробництві є:

- впровадження раціональних технологічних процесів і вдосконалення устаткування;
- застосування ефективної герметизації всіх пиловиділяючих джерел, зволоження пилу водою або парою;
- пристрій спеціальної пиловловлювальної вентиляції від місць пилоутворення з очищенням повітря перед викидом його в атмосферу через систему фільтрів, регулярне збирання пилу з робочих

місць спеціальними пирососами, застосування індивідуальних засобів захисту (респіраторів, окулярів, спецодягу й ін.).

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

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

Також потрібна витяжна вентиляція за допомогою місцевих відсмоктувань і механічної вентиляції з верхньої зони, і природна загальнообмінна вентиляція з верхньої зони [17].

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

Для огороження припливу холодного повітря ззовні під час в'їзду й виїзду транспорту над воротами встановлені пристрої для створення завіси з теплого повітря. Всі обігрівальні установки забезпечують температуру повітря в приміщенні в межах 16-20⁰С.

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

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

У прокатному цеху застосовується природне й штучне освітлення.

Природне освітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в бічних стінах і ліхтарі.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 роботи, що виконуються персоналом, відносяться до 8 розряду зорових робіт. У приміщеннях цеху для освітлення застосовують, як правило, газорозрядні лампи. Типи світильників вибирають залежно від умов їхньої роботи й вимог до якості освітлення.

Для загального освітлення застосовують світильники «Альфа». У місцях підвищеної небезпеки, де освітленість при системі загального освітлення становить 150 лк і менш, норму освітленості збільшують на 1 розряд.

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

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

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

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

Маса вібруючого устаткування і його частин, що утримується

руками в різних положеннях у процесі роботи, не повинна перевищувати 10 кг. Сила натиску працюючого на вібруюче устаткування і його частини не повинна перевищувати 20 кгс.

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

Надмірний шум негативно позначається на продуктивності праці.

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

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

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

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

продукції.

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

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

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

Охорона праці є складова низки фундаментальних прав людини, закріплених в Конституції та Законах України. Повністю безпечних та нешкідливих умов праці не буває. Виробниче середовище завжди характеризується наявністю певних ризиків для здоров'я людини.

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

Мета– надати майбутнім фахівцям теоретичні знання та практичні навички, які необхідні для прийняття рішень, спрямованих на покращення

умов праці та захист працюючих від впливу шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища.

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

Захист від небезпечних виробничих факторів у відділеннях нагрівальних пристроїв.

Одним з методів зменшення тепловиділення з нагрівальних пристроїв є теплова ізоляція із збільшеною її товщиною.

Застосовується аерація будівлі нагрівальних колодязів.

Біля пульта управління механізмом відкривання кришок нагрівальних колодязів встановлюють теплозахисний екран із листової сталі (несуча нижня частина) і із загартованого тепловідбиваючого скла типу «затос» використовують на відкритих і закритих фіксованих робочих місцях для захисту операторів, пультовщиків і крановщиків цеха від теплового опромінювання інтенсивністю до 26 кВт/м^2 .

Подвійний прозорий екран із скла «затос» зменшує початковий потік теплового опромінювання в 80-100 разів, що перевищує захисну дію одинарного екрана із сталініта в 25 – 35%, а подвійного – в 10 разів. Видимість крізь одинарне скло 80%, подвійне – 75%, тобто така, як у звичайного віконного скла.

Робітники, що працюють біля нагрівальних колодязів небезпечно перегріваються. Для захисту використовують спецодяг. Є досвід локального охолодження голови, спини, грудей спеціальними замкнутими еластичними ємкостями 270×300 мм, заповненими солевим розчином. Їх встановлюють в кармани натільної жилетки і під каску. Ці елементи ведуть

охолодження при температурі - 14÷200С. В якості холодоагента використовують нетоксичні розчини солей NaCl, NaSO₄, MgSO₄.

Для захисту від шуму і інфразвука у відділенні нагрівальних пристроїв застосовують звукоізолювані пости управління.

Захист від небезпечних виробничих факторів на обжимних і заготовочних станах.

Прокатка метала на обжимних станах супроводжується викидами окалини з поверхонь зливків. Прибирання окалини ведуть спеціальними гребками з довгою рукояткою.

Важливе значення має улаштування огорожень з'єднувальних шпінделей. Деталі шпінделей оглядають при повній зупинці стана, щоб запобігти «затягування» шпінделями персонала стана. Для огляду передбачена спеціальна площадка з огороженнями.

Для доступу до деталей кліті на рівні рольганга з обох його сторін змонтовані стаціонарні площадки з драбинами і огорожуючими перилами. Площадка захищена екранами із тонколистової сталі.

При прокатці зливків на обжимних станах в перших проходах виникає розліт часток окалини зі швидкістю 10-30м/с. ,тому тут треба бути обережним, бо відлітати окалина може на відстань до 125м. Для захисту персонала від вильоту окалини на стан навішують переміщуваємий екран, в якому є і витяжна вентиляція.

Після прокатки блюми і сляби переміщуються по рольгангу до машини вогневої зачистки для видалення шару метала відповідної товщини. При цьому утворюється металевий пил і виникає можливість вибуху газоповітряної суміші.

Для захисту від надлишкового тепла прольот обжимного стана має аерацію.

Для захисту робочих місць від інтенсивного теплового опромінювання гарячими поверхнями технологічного обладнання

застосовують водотепловідвідні екрани. При цьому температура поверхні екрана поверненої до робочих місць не повинна, бути вищою за 26-28⁰С.

Пости управління обжимними станами розміщують поблизу робочої клітї з передньої сторони стана, тому вони знаходяться в зонї теплового опромінювання величиною до 5 і більше кВт/м² . 36

Щоб була нормативна величина 140 Вт/м² роблять тепло і шумозахисне огороження. Внутрішню поверхню ПУ до 70% від загальної площі облицьовують звукопоглинаючим матеріалом.

Обезпилювання при прокатці металу.

Металевий пил прокатних цехів дрібнодисперсний розміром менше 60мкм – 85%, а 25% від цієї кількості – пилинки розміром 5-10мкм. Це свідчить про складність проблеми очистки таких викидів.

До зазначеного загалом добавимо, що пил при прокатці утворюється в результаті подріблення окалини валками і випарювання внаслідок миттєвого збільшення тиску і підвищення температури. При механічному подрібленню окалини між валками і металом, який прокатується утворюється пил більших за розміром фракцій, котрі захоплюються гарячими потоками повітря і повільно осідають на обладнання і конструкції цеху.

Для зачистки готового прокату на металургійних заводах застосовується два способа: механічний і вогневий.

При механічному способу мало утворюється пилу. Його концентрація в повітрі не перевищує санітарних норм. При абразивному способу утворюється запиленість до 1500мг/м³ . При дуже ефективному способі зачистки – вогневому утворюється коричневий дим, складений з часток розміром 0,5-1,5мкм, а запиленість газів коливається від 1,85 до 2,2г/м³ .

Одним з найбільш ефективних способів придушення пилу при прокатці є гідрообезпилювання, яким осаджується до 70-80%

пилу. Здійснюється це за допомогою форсунок. Форсунки з вихідним діаметром 3мм розташовують під кутом 200 до площини смуги (полоси).

Найбільш крупні частини окалини, осипаючись з валків, по похилому листовому жолобу попадають в спеціальний контейнер, встановлений під рольгангом. Це усуває утворення вторинного пилу при ручному прибиранні. Обезпилювання здійснюється методом придушення пилу при прокатці – гідрообезпилювання (ефективність половловлювання складає 70-80%). Придушення пилу водою не забезпечує повного обезпилювання при прокатці. Тому прокатні стани ще обладнують і спеціальними пиловідсмоктуючими пристроями.

Для вловлювання пилу на станах з застосуванням ручної праці встановлюють витяжний зонт на висоті 2,4м від підлоги, тобто вище зросту людини. На механізованих станах він також не повинен заважати технологічному процесу. Передню стінку зонта виготовляють відкидною, щоб зонт не було ушкоджено розкатом, при вигинанні вгору.

Швидкість відсмоктування повітря в нижньому перетині зонта має бути не менше 3м/с, бо інакше не забезпечується вловлювання пилу. Для очистки застосовують мокрий спосіб, як більш ефективний. Застосування відсмоктуючих пристроїв можливе і на багатоклітьових станах.

Обезпилювання при зачистці готового прокату.

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

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

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

Вимоги безпеки під час роботи:

Кожен працівник повинен виконувати тільки ту роботу, яка входить в коло його обов'язків або йому доручена. Робити будь-яку роботу, що не входить в коло обов'язків працюючого навіть у порядку допомоги іншим працюючому, без дозволу керівника не допускається. Для уникнення травм при будь-якій спільній роботі належить погоджувати свої дії з діями працюючих поруч.

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

4.3 Заходи з електробезпеки.

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

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

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

За для уникнення поразок електрострумом не дозволяється пересувати, переносити електронагрівні прилади, трансформатори і інше,

що знаходиться під напругою, робити їх огляд. Всякі, ремонти електроустаткування повинні робитися тільки працівниками електрослужби.

4.4 Заходи з пожежної безпеки.

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

Усі ділянки цехів мають бути обладнані спеціальними пожежними щитами і засобами первинного пожежогасіння.

При займанні олії, промаслених матеріалів, лісоматеріалів і тому подібного, необхідно зробити заходи по локалізації вогнища займання і приступити до гасіння пожежі наявними засобами.

При загорянні електропроводки негайно припинити роботу, відключити електро мережу і приступити до гасіння пожежі піском або вуглекислотним, порошковим вогнегасником.

При неможливості гасіння пожежі власними силами необхідно викликати пожежну частину.

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

Місце виконання робіт повинне мати відповідне устаткування, бути безпечним [16-20].

ВИСНОВКИ

1. Досліджено деформований стан металу при прокатування зливків з нержавіючої сталі. Найбільш небезпечними зонами з точки зору можливого порушення суцільності металу є приконтатні шари і центральна область штаби, в яких розвинені поздовжні напруження розтягування.

2. Розрахунком енергосилових параметрів показана можливість підвищення абсолютних обтиснень при прокатці зливків з нержавіючої сталі.

3. Розглянуті питання контролю якості продукції та охорони праці.

4. Метою підвищення конкурентоспроможності готових профілей, метал із марок сталі, що схильні до незаварювання несцільностей і не повного припрацювання литої структури, обов'язково піддавати ультразвуковому контролю.

5. В результаті проведеної роботи на стані „1050” заводу «Дніпроспецсталь» пропонуємо змінити режими обтиснень, яке забезпечать підвищення продуктивності стану , поліпшення якості макроструктури прокату і зменшення відходів металу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. С. С. Череповский Управляющие параметры магнитноимпульсной обработки расплавов// Металл и литье Украины. 2014. №12. стр. 32 – 33
2. Е. Е. Нефедьева, В. Л. Плюта Исследование влияния температуры и времени отпуска на структуру и свойства стали для инструмента горячей деформации// Металл и литье Украины. 2014. №12. стр. 28 – 29
3. В. П. Пиплюк, И. В. Крикен, С. Е. Самохвалов, С. В. Греков, Д. Ю. Кабаков Влияние электромагнитных сил на перемешивание ванны установки ковш – печь переменного тока// Металл и литье Украины. 2014. №8. стр. 3 – 5
4. Е. А. Ясинская Ресурсосберегающая технология легирования углеродистой стали ванадием// Металл и литье Украины. 2014. №8. стр. 24 – 27
5. С. Я. Шипицын, Ю. З. Бабаскин, Т. В. Степанова, В. П. Короленко, Н. Я. Золотарь, Д. Н. Короленко, О. П. Осташ, В. И. Жорник Высокоуглеродистые стали с дисперсионным нитридным упрочнением для транспортного и других видов машиностроения// Металл и литье Украины. 2014. №9. стр. 16 – 21
6. А. С. Нурадинов, А. С. Эльдарханов, Л. Х. – А. Саипова Влияние внешних воздействий на структуру блюмовой непрерывнолитой заготовки// Сталь. 2014. №3. стр. 25 – 27
7. Э. Х. Исакаев, А. С. Тюфтяев, В. Б. Мордынский, Г. А. Филиппов, Ю. А. Пак, Д. И. Юсупов Влияние перегрева при непрерывной разливке на структуру и свойства стали// Сталь. 2014. №9. стр. 24 – 27
8. В. Г. Мищенко, С. П. Шейко Изменение макро – и микроструктуры многофазных низкоуглеродистых сталей при воздействии деформационно – термической обработки// Сталь. 2014. №12. стр. 74 – 75

9. Тарновский И.Я. Прокатка на блюминге / И.Я. Тарновский, Е. В. Пальмов, В. А. Тягунов и др. – М.: Metallurgizdat, 1963. – 389 с.
10. Чекмарев А.П. Теория прокатки крупных слитков / А.П.Чекмарев, В.Л. Павлов, В.И. Мелешко, В.А. Токарев. – М.: Metallurgiya, 1968. – 252. с
11. Николаев В. А. Теория прокатки полос. Учебное пособие. – Запорожье, ЗГИА, 2014 – 260 с.
12. А.З. Комановский , Н. А. Трощенко, В.С. Мовшович Производство легированных холоднокатаных листов // Metallurgiya, 1967. стр. 67 – 70
13. Тарновский И. Я. и др. Труды НТО ЧМ, т. XXXI // Metallurgizdat, 1962. стр. 96 – 102
14. Сапрыкин Х. М. Труды НТО ЧМ, т. XXXI // Metallurgizdat, 1962. стр. 54 – 56
15. Николаев В.А. Теория прокатки: Монография. // Запорожье: ЗГИА, 2007, стр.123 – 125.
16. Лапін В.М. Основи охорони праці // Лапін В.М. – Львів: ЛБІ НБУ, 2002. – 142 с.
17. Жидецкий В.Ц. Основи охорони праці / Жидецкий В.Ц. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
18. Трахтенберг А.М. Гигиена труда и производственная санитария // Трахтенберг А.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. – К.: Киев, 1997. – 462 с.
19. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: [учеб. пособие для вузов] / Долин П.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
20. Рожков А.П. Пожарная безопасность на производстве / Рожков А.П. – К.: Охрана труда, 1997. – 448с.