

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра обробки металів тиском

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка режиму прокатки слябу 150x1000 мм зі Ст.3 на обтискному стані
1150» _____

Виконав: студент 5 курсу, групи МЕТ-17-3бз

Гальченко Артур Олександрович _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності (напряму підготовки)

136 Металургія _____
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)
освітньо-професійна програма

металургія _____
(шифр і назва)

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

Запоріжжя - 2022 року

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

Кафедра _____ обробки металів тиском _____
Рівень вищої освіти _____ перший бакалаврський рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Напрямок підготовки / Спеціальність _____ 136 Металургія _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____ металургія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ОМТ _____
Ю.О. Белоконь

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ Гальченко Артур Олександрович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ «Розробка режиму прокатки слябу 150x1000 мм зі Ст.3 на обтискному стані 1150» _____

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ “17” _____ 01 _____ 2022 року № 90-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 14.05.2022 р. _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Кінцевий розмір слябу 150x1000 мм. Матеріал –
сталь Ст.3. Об'єкт – обтискний стан 1150. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Реферат; Вступ; 1 Загальна частина; 2 Технологічна частина; 3
Механічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки;
Література. _____

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

Презентація до 15 слайдів (Мета та завдання роботи, Схема технології виробництва штаби в цеху, Схема неперервного стана холодної прокатки, Заходи щодо реконструкції, Деформаційні та енергосилові параметри прокатки, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 27 січня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина		
2	Технологічна частина		
3	Механічна частина		
4	Охорона праці та техногенна безпека		
5	Реферат, Вступ, Висновки		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7	Підготовка презентаційного матеріалу		

Студент

А.О. Гальченко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Ю.В. Бондаренко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Випускна робота бакалавра містить : 89 с.,10 рис., 12 табл., використаних джерел 31.

Об'єкт дослідження – слябінг 1150.

Мета роботи - розробка режиму прокатки слябу 150x1000 мм зі Ст.3 на обтискному стані 1150.

Були розраховані – деформаційний, кінематичний, температурний і силовий режими прокатки на слябінгу 1150.

Проаналізовані моделі розрахунків енергосилових параметрів прокатки високих злитків. Зроблено розрахунок режимів обтискування, енергосилових параметрів прокатки: зусиль прокатки та крутних моментів. Виявлені точні методи розрахунків енергосилових параметрів, які дозволять знизити енерговитрати та розширити сортамент прокатуємих штаб.

**ДЕФОРМАЦІЯ, СЛЯБ, СТАН, КЛІТЬ, ВАЛКИ, ШВИДКІСТЬ,
ТЕМПЕРАТУРА, РЕЖИМ, СИЛА, ПОТУЖНІСТЬ, ОБРОБКА,
ПРОЦЕСС**

Зміст

ВСТУП.....	7
1.ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Технологічний процес виробництва слябів.....	42
1.2 Прокатка зливків.....	44
1.3 Нагрівання зливків та обробка прокату.....	48
1.4 Режим нагріву злитків.....	52
1.5 Недоліки обладнання і технологічного процесу.....	56
2. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРОКАТУВАННЯ НА СЛЯБІНГУ 1150.....	68
2.1 Налаштування горизонтальних валків.....	61
2.2 Налаштування вертикальних валків	62
2.3 Прокатка злитків.....	63
2.4 Обробка та обговорення результатів досліджень.....	72
2.5 Пропозиції та заходи щодо вдосконалення процесу, технологій, обладнання.....	
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	81
3.1 Розрахунок деформаційного режиму прокатки на слябінгу 1150...81	
3.2 Кінематичний розрахунок режиму прокатки на слябінгу.....86	
3.3 Визначення температурного режиму прокатки злитка.....91	
3.4 Визначення енергосилових параметрів процесу прокатки.....93	
4.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	105
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	105

4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	106
4.3 Заходи з електробезпеки	113
4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки.....	114
4.5 Розрахунок штучного освітлення по методу світлового потоку...	115
Загальні висновки.....	122
Список використаної літератури.....	123

ВСТУП

Вихідним матеріалом для отримання прокатних виробів служать – злитки, які надходять з сталеплавильних цехів або виробляються на МБЛЗ. На початку листового прокатного циклу встановлені слябінги, які призначені для прокатки злитка в заготовку великого перерізу. Незважаючи на інтенсивний розвиток виробництва заготовок на МБЛЗ, слябінги продовжують відігравати значну роль в прокатному виробництві.

Необхідність великого обтискного стану у складі металургійного підприємства визначається рядом технологічних та економічних факторів. Такий стан у складі металургійного підприємства дає можливість підвищення продуктивності сталеплавильних агрегатів. У мартенівських цехах з різнотипними печами принципово неможливо побудувати і здійснити графік роботи, в якому передбачалися б рівномірні в часі випуски плавок. Прийняти і переробити продукцію таких цехів з найменшими виробничими витратами на заводі «Запоріжсталь» може тільки обтискний стан, який володіє великою оперативністю у виробництві, забезпечує будь який стан необхідної кількості заготовок.

За останні десять років на слябінгу «Запоріжсталь» проведено ряд технічних заходів, які дозволили поліпшити показники його роботи. Але, на жаль, є ще багато недоліків в існуючому технологічному процесі. Для підвищення продуктивності слябінга, підвищення якості прокату, зниження енерговитрат потрібно внести ряд заходів з реконструкції [1-3].

Також для подальшого поліпшення роботи прокатного стану необхідний ґрунтовний аналіз його енергосилових параметрів і облік напружено-деформованого стану металу. У зв'язку з цим з'явилася потреба в спеціальних дослідженнях із застосуванням новітніх електровиміральної та електронно-обчислювальної апаратури. Підвищилася вимогливість до достовірності одержуваних результатів і до точності пропонованих теоретичних рішень, необхідних для технологічних розрахунків.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний процес виробництва слябів

На обтискному стані слябінг 1150 прокатується зливки на сляби товщиною 100-200 мм, шириною 850- 1500мм, довжиною 1800 - 4800 мм.

Обтискний цех забезпечується зливками з мартенівського цеху, далі в стриперне відділення, в якому зливки звільняються від виливниць і в гарячому стані з температурою 1300 – 1060° С доставляються на візках до нагрівальних колодязів цеху слябінга (рис. 1.1) [2-6].

Передача злиwkів зі сталеплавильного цеху до колодязів і посадка їх у камери нагрівальних . Зливки що привезли, знімаються з візків мостовими кранами колодязного типу і їх саджають в камери колодязів для підігріву.

Зазвичай прокатка слябів вертикальними валками робочої кліти проводиться для зняття розширення і великих обтиснень. Після прокатки сляби транспортуються рольгангом, що підводить до ножиць, на яких відрізається спочатку передній кінець, а потім сляб ріжеться на мірні довжини. Різання штаби проводиться при $t = 900 - 1150^{\circ} \text{C}$.

Всі сляби легованих марок піддаються сповільненому охолодженню або відпалу в печах з висувним подом. Сляби вуглецевих марок на складі сортуються, після огляду проводиться видалення вад за допомогою вогневої і наждачної зачистки. Прийняті ВТК сляби передаються ТЛЩ або відвантажуються споживачам.

Останнім часом в зв'язку зі зростанням вартості природного газу використовується технологія транзитної прокатки злиток → сляб подвійної довжини гарячекатана штаба змотана в рулон [4-5].

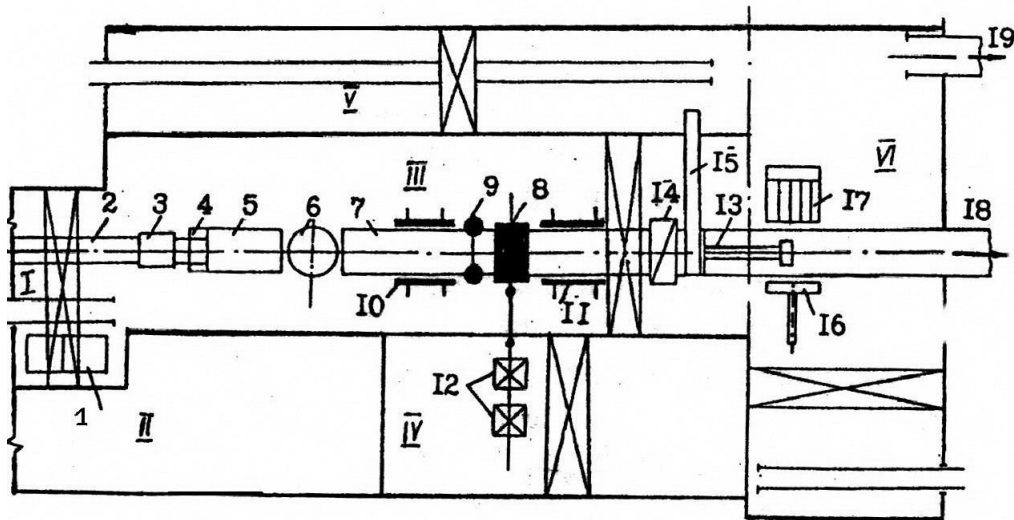


Рисунок 1.1 – Схема розташування обладнання слябінга: I - проліт нагрівальних колодязів; II - проліт контрольно-вимірювальної апаратури; III - проліт стану; IV - машинний зал; V- скрапний проліт; 1 - нагрівальні колодязі; 2 - шлях злитковоза; 3 - візок для зливків; 4 - перекидач; 5 - приймальний рольганг; 6 - поворотний стіл; 7 - підвідний і робочий рольганги; 8-кліть з горизонтальними валками; 9- кліть з вертикальними валками; 10 - маніпулятор з кантувачем; 11 - маніпулятор; 12 - головний привід, 13 - пересувний упор; 14 - ножиці; 15 - конвеєр обрізків; 16 - зіштовхувач; 17 - штабелювальний пристрій; 18 - рольганг до ШСГП; 19 - рольганг до печей ШСГП.

1.2 Прокатка зливків

Сталевий зливкок - неоднорідне кристалічне тіло по густині, наявності, неметалевих домішок, хімічному складу і будові. Сортамент стану наведений у таблиці 1.1.

Неоднорідності зливка можуть бути фізичні, кристалічні і хімічні. Ці види неоднорідностей погіршують якість сталі, а іноді є причиною браку в прокатному виробництві.

На рисунку 1.2 наведена схема будови і макроструктура сталевого зливка. Як видно з рисунка, в литому металі можна розрізнити три структурні зони. Кристалізація рідкого металу починається у поверхні більш холодної форми і йде спочатку переважно до поверхні тонкого шару сильно переохолодженої рідини. Внаслідок великої швидкості це охолодження призводить до утворення на поверхні зливка вузької зони порівняно дрібних рівновісних кристалітів.

За першою зоною розташована друга зона подовжених дендритних кристалітів (зона транскристалізації). Зростання цих кристалітів йде в напрямку відводу тепла, тобто нормально до стінок виливниці. Послідовний ріст дендритів від стінки виливниці відбувається завдяки просуванню вглиб розплаву гілок першого порядку та їх розгалуження.

При дуже повільному охолодженні, наприклад у серединних шарах великих виливків, створюються умови для виникнення зародків кристалів у середній частині зливка. Це призводить до утворення у внутрішній частині виливки третьої структурної зони, що складається з рівно вісних, по різному орієнтованих дендритних кристалітів. Розміри цих кристалітів залежать від ступені перегріву рідкого металу, швидкості охолодження, наявності домішок та ін.

Зона стовпчастих кристалів володіє високою щільністю, так як вона має мало газових бульбашок, раковин. Проте в ділянках стику стовпчастих кристалітів метал має знижену міцність і при подальшій прокатуванні в цих ділянках можуть виникнути тріщини. Тому для сталі розвиток стовпчастих кристалітів небажано.

Рідкий метал має більший питомий об'єм, ніж твердий, тому в тій частині зливка, що застигає у останню чергу, утворюється порожнеча - усадочна раковина. Усадочна раковина зазвичай оточена найбільш забрудненою частиною металу, в якому після затвердіння утворюються мікро- і макropори і бульбашки.

Таблиця 1.1- Марки сталі, які прокатують на стані «слябінг 1150» [5]

Група сталей по нагріву зливків	Марка сталі	Хімічний склад по ДСТ, ТУ, внутрішньо заводським нормам
1	2	3
1	08пс(кп),10пс(кп), 15пс(кп),20пс(кп)	ДСТУ 1050-88
	08пс(кп)	ДСТ У 9045-93
	08пс(кп) г/к, 08пс(кп) х/к, 08пс(кп) для КрКЗ, 08пс(кп) для подката на жечь 08псН, 15псН	По внутрішньо заводським нормам
	08Ю	ДСТУ 9045-93
	08Ю для облицювання	По внутрішньо заводським нормам
	25пс Ст0пс(кп), Ст1пс(кп), Ст2пс(кп), Ст3пс(кп), Ст4пс(кп),	ТУ У 14-4-458-99 ДСТ У 380-94
	Ст3Гпс, Ст5Гпс	ДСТУ 2651-94
2	10, 15, 20, 25, 30	ДСТУ 1050-88
	Ст 0, Ст2сп, Ст3сп, Ст4сп	ДСТУ 2651-94 (ДСТУ 380-94)
	15К , 20К	ДСТУ 5520-79
	Ст15сп медиста	ТУ У 14-2-1241-2000
3	12ГС	ДСТУ 19281-89
	17ГС, 17ГІС	ТУ, ДСТУ 19281-89
	Ст5пс	ДСТУ 380-94
	07ГСЮФ, 08ГСЮТ, 08ГСЮФ	ТУ У 27. 1.4.-516-2002
	08ГЮТ, 08ГЮФ, 08ЮТ	ТУ 14-226-135-93
09Г2Т	ТУ У 27.3-00190319-1313-2004	
4	60С2А, 45, 55	ДСТУ 1050-93
	65Г, 60С2, 60Г, 70Г	ДСТУ 14959-79
	70Х*	ТУ 14-143-250-77
* Тільки для ремонтних цілей.		

До фізичної неоднорідності відносять усадкову раковину, газові міхури і неметалеві включення.

Після прокатки злитку відрізають кінець штаби, відповідний протяжності усадочної раковини. Отже, чим більше усадочна раковина і рихлість, тим більше металу обрізають і тим менше вихід придатного. Величина обрізу залежить від багатьох причин: хімічного складу сталі, форми і відповідності висоти злитку до сторони середнього поперечного перерізу, способу і швидкості розливання сталі, призначення слябів і т.д. При прокатуванні зливків якісної вуглецевої і легованої сталі обріз досягає 20% і більше маси зливка. Усадкову раковину у злитку зменшують застосуванням прибуткової надставки. Прибуткову частину злитку відрізають після прокатки.

Для зменшення обсягу прибутку збільшують тривалість охолодження сталі в прибутковій надставці, футерована вогнетривким матеріалом, а останнім часом і підігрівом прибуткової частини [7].

Усадочна раковина є характерною особливістю злитку спокійної сталі. Крім спокійної сталі, у великій кількості виплавляють киплячу сталь, розкислення якої в печі і ковші відбувається неповністю. Характерною особливістю цієї сталі є газові бульбашки, які утворюються в злитку в результаті виділення газів з рідкої сталі при її затвердінні. Так як не всі гази встигають спливати на поверхню, то вони, залишаючись у злитку, утворюють пустоти (раковини).

При прокатуванні цих зливків газові бульбашки можуть заварюватися. Проте легко заварюються бульбашки, які розташовані в глибині зливка і мають не окислену поверхню. Якщо бульбашки розташовані поблизу поверхні зливка («підкіркові» або «стільникові»), то при нагріванні чи прокатуванні вони оголюються і можуть бути причиною браку. На готовому прокаті утворюються волосини, дуже схожі на тріщини, іноді досить глибокі. При прокатуванні штабової сталі окислені підкоркові бульбашки приводять до браку у вигляді «поїденої» поверхні штаба. Ці види браку, що

залежать від якості зливка, повинні бути віднесені до браку з вини сталеплавильного цеху.

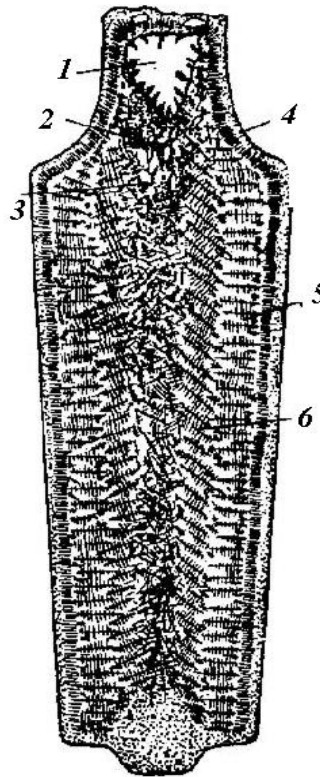


Рисунок 1.2. – Схема будови сталевих зливків : 1 - усадочна раковина; 2 - усадочні порожнечі; 3 - усадочна рихлість; 4 - тонкий шар дрібних кристалів; 5 - зона стовпчастих кристалів; 6 - зона рівновісних кристалів.

Перевагою зливків киплячої сталі є відсутність усадочної раковини і, отже, зменшення величини обрізу. Обрізки зливків киплячої сталі звичайної якості досягає 3 - 5%. Недоліком цих зливків є наявність підкіркових бульбашок і різко вираженої сегрегації. Тому киплячу виробляють лише низько вуглецеву сталь, яка допускає нагрів зливків до більш високої температури та гарантує заварку бульбашок. При вмісті вуглецю більше 0,3% газові бульбашки неприпустимі, тому таку сталь відливають спокійною [7-9].

Неметалічні включення (шлакові включення, частинки вогнетривких мас, що відірвалися від футеровки ковша та ін.) погіршують якість сталі, значно знижуючи її механічні властивості. У багатьох випадках вони служать

початком утворення тріщин (особливо при роботі деталей з повторними напругами змінного знака). Неметалічні включення залишаються в сталі після прокатки, тому необхідно отримувати зливки відносно чистими від цих включень. Особливо великі вимоги повинні бути пред'явлені до чистоти злиwkів якісної і високоякісної сталі.

До хімічної неоднорідності зливка відносять зональну об'ємну і дендритну ліквацию. Утворення ліквациї пов'язано з вибірковою кристалізацією зливка. При затвердінні вуглецевої сталі спостерігається явище дендритної кристалізації, що обумовлює деяку хімічну неоднорідність у кристалах. Внаслідок того, що затвердіння сталі починається у стінок виливниці і поширюється в центральну частину зливка (збагачений вуглецем матковий розхил також переміщається в центральну частину), спостерігається явище об'ємної ліквациї. Ці види ліквациї відносять до дефектів сталевого зливка.

1.3 Нагрівання злиwkів та обробка прокату

Нагрівання злиwkів і заготівель перед прокаткою повинно забезпечити високу пластичність сталі і найменший опір деформації. Тому чим вище температура нагрівання, тим краще, тому що при цьому зменшується витрата енергії при прокатуванні, збільшується обтиск і зменшується число випадків поломки валків та інших деталей стану. Поряд з цим нагрів повинен забезпечити підвищення ефективності механічних властивостей.

Однак, висока температура і неправильний режим нагріву можуть викликати значне утворення окалини, знеуглецювання, розтин підкіркових бульбашок, перегрів і перепал, що погіршують якість металу або призводять його до браку. При нагріванні матеріалів в існуючих нагрівальних пристроях завжди відбувається окислення металу з утворенням окалини. Утворення

окалини при нагріванні є джерелом втрат придатного металу. Випалювання металу при нормальній роботі нагрівальних пристроїв складає 1 - 2% маси металу, а при незадовільній роботі до 4 - 5%. Якщо врахувати, що при прокатуванні злитку в готовий прокат метал нагрівають кілька разів, то можна прийняти чад у середньому 3-4% маси металу. Окалина при прокатуванні втискується в метал, що погіршує якість поверхні.

На появу окалини впливають температура, тривалість перебування металу при високих температурах, швидкість нагріву і пічна атмосфера. Утворення окалини протікає енергійно при температурах вище 900 - 1000° С Для зменшення чаду процес горіння газів повинен протікати при найменшому надлишку повітря та з найбільшою повнотою [10-13].

На окислення металу має також вплив відношення поверхні нагрівання металу до його об'єму: чим більше це відношення, тим більше окислення металу. Це особливо слід враховувати при нагріванні злиwkів, які мають велику поверхню. Злиwки для прокатки слябів нагрівають в нагрівальних колодязях (рис. 1.3). У відділенні нагрівальних колодязів є один загальний газовий колектор і 3 повітряних: у перший колектор нагнітають повітря вентилятори груп 1 - 6, у другий - вентилятори 7 - 11, у третій - 12 -14.

Основні розміри робочого простору осередків наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Основні розміри робочого простору осередків

Групи	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм
1 - 7, 12 - 14	6900	2150	3320
8 - 11	6600	2150	3320

Колодязі опалюються доменно-коксовою сумішшю калорійністю 880 - 930 ккал/м³ з додаванням природного газу до калорійності 900 - 950 ккал/м³. Вищевказана калорійність суміші забезпечується роботою вузла збагачення, встановленого у трубопроводі доменного газу. Бригадир на ділянці основного виробництва підтримує необхідну калорійність шляхом

зміни витрати коксового та природного газів на вузлі збагачення за завданням старшого нагрівальника.

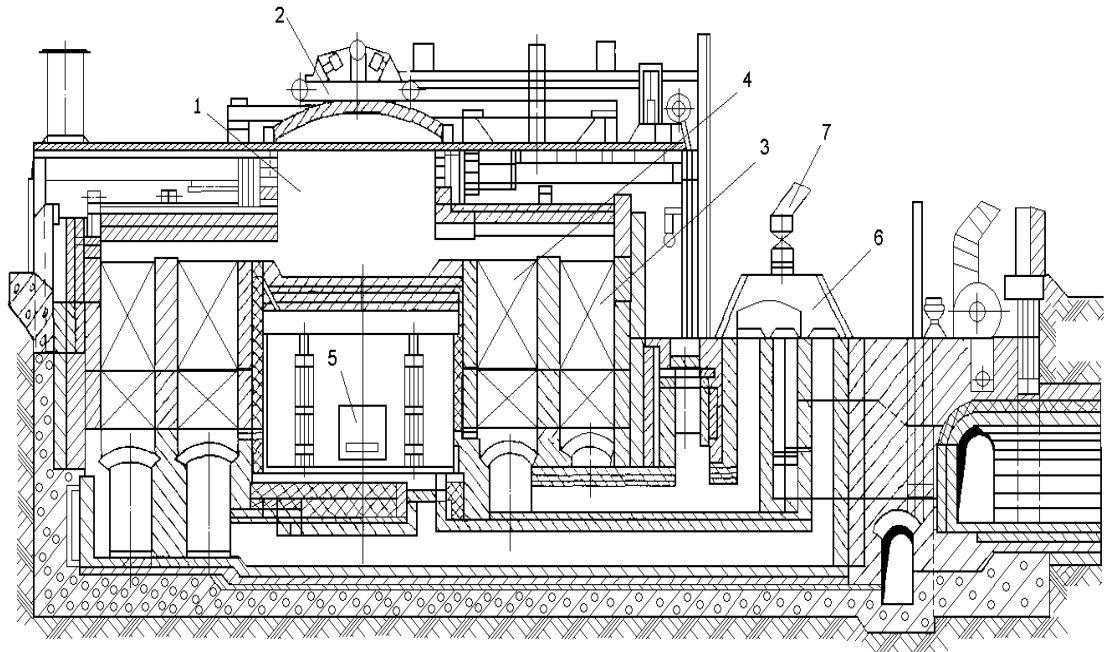


Рисунок 1.3 – Схема розрізу регенеративного колодязя: 1 – робоча камера, 2 – візок для відкриття кришок; 3 – регенератор повітряний; 4 – регенератор газовий; 5 – коридор шлаковий; 6 – клапан газовий золотниковий; 7 - підведення газу до колодязя

Камера являє собою самостійну нагрівальну піч, що має регенератори для підігріву газу і повітря. Для прибирання продуктів згоряння кожна група має свою димову трубу, на групах 1 - 11 висота труби - 50 м, на 12, 13 і 14 групах - 80 м.

Істотним недоліком колодязів є неоднакове розташування зливків щодо потоку тепла, а отже неоднакове їх нагрівання. Зливки, розташовані з боку регенераторів, нагріваються швидше, ніж зливки в середній частині камери. Механічне обладнання колодязів дуже громіздке що ускладнює їх автоматизацію.

Характерним для сучасних прокатних цехів є гарячий посад зливків у нагрівальні колодязі. До гарячої садки зазвичай відносять зливки, з температурою 400 - 1000°C, а до холодного - нижче 400°C. Гаряча садка

зливків забезпечує значну економію палива і збільшує продуктивність нагрівальних колодязів. За даними практики, при підвищенні температури зливків при посадці на 50° , продуктивність нагрівальних колодязів збільшується приблизно на 7%. З пониженням температури зливків при посадці збільшується тривалість нагрівання і витрата палива. Так, при нагріванні холодних зливків тривалість нагрівання майже у два рази більше, а витрата палива приблизно в три рази більше, ніж при нагріванні зливків з температурою поверхні приблизно 800° С.

У обтискному цеху використовується стан слябінг 1150 (рис. 1.4). Горизонтальні валки мають циліндричні бочки діаметром 1150 мм і довжиною 2000 мм. Горизонтальні валки слябінга обертаються від індивідуальних двоякірних електродвигунів постійного струму, кожен потужністю 7200 кВт, через шпindel без шестеренної кліти. Розхил валків 80 - 900 мм, швидкість підйому валків 150 мм /с, обороти валків в межах 53 - 80 об/хв.

Вертикальні валки мають діаметр 700 мм і довжину бочки 1150 мм. Максимальна швидкість переміщення двох валків дорівнює 64,8 мм /с, розхил вертикальних валків 720-1800 мм. Вертикальні валки обертаються від двох вертикальних електродвигунів постійного струму, потужністю кожен 1250 кВт і числом оборотів 66 – 78 у хвилину, через довгі вертикальні (похилі) універсальні шпинделі.

1.4 Нагріву злитків

Час початку нагріву гарячих і холодних зливків I , II , III і IV груп марок сталі вважається від моменту посадки останнього злитка в клітинку. Після посадки останнього злитка в осередок і закриття кришки нагрівального колодязя, розраховується час транспортування, як різниця між часом кінця

посада останнього злитка в осередок і часом кінця розливання. Нагрівання злитків гарячого посаду I, II, III груп марок стали при видачі їх за замовленням ЦГПТЛ для транзитної гарячої прокатки або за замовленням обтискного цеху для прокатки на склад слябів виробляються із застосуванням автоматизованої системи управління нагрівом згідно з таблицями № № А3 – А6. У разі виходу з ладу автоматизованої системи управління нагрів зливків гарячого посаду I, II, III груп марок сталей виробляються при ручному управлінні за таблицями № № А3 – А6 [12].

Нагрівання злитків холодного посаду I і II групи марок стали при видачі їх за замовленням ЦГПТЛ для транзитної гарячої прокатки або за замовленням обтискного цеху для прокатки на склад слябів проводиться при ручному управлінні згідно з таблицями № № А9 – А12 [13].

Нагрівання злитків гарячого посаду IV групи марок і злитків холодного посаду III і IV груп проводиться при ручному управлінні тільки на замовне час обтискного цеху для прокатки на склад слябів за режимами, вказаними в таблицях № № А.7, А.8, А.13, А.14. [13].

Замовлення на видачу злитків за технологією транзитної прокатки повинен бути виданий старшим змінним майстром ЦГПТЛ або Посадчики гарячого металу на кожну нагріваєму плавку не пізніше 30 хвилин після введення її готовності з наступним підтвердженням або коректуванням замовлення за 1,5 – 2,0 години до видачі злитків в прокатку. У замовленні разом з часом видачі, також вказується товщина прокатуваних штаб і прокатка слябів подвійної довжини.

Для плавок, не призначених для транзитної прокатки, нагрівальник 7 – го розряду не пізніше 30 хвилин після введення її готовності вводить в систему час замовлення на видачу плавки, яке є часом фактичної видачі для нагріву і прокатки зливків на склад слябів.

Час видачі злитків в прокатку контролер ОТК на колодязях вводить в систему АСУ «Сталь – Прокат», де воно передається бригадиру основного виробництва обтискного цеху, нагрівальникові 7 – го розряду колодязів,

старшому змінному майстру, старшому різьбярєві ножиць обтискного цеху та обліковців на ділянці нагрівальних печей ЦГПТЛ.

Протягом усього періоду нагріву металу, нагрівальник спостерігає за температурним станом злитків і так регулює подачу палива і повітря, тиск в осередках, розподіл продуктів горіння по суміжних осередкам і реверсування факела, щоб не допускати нерівномірного нагрівання злитків і їх оплавлення. Не допускається температурний перекис насадок регенератора, що визначається за показаннями потенціометра температури в комірці:

- у період підйому температури – не більше 80°C ;
- у період томління – не більше 60°C .

На кожен клітинку встановлюється максимальна подача збагаченого доменного газу с калорійністю суміші $900 - 950 \text{ ккал/м}^3$ в кількості до $3800 - 4000 \text{ м}^3/\text{год}$ для нагріву злитків гарячого і холодного посада I, II, III і IV груп марок сталей.

Якщо стан димового тракту комірки і наявність тяги не дозволяють споживати максимальну кількість збагаченого доменного газу, витрата газу встановлюється на розсуд Нагрівальник з обов'язковим забезпеченням температурних режимів нагріву.

Злитки холодного посада всіх груп марок сталей після досягнення мінімальної температури томління через 1,0 – 1,5 години обов'язково розвертаються на 180° .

При вступі на нагрівальні колодязі доменного газу зі зниженою калорійністю, за відсутності можливості його збагачення до необхідної ($900 - 950 \text{ ккал/м}^3$), час готовності плавки збільшується на 15 – 30 хвилин для злитків гарячого посаду і до 1 години для злитків холодного посада всіх груп марок сталей.

При видачі нагрітих злитків в прокат перед відкриттям кришки, відключають подачу газу і повітря, закривають шибера, кришку колодязя відкривають на величину, необхідну для захоплення чергового злитка кліщами. При припинення видачі з яких – не будь причин відновлюють

подачу газу і повітря по режиму періоду томління , не допускаючи оплавлення залишилися злитків..

Посадка нових плавок для нагріву з подальшою видачею після закінчення планових ремонтів проводиться з таким розрахунком , щоб забезпечити мінімальне «пересиджування» металу в нагрівальних колодязях. Нагрівання осередку після закінчення посадки цих плавок проводиться за режимами, вказаними в таблицях А.3, А.5. При цьому допускається введення тимчасової температурної поправки до мінус 40 °С із зниженням температури нагріву (томління) у першому періоді (до ізотермічної витримки) [10-11].

Для запобігання падіння температури в осередках нижче 1180° С нагрівальник прочиняє шибер, встановлює завдання на температуру 1200° С подає газ і повітря, томит метал при цій температурі. За 4 години до пуску стана начальник , відповідальний за ремонт , повідомляє про це старшого змінного майстра для складання графіка черговості нагріву та видачі металу.

Подальший нагрів за замовленням видачі злитків проводиться згідно з таблицями № № А.4, А.6, А.10. При цьому нагрівальник збільшує тривалість нагріву металу перед видачею в прокат на 15 – 30 хвилин.

При необхідності дозволяється пересадка в інші осередки злитки холодного і гарячого посадів І і ІІ груп марок сталей і тільки гарячого посаду злитків ІІІ групи марок сталей без обмеження температури поверхні злитків. Подальший нагрів таких злитків ведеться за режимами, вказаними в таблицях, передбаченим відповідно для гарячого і холодного посадів, як злитків відповідної температури досягнутої в комірці, з якої пересаджують злитки на момент їх пересадки.

Пересадка злитків холодного посада ІІІ групи сталей дозволяється до досягнення температури комірки 900 °С. Подальший нагрів таких злитків ведеться по режиму, зазначеному в таблиці № А.13 [12].

Видача злитків :

Злитки, що видаються з осередку для прокатки, повинні бути рівномірно прогріті до необхідної температури і не оплавлені. Оплавлений вважається злиток, у якого оплавлені тіло. При оплавленні окалини злиток не рахується оплавленим.

Примітки:

1. Час початку видачі нагрітої плавки в прокат вважається з видачі першого злитка.

2. За наявності декількох нагрітих плавок в прокатку видають в першу чергу злитки плавок більш відповідального призначення.

3. Плавки, не призначені для транзитної прокатки видаються в прокатку на час замовлення обтискного цеху, яке може відрізнятись від готовності на час з «пересиджування» до 2:00г.

Видача в прокат нагрітих злитків I, II і III груп марок сталей, призначених для подальшої транзитної прокатки на НТЛС 1680, а також злитків IV групи марок сталі, проводиться таким чином, щоб черговий злиток надходив до стану в момент закінчення прокатки попереднього злитка. При цьому видача нагрітих злитків повинна проводитись таким чином, щоб забезпечити заданий темп прокатки згідно табло системи узгодження темпу прокатки і виключити охолодження злитків перед прокаткою. Місце зупинки злитковіза для транспортування злитків до стану коригує крановий машиніст по селекторного зв'язку через нагрівальника 7 – го розряду (старшого).

Для забезпечення заданого темпу прокатки допускається доставка до стану одночасно двох злитків.

У разі доставки до стану одночасно двох злитків видача їх з осередків повинна бути організована таким чином, щоб перший виданий з осередку злиток встановлювався в злітковіза, а другий – в причіпну візок.

При прокатці на приймальному рольганге стана повинно знаходитися не більше двох злитків і для зниження втрат тепла перед прокаткою вони повинні знаходитися під екрануючим пристроєм.

Час доставки нагрітих злитків від колодязів до валків стана (особливо з далеких груп колодязів № № 6 – 14), включаючи і час очікування прокатки на приймальному рольганге, має виключити їх подстуживання.

Час і черговість видачі нагрітих злитків старший змінний майстер обтискного цеху погоджує із старшим змінним майстром або посадчики гарячого металу ЦГПТЛ .

Видача в прокатку нагрітих злитків – недолівков і злитків, відлитих зверху, проводиться в порядку, зазначеному посадчики ЦГПТЛ.

Злитки спокійних вуглецевих, низьколегованих і високовуглецевих сталей, які видаються в прокатку, захоплюються кернами кліщового крана за утеплену частину.

Злитки киплячих і напівспокійних марок сталей, що видаються в прокатку, захоплюються кернами на відстані не більше 200 мм від верху зливка.

Забороняється розривати плавки при видачі нагрітого металу з осередку. Причина розриву плавок вказується ВТК в журналі посадки та видачі злитків.

Час транспортування нагрітих злитків від колодязів до валків, включаючи очікування прокатки на рольганге перед станом має виключити подстуживання злитків.

1.5 Недоліки обладнання і технологічного процесу

Обтискний стан слябінг має горизонтальні та вертикальні валки, розташовані перед або після горизонтальної кліті. Дослідження [14] показують, що при деформації тільки горизонтальними валками на кінцевих ділянках плоских розкатів (слябів, товстих штаб) з'являються кінцеві накати у вигляді "язика", тобто середня частина по ширині розкату одержує більшу витяжку, ніж кромкові ділянки. Такий характер плинину обумовлений

наявністю розширення металу, котре зосереджене, головним чином, на крайках (рис. 1.4,а).

При обтисненні розкату тільки вертикальними валками кінцевий накат має вигляд "риб'ячого хвоста" по термінології [15]. Причиною такої схеми плинну металу є наявність переважної витяжки металу по крайках розкату (рис. 1.4, б).

При цьому в порівнянні з рисунку 1.5, а, усадочна раковина переміщується в тіло сляба, що збільшує витрату металу в обрізь. Спільна (почергова) деформація плоского розкату в горизонтальних і вертикальних валках сприяє, як правило, виникненню наката [16] у вигляді "риб'ячого хвоста", тобто в цьому випадку більшу витяжку одержують кромкові частини розкату. Поява «риб'ячого хвоста» обумовлене тим, що пластичний плин металу зосереджений у приконтактних шарах ширини сляба (розкату), переважно у поздовжньому напрямку з одночасним утвором бічних напливів по висоті розкатів (рис. 1.5).

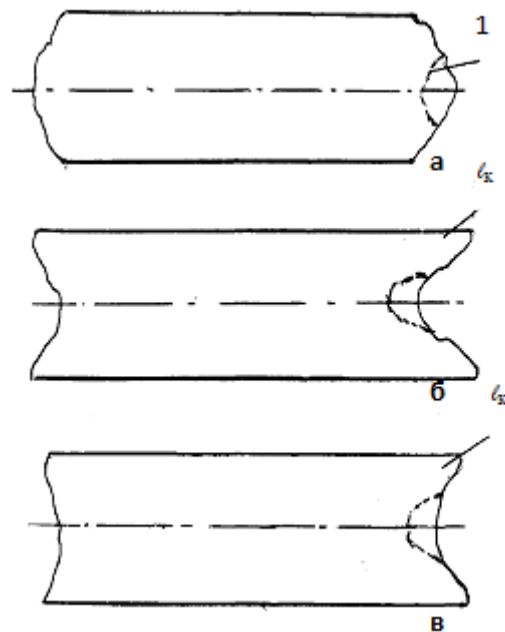


Рисунок 1.4 – Форми кінцевих ділянок сляба після прокатки: у горизонтальних валках (а), у вертикальних валках (б) і при спільній прокатуванні в горизонтальних і вертикальних валках (в) (1 – границі усадочної раковини).

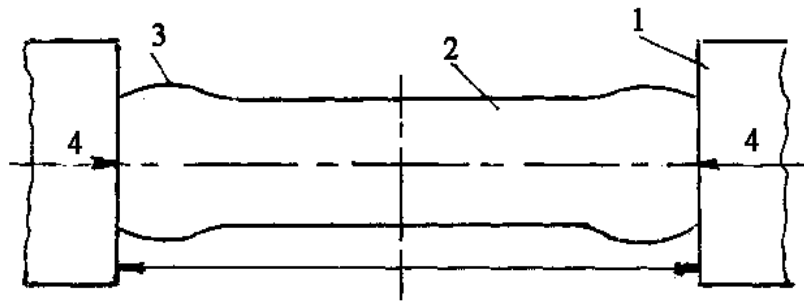


Рисунок 1.5 – Схема обтиснення розкату (сляба) вертикальними валками: 1 – вертикальні валки; 2 – розкат (сляб); 3 – крайовий наплив по висоті розкату; 4 – спрямування обтиснення розкату

Наявність "риб'ячого хвоста" на передньому або задньому кінцях сляба приводить до збільшення обрізі та, отже, до витрати металу. У зв'язку з необхідністю зменшення обрізі з'явилися роботи, у котрих розглянуті ряд технічних розв'язків, спрямованих на зниження розмірів "риб'ячого хвоста". У роботі [15] представлені результати досліджень і рекомендації зі зменшення кінцевого наката. Помітний вплив на розміри кінцевого наката виявляють: режим деформації вертикальними валками, співвідношення між шириною зливка й сляба, величина опуклості горизонтальних валків і діаметр вертикальних валків.

При прокатуванні слябів зі зливків типу 1А (перетин 780×1170 мм), де вертикальні валки розташовано перед горизонтальними та 2А (перетин 780×1350мм) на слябінгу 1150 мм, установлене, що розміри кінцевого наката й вихід придатного залежать від розмірів слябів, отриманих з того самого зливка. Найбільш доцільної є ширина зливка, коли обтиснення вертикальними валками (без обліку обтиснення металу, що уширився) становить 90 – 100 мм. Для цього випадку відношення $B/B_{сл} \approx 0,92$ ($B_{сл}$ – максимальна ширина зливка; B – ширина сляба). У цьому випадку довжина кінцевого наката на передньому кінці сляба становить усього 35 - 55 мм. Якщо обтиснення вертикальними валками становить $\Delta h_B = 185 - 220$ мм, то сляб одержує кінцевий накат у межах $l_H = 320 - 350$ мм. Усадочна рихлість

переміщається вглиб сляба, а величина обрізи збільшується до 8% замість установлених 5 - 6% на напівспокійних сталях. Однак якщо значно зменшується величина Δh_e (до 35 - 50 мм), то на передньому кінці сляба виходить накат у вигляді "язику". У цьому випадку бічні краї в достатньому ступені не проробляються вертикальними валками, у результаті чого край готової штаби може виходити з дефектами у вигляді рванин.

Зі збільшенням ширини сляба при порівняно однакових обтисненнях вертикальними валками довжина переднього кінцевого накату зменшується внаслідок зменшення відносного обтиснення по ширині сляба й збільшення ступені впливу обтиснення горизонтальними валками на поздовжній плин металу. Задні кінцеві ділянки (дона частина) при прокатуванні вузьких слябів ($B = 1000$ мм) має форму схожу до форми "язику", а при прокатуванні широких слябів ($B = 1460$ мм), кінцевий накат описується в плані кривої у формі синусоїди з витянутими крайовими і середньою частинами. Така форма задніх кінцевих накатів свідчить про те, що при прокатуванні вузьких слябів бічні ділянки розкату, що обжимаються вертикальними валками в більшій ступеню в парних проходах, подовжуються в основному в напрямку проти руху розкату, тобто передніх (головних) кінців, а при прокатуванні широких слябів має місце зразковий рівномірний плин металу на бічних ділянках у напрямку обох кінців розкату.

Зменшення нерівномірності деформації розкату по ширині досягається шляхом застосування одного з валків слябінга з опуклим профілем бочки. Завдяки опуклості утворюючої збільшується сумарний коефіцієнт витяжки середніх по ширині ділянок розкату. Витяжка (подовження) середніх по ширині шарів штаби збільшується в міру збільшення опуклості валків і кількості проходів. Раціональною є опуклість валка в межах 1,5 – 2,5мм. Доцільно встановлювати опуклий валок при проміжній перевалці одного з горизонтальних валків. У цьому випадку компенсується нерівномірне зношування бочки іншого валка і зменшується витрата металу на 0,5 – 2%.

Для зменшення довжини накатів і торцевої обрізі пропонується переривати процес прокатки розкату на середині та міняти орієнтацію головної і кінцевої частин розкату щодо первісного напрямку прокатки, задаючи прокат у валки кінцевою частиною. Однак при здійсненні цього способу зменшується продуктивність стану за рахунок розведення та реверсування валків або при розгортанні розкату на 180° .

Беручи до уваги, що помітне збільшення «риб'ячого хвоста» на слябі відбувається в другій половині проходів. Пропонується в перших проходах прокочувати сляб з відносно невеликим обтиском у горизонтальних валках, а деформацію по ширині сляба у вертикальних валках робити з максимально можливим обтисненням. У другій половині проходів сляб деформують у горизонтальних валках з обтисненням в 1,5 – 2, 5 рази більшим, ніж у першій половині проходів, а у вертикальних валках обтиснення повинне бути мінімальним (тільки усунення розширення). Пропоновані режими прокатки дозволяють зменшити масу обрізі сляба на 16,5 – 18,5%. Всебічне вивчення особливостей деформації металу при прокатуванні слябів виконано в роботі [17] у якій розроблена раціональна форма слябінгового зливка, що забезпечує зниження кінцевого накату та обрізі.

Зокрема, з метою зниження величини кінцевої обрізі пропонується форма зливка з усіченою торцевою частиною (ВАТ «Запорозжсталь», НПО «Донікс»). Конусність може бути виконана на донною або на головній частині зливка (рис. 1.6). Доцільно також конусність виконувати на широких гранях зливка. Застосування злиwkів подібної форми забезпечує зниження довжини накату у вигляді «риб'ячого хвоста» і кінцевої обрізі.

Різні шляхи зменшення довжини кінцевого накату, досвід впровадження технічних розв'язків на слябінгах і універсальних станах розглянутий у роботі [18]. Установлене [19], що в першій половині кампанії горизонтальних валків число опуклих слябів становить 20,3 %, а в другий 67,8%. За даними вимірів поперечних перерізів при прокатуванні на валках

40 – 83 тис. т металу поперечний переріз слябів має ввігнутий профіль, а напливи утворюються на самих крайках слябів.

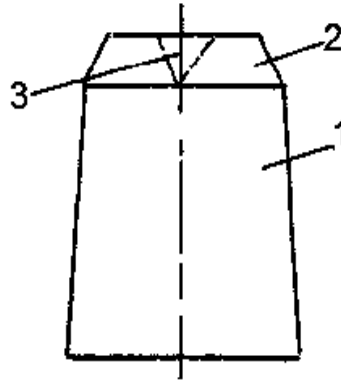


Рисунок 1.6 – Форма зливка: 1 – зливоч; 2 – конусність; 3 – усадочна рихлість

Після прокатки 96 - 160 тис.т металу сляби мають переважно опуклий профіль через зношування валків. При цьому більше зношування одержує верхній валок [20]; нерівномірність (рис. 1.6) зношування збільшується пропорційно збільшенню об'єму прокату (слябінг 1150). Велике зношування верхнього валка обумовлений абразивним впливом «грубної» окалини і руйнуючим струменем води, що попадає у осередок деформації та сприятливої утвору сітки розпалу в поверхневому шарі валка.

На поперечний профіль слябів істотний вплив виявляє зношування горизонтальних валків і величина обтиснення вертикальними валками. Зношування валків нерівномірне по довжині бочки і максимальне у середині довжини бочки [15].

2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРОКАТУВАННЯ НА СЛЯБІНГУ

Розробка режиму деформації й енергосилових параметрів для прокатки штаб заданого розміру має потребу в рішенні ряду взаємозалежних питань. Основними є: вибір розмірів, розподіл обтиснень по проходах, визначення швидкісних і температурних параметрів прокатки.

В основних проходах величина обтиснень визначається виходячи із захоплюючої можливості валків, по максимальних кутах захвата повинні бути розраховані енергосилові параметри деформації для коректування величини обтиснень по припустимих зусиллях, крутним моментам і потужностям приводних двигунів [21-23].

Визначимо відносне обтиснення за прохід, % по формулі В.О. Ніколаєва:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{H} \times 100, \quad (2.1)$$

де: H – висота розкату до обтиску, мм;

За формулою Головіна – Дрездена порахуємо випередження при прокаті:

$$S = \frac{\gamma^2 \times R}{h}, \quad (2.2)$$

де: R – радіус робочого валка; h – товщина металу при виході з валків.

Визначимо середню швидкість деформації. Вона необхідна для правильного розрахунку опору деформації матеріалу. Середню швидкість деформації визначають за формулою Целікова:

$$u_{cp} = \frac{V \times \alpha}{H}, \quad (2.3)$$

Температура штаби необхідна для визначення межі текучості. коефіцієнта тертя, останній у свою чергу впливає на зусилля момент прокатки .

Скористаємося формулою:

$$\Delta t = 0,021 \times \left(\frac{t_{i-1} + 273}{100} \right)^4 \times \frac{\tau_{i-1}}{h_{i-1}}, \quad (2.4)$$

де: t – температура перед входів у валки, (температура початку прокатки 1200°C); h_0 – висота злитка перед входом у валки; τ – час прокатки плюс час пауз.

Тиск металу на валки в кожному проході не повинен перевищувати зусилля допустимої міцністю валків і визначається за формулою:

$$P = p_{cp} \times F_k, \quad (2.5)$$

де p_{cp} – середній контактний тиск, МПа; F_k – площа контакту металу з валками, мм².

Середній контактний тиск визначаємо за формулою:

$$p_{cp} = \sigma_T \times n_\theta \times n'_\theta; \quad (2.6)$$

де: σ_T – межа текучості; n_θ – коефіцієнт підпору, що враховує вплив зовнішніх зон; n'_θ – коефіцієнт підпору, що враховує вплив зовнішнього тертя.

Межа текучості в зоні деформації для конкретних умов гарячої прокатки визначається за виразом:

$$\sigma_T = 1,15 \times \sigma_0 \times k_u \times k_t \times k_\varepsilon, \text{ МПа}, \quad (2.7)$$

k_t , k_u , k_ε – термомеханічні коефіцієнти, які враховують відповідно: температуру, ступінь і швидкість деформації:

Визначаємо термомеханічні коефіцієнти за методикою В.О. Ніколаєва:

$$k_t = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^{0,7}$$

$$k_u = 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln u)$$

$$k_\varepsilon = 0,8 + 0,2 \cdot [1 - 178 \cdot (0,1 - \varepsilon)^2]$$

при $\varepsilon > 0,1$ $k_\varepsilon = 1 + 0,43 \cdot [1 - 6,3 \cdot (0,5 - \varepsilon)^2]$

Момент прокатки по проходах визначається за формулою:

$$M_{np} = P \times \Psi \times l_d, \quad (2.8)$$

де Ψ – коефіцієнт плеча.

$$\psi = 0,53 + 0,19 \left(1 - l_d / h_{cp} \right)^2 \quad (2.9)$$

Розраховуємо потужність прокатки по проходах:

$$N_{\partial\varepsilon} = \frac{\pi}{30} \cdot M_{\partial\varepsilon} \cdot n_{\partial\varepsilon} \quad (2.10)$$

Процес прокатки на слябінгах своєрідний не тільки неоднорідністю схеми напружено-деформованого стану в обсязі металу, але і непостійністю її в часі, тобто у процесі прокатки. Наслідком цього є незвичайний характер зміни середнього питомого тиску обтиску розкату. Численні експериментальні дані свідчать про наявність мінімуму кривої залежності середнього питомого тиску від параметра.

Специфіка процесу прокатки великих злитків полягає також у хімічній неоднорідності оброблюваного литого матеріалу з великою кількістю порожнеч і включень різного роду.

На відміну від прокатки на передільних станах деформація металу на великих обтискних станах протікає у вузькому діапазоні високих температур. Падіння температури від першої проходу до останнього, як правило, не перевищує 50-70° С. Отже, в металі не відбувається фазових перетворень, що викликають зміну його властивостей. Високі температури прокатки сприяють швидкому протіканню процесу рекристалізації і зняттю зміцнення металу за час пауз між проходами [22].

2.1 Налаштування горизонтальних валків

Після кожної чергової завалювання валків обов'язково проводиться налаштування стана для забезпечення процесу прокатки і отримання необхідного профілю прокату.

Обов'язково перевіряється горизонтальність установки нижнього валка по рівню. У разі перекосу під підшипник з тієї чи іншої сторони підкладаються стругані підкладки.

Старший майстер стана повинен мати в запасі достатня кількість підкладок під корпусу текстолітових підшипників нижнього горизонтального валка.

Обов'язково перевіряється правильність установки нижнього валка по відношенню до рівня станина роликів. Нижній горизонтальний валок повинен бути встановлений на 40 – 50 мм вище їх рівня.

Опускається верхній валок на відстань, зручне для заміру кронциркулем зазору між валками.

Змиритися зазор між валками з обох сторін бочки валка. Верхній валок повинен бути встановлений паралельно нижньому.

Перекіс усувається опусканням або підйомом лівого натискного гвинта. При цьому відключаються шестерня включення, вал, який є плунжером двостороннього гідравлічного циліндра і призначений для роздільної роботи нажимними гвинтами при його підйомі вгору.

Розхил між горизонтальними валками (товщина прокочується штаби) завжди повинен знаходитися в точній відповідності з показаннями циферблата

2.2 Налаштування вертикальних валків

Робочі діаметри валків повинні бути однаковими і не мати конусности бочок. Осі вертикальних валків долини бути в одній площині , перпендикулярній до осі прокатки .

При установці обох верхніх траверс верхні напрямні поверхні повинні лежати в одній горизонтальній площині. Горизонтальність цих площин при установці верхніх траверс повинна перевірятися за допомогою рівня як кожної окремої, так і обох разом.

При установці верхніх напрямних траверс спочатку перевіряється за рівнем і закріплюється одна з них, а друга встановлюється по ній, причому перевірка повинна проводитися довгою лінійкою і рівнем , що накладаються поперемінно на обидві траверси по діагоналі.

Правильна установка напрямних траверс більшою мірою забезпечує також паралельність осей вертикальних валків в площині, в якій лежать осі горизонтальних валків, тобто усувається перекіс валків в напрямку лінії прокатки. Тому при установці нижніх напрямних траверс потрібно стежити, щоб вертикальні напрямні площині нижніх траверс були по всій довжині строго паралельно нижнім напрямним щоках несучих рам.

Контроль за правильною налаштуванням горизонтальних і вертикальних валків покладається на старшого оператора поста управління стана і старшого майстра стана.

2.3 Прокатка злитків

Прокатка злитків проводиться відповідно до графіка прокатки, складеним ПРБ ЦГПТЛ на підставі наявних замовлень, а злитків (плавов), призначених на товарні сляби ПРБ обтискного цеху з урахуванням максимального виходу придатного.

Залежно від вимог замовлення на сляби товщини розкатів повинні бути в межах:

- а) з вуглецевої сталі – 100 – 200 мм;
- б) з низьколегованої сталі – 100 – 170 мм;
- в) з високовуглецевої сталі – 100 – 160 мм.

Ширина прокатуваних розкатів, яка може бути отримана з кожного типу злитка, вказана в таблиці 1.1.

Примітка – Зливки 4А типу при призначенні плавов на рулони з розпуском дозволяється прокатувати на сляби шириною 1530 мм.

Старший оператор стана, отримавши дозвіл від старшого змінного майстра, дає вказівку на включення устаткування і команду на складання електросхеми та запуск стана.

Запуск стана можливий тільки при наявності бирки у старшого оператора і тільки після видалення всіх людей з небезпечних зон і подачі старшим оператором звукового сигналу – один довгий гудок.

Після холостий прокрутки всіх механізмів старший оператор зобов'язаний по селекторного зв'язку зажадати подачу злитків з нагрівальних колодязів. Можливе використання світлових (зелене світло) звукових (2 коротких гудка) сигналів.

Нагріті злитки видаються з осередку кліщовим краном і ставляться в люльку злитковіза і причіпний візок, який доставляє їх до приймального рольгангу стану, або в стаціонарний перекидач, що укладає зливки на рольганг. Злитки, мають припливи в нижній частині, повинні так встановлюватися в люльку злитковіза, щоб при перекиданні злитка на рольганг прилив був звернений вгору або в сторону.

Всі злитки I групи марок сталі, призначених для транзитної прокатки, задаються і прокочуються донної частиною вперед (злитки плавки відповідального призначення прокочуються головною частиною вперед для повного видалення усадочних вад), при цьому величина обтиснення в першому проході повинна бути на 15 – 20 мм менше, ніж передбачено режимами обтиснень і щоб уникнути ударів і пробуксовок захоплення злитка в першому і другому проході повинен бути на швидкості горизонтальних валків не більше 25 об/хв.

При видачі першого злитка кожної плавки в прокатку старший нагрівальник повідомляє по селектору номер плавки, марку сталі, тип злитка і їх кількість, а бригадир ділянки підготовки основного виробництва негайно на дисплеї головного посту (пост № 1) набирає по даній плавці наступні дані: номер плавки, марку сталі, тип злитка, кількість злитків, призначення, перетин прокатуваних слябів, а також вказує кількість відокремлених злитків і перетин прокатуваних з них слябів з таким розрахунком, щоб у процесі транспортування першого злитка до стану ці дані були висвітлені.

Оператор поста управління № 1 стежить за тим, щоб доставка і плющення злитків, а також транспортування розкатів злитків до ножиць проводилася ритмічно, забезпечувала заданий темп прокатки згідно табло системи узгодження темпу і виключала затримки металу.

Величина обтиснень горизонтальними і вертикальними валками при кожному проході проводиться відповідно з режимами обтиснень для кожного типу злитка, розміру слябів і групи сталі.

Розподіл марок сталі по групах режимів обтиснень наведені в таблиці 2.1.

Для виробництва слябів найбільш часто замовляються перерізів з урахуванням марки сталі і прокатуваної ширини розроблені 18 режимів обтиснень (Додаток Б) [24].

У таблиці 2.1 вказано необхідну кількість проходів при прокатці злитків залежно від марки сталі, товщини і ширини слябів .

Таблиця 2.1 – Розподіл марок сталі по групах режимів обтиску

Група сталі	Марка сталі	Група режимів обтиснень
Напівспокійні і киплячі Нестаріюча	08пс(кп), 10 пс(кп), 15 пс(кп), 15ПСН, 20 пс(кп), 25 пс, Ст0, Ст1пс(кп), Ст3пс(кп), Ст4пс(кп), Ст3Гпс, Ст5Гпс 08Ю, 08ПСН	I
Вуглецеві спокійні	10, 15, 20, 25, 30, 15К, 20К, Ст0, Ст2сп, Ст3сп, Ст4сп, Ст15 - медистая	II
Низьколеговані	09Г2Д, 12ГС, 09Г2, 16ГС, 09ГС, 14Г2, 17ГС, 09Г2С, 09Г2Т, 10ХНДП, 17Г1С, Ст5сп 07ГСЮФ, 08ГСЮТ, 08ГСЮФ, 08ЮТ, 08ГЮФ, 08ГЮТ	III
Високовуглецеві	60С2, 60С2А, 70Х, 45, 55, 60Г, 65Г, 70Г	IV

Прокатка злитків, переданих транзитом безпосередньо до НТЛС «1680» ЦГПТЛ, злитків IV групи і поставки ДСС здійснюється по одному («одиначна прокатка»). Прокатка злитків на склад або для посадки в методичні печі I, II і III груп марок стали проводиться, як правило, одночасно по два («спарена прокатка»). Примітки:

1. Якщо замовляється НТЛС високий темп (74 секунди і менше) прокатки зливків I групи стали при транзитній прокатці, то в цьому випадку дозволяється «спарена» прокатка.

2. Якщо сляби I групи стали не передаються транзитом до стану НТЛС «1680» то завдання злитків в прокатку виробляється головною частиною вперед.

При «спареної» прокатці злитків величина обтиснення в першому проході повинна бути на 15 – 20 мм менше, ніж передбачено режимами обтиску. Примітки

1. При «спареної» прокатці злитків в перших двох, проходах кількість води, що подається для охолодження валків знижується на 50 %.

2. Спарена прокатка завершується за 5– 7 проходів до закінчення обтиску злитків і подальша їх плющення проводиться роздільно до кінцевої товщини.

При прокатці категорично забороняється :

- Захоплення злитка в момент гальмування головного приводу;
- Включення натискних пристроїв клітей горизонтальних і вертикальних валків в момент знаходження металу в валках;
- Включення стана на реверс до моменту повного виходу розкату з валків.

Максимальне допустиме навантаження (тобто навантаження, при досягненні якої спрацьовує попередній захист) при одиначній і спареній прокатці не повинна перевищувати:

- а)силу струму на кожен двигун горизонтальних валків – 16,5 кА;
- б) силу струму на кожен пару двигунів вертикальних валків – 4,4 кА.

Для забезпечення стійкого процесу прокатки навантаження на двигун нижнього горизонтального валка повинна бути на 2,0 – 2,5 кА більше, ніж на двигун верхнього горизонтального валка.

2.4 Обробка та обговорення результатів дослідження

Удосконалення процесу прокатування відливків на сляб є початковою проблемою, оскільки саме на цьому стані прокатування можна значно зекономити час прокатування зі збереженням відповідної кількості тепла відливка, та зменшити енергозатрати.

При прокатуванні відливка пластична деформація не проникає на всю товщину перетину, що приводить до значної нерівномірності деформацій по висоті відливка.

Як відомо, зі збільшенням величини обтискування за один прохід, глибина проникнення пластичної деформації зростає [2,4].

Це викликає намагання збільшення разових обтискувань, які в той же час обмежуються захоплюючою здатністю валка, яка в початковий момент захоплення і в усталеному процесі різка. Можливість захоплення металу в усталеному процесі більша ніж в початковий момент.

Разом з тим внаслідок високої пластичності сталі при температурах прокатки вона може сприймати при гарячому прокатуванні надто високі обтискування баз розривів кромки, руйнування або розколювання

Таким чином було встановлено, що:

1 – прокатування з обтискуванням більше 50 % за прохід для багатьох металів та сплавів не лімітується їх властивостями;

2 – збільшення обтискування обмежується міцністю валків і робочої кліти та потужністю головного приводу;

3 – збільшення обтискування обмежене умовами стійкого захоплення.

Враховуючи, що при прокатці слябів, ставлення $l_0/h < 1$, отже маємо прокатку високих штаб, виявлено що пластичні деформації при прокатці штаб не проникають на всю глибину перетину і це призводить до значних нерівномірних деформацій по висоті злитка.

Зі збільшенням обтиснень за один прохід, глибина проникнення пластичних деформацій збільшується. У цьому зв'язку виникає прагнення разових обтиснень при прокатці високої штаби, проте воно обмежується захоплюючої здатністю валка. Слід зазначити, що захоплююча здатність валка в початковий момент і при сталому процесі різний. Можливість захоплення металу при сталому процесі більше ніж у початковий момент і це видно раніш вказаних викладок.

Накопичено також численний експериментальний матеріал по визначенню середніх питомих тисків і характеристик міцності металу, а також з інших питань теорії прокатки товстих штаб. Знання напружено-деформованого стану металу і констант міцності та пластичності дозволило отримати нові аналітичні вирази для визначення середнього нормального контактного напруження і виконувати по них необхідні розрахунки, оцінюючи похибку отриманих формул за експериментальними даними. Таким чином, теоретичні та експериментальні моделі взаємно доповнюють одна одну.

Основними такими дослідженнями є :

-вивчення викривлення форми бічної поверхні прокатуваної штаби. Цей спосіб застосовується головним чином для вивчення течії металу в поперечному напрямку. Для визначення характеру розподілу стовщення по висоті штаби.

-вивчення зсувів по висоті точок, що розташовувалися до прокатки на одній вертикальній або горизонтальній лінії в площині поперечного перерізу штаби. Цим способом користуються в основному для дослідження розподілу деформації стиснення по висоті і ширині розкату, а також для визначення глибини її поширення в товщу металу.

-вивчення змін форми осередків прямокутної координатної сітки, нанесеної до прокатки на бічній грані або на вертикальній поздовжній площині роз'єму двох половинок зразка. Цим способом користуються, як правило, при визначенні величин переміщення в поздовжньому напрямку різних точок штаби, що розташовувалися до прокатки на одній і тій же вертикалі, при проходженні ними осередку деформації.

Розширення, як відомо, є не єдиним наслідком висотної деформації. Якби одночасно не відбувалося витяжки металу в поздовжньому напрямку, то по зміні форми бічної грані можна було б скласти уявлення не тільки про нерівномірності розподілу розширення по висоті розкату, а й про ступінь обтиснення окремих шарів металу. Наявність поздовжньої деформації і мінливість відносини об'ємів металу, що йдуть на розширення і витяжку, викривляють картину взаємозв'язку висотної і поперечної деформацій. Глибина поширення деформації по ширині розкату різна.

Коректне рішення задачі за визначенням впливу зовнішніх зон на напружений стан металу при прокатці високих штаб в даний час відсутнє. Тому розрахунок середніх контактних напружень при прокатці високих штаб проводять по наближених або емпіричних формулах.

2.5 Пропозиції та заходи щодо вдосконалення процесу, технології, обладнання.

Необхідність великого обтискного стану у складі металургійного підприємства визначається рядом технологічних та економічних факторів. Такий стан у складі металургійного підприємства дає можливість підвищення продуктивності сталеплавильних агрегатів. У мартенівських цехах з різнотипними печами принципово неможливо побудувати і здійснити графік роботи, в якому передбачалися б рівномірні в часі випуски плавок.

Прийняти і переробити продукцію таких цехів з найменшими виробничими витратами на заводі «Запоріжсталь» може тільки обтискний стан, який володіє великою оперативністю у виробництві, забезпечує будь який стан необхідної заготовлю.

В більшості випадків початковими заготовками при прокатці товстих і особливо товстих штаб слугують злитки, або литі сляби і блюми. Литий метал має грубозернисту структуру і несучільності.

За останні десять років на слябінгу «Запоріжсталь» проведено ряд технічних заходів, які дозволили поліпшити показники його роботи. Але, на жаль, є ще багато недоліків в існуючому технологічному процесі. Для підвищення продуктивності слябінга, підвищення якості прокату, зниження енерговитрат потрібно внести ряд заходів з реконструкції.

Основними такими дослідженнями є :

-вивчення викривлення форми бічної поверхні прокатуваної штаби. Цей спосіб застосовується головним чином для вивчення течії металу в поперечному напрямку. Для визначення характеру розподілу стовщення по висоті штаби.

-вивчення зсувів по висоті точок, що розташовувалися до прокатки на одній вертикальній або горизонтальній лінії в площині поперечного перерізу штаби. Цим способом користуються в основному для дослідження розподілу деформації стиснення по висоті і ширині розкату, а також для визначення глибини її поширення в товщу металу.

-вивчення змін форми осередків прямокутної координатної сітки, нанесеної до прокатки на бічній грані або на вертикальній поздовжній площині роз'єму двох половинок зразка. Цим способом користуються, як правило, при визначенні величин переміщення в поздовжньому напрямку різних точок штаби, що розташовувалися до прокатки на одній і тій же вертикалі, при проходженні ними осередку деформації.

Всі дефекти слябів і заготовок можна розділити на дві групи:

1) дефекти ливарного походження, тобто такі дефекти слябів які обумовлені будь-якими дефектами зливків;

2) дефекти прокатного походження, тобто такі дефекти, причинами яких є порушення в технологічному процесі прокатки напівпродукту.

Дефекти прокатного походження можуть бути викликані неправильним нагрівом зливків, неправильним налаштуванням стану, низькою якістю валкової арматури і неправильним встановленням її, неправильним температурним режимом прокатки, неправильним режимом охолодження металу після прокатки та ін.

Заходи усунення недоліків на слябінгу 1150

Зменшення нерівномірності деформації розкату по ширині досягається шляхом застосування одного з валків слябінга з опуклим профілем бочки. Завдяки опуклості утворюючої збільшується сумарний коефіцієнт витяжки середніх по ширині ділянок розкату. Витяжка (подовження) середніх по ширині шарів штаби збільшується в міру збільшення опуклості валків і кількості проходів. Раціональною є опуклість валка в межах 1,5 – 2,5мм. Доцільно встановлювати опуклий валок при проміжній перевалці одного з горизонтальних валків. У цьому випадку компенсується нерівномірне зношування бочки іншого валка і зменшується витрата металу на 0,5 – 2%.

У роботі з метою зменшення довжини накатів і торцевої обрізі пропонується переривати процес прокатки розкату на середині та міняти орієнтацію головної і кінцевої частин розкату щодо первісного напрямку прокатки, задаючи прокат у валки кінцевою частиною. Однак при здійсненні цього способу зменшується продуктивність стану за рахунок розведення та реверсування валків або при розгортанні розкату на 180°.

Беручи до уваги, що помітне збільшення «риб'ячого хвоста» на слябі відбувається в другій половині проходів. Пропонується в перших проходах прокочувати сляб з відносно невеликим обтиском у горизонтальних валках, а деформацію по ширині сляба у вертикальних валках робити з максимально можливим обтисненням. У другій половині проходів сляб деформують у

горизонтальних валках з обтисненням в 1,5 – 2, 5 рази більшим, ніж у першій половині проходів, а у вертикальних валках обтиснення повинне бути мінімальним (тільки усунення розширення). Пропоновані режими прокатки дозволяють зменшити масу обрізі сляба на 16,5 – 18,5%. Всебічне вивчення особливостей деформації металу при прокатуванні слябів виконано в роботі у якій розроблена раціональна форма слябінгового зливка, що забезпечує зниження кінцевого накату та обрізі.

Зокрема, з метою зниження величини кінцевої обрізі пропонується форма зливка з усіченою торцевою частиною (ВАТ «Запорозжсталь», НПО «Донікс»). Конусність може бути виконана на донною або на головній частині зливка. Доцільно також конусність виконувати на широких гранях зливка. Застосування злиwkів подібної форми забезпечує зниження довжини накату у вигляді «риб'ячого хвоста» і кінцевої обрізі.

Різні шляхи зменшення довжини кінцевого накату, досвід впровадження технічних розв'язків на слябінгах і універсальних станах розглянутий у роботі . В першій половині кампанії горизонтальних валків число опуклих слябів становить 20,3 %, а в другий 67,8%. За даними вимірів поперечних перерізів при прокатуванні на валках 40 – 83 тис. т металу поперечний переріз слябів має ввігнутий профіль, а напливи утворюються на самих крайках слябів.

Після прокатки 96 - 160 тис.т металу сляби мають переважно опуклий профіль через зношування валків. При цьому більше зношування одержує верхній валок; нерівномірність зношування збільшується пропорційно збільшенню об'єму прокату (слябінг 1150). Велике зношування верхнього валка обумовлений абразивним впливом «грубної» окалини і руйнуючим струєю води, що попадає у вогнище деформації та сприятливої утвору сітки розпалу в поверхневому шарі валка.

На поперечний профіль слябів істотний вплив виявляє зношування горизонтальних валків і величина обтиснення вертикальними валками.

Зношування валків нерівномірне по довжині бочки і максимален у середині довжини бочки .

У міру збільшення об'єму прокату нерівномірність вироблення валків зростає, досягаючи до кінця кампанії 10 – 15 мм на діаметр.

Якість поверхні зливків покращують, зменшуючи загазованість та забруднення сталі. Під загазованістю розуміють кількість газових міхурів, а під забрудненнями – окисли, сульфіди та інші шкідливі домішки. Рафінування сталі вакуумно-дуговим, електрошлаковим, плазмо-дуговим, електронно-променевим переплавом енергоємне і за вартістю прийнятне хіба, що для високолегованих сталей, наприклад нержавіючої. Для маловуглецевих сталей усіх груп розкисленості більш прийнятними є технології позапічної обробки сталі. Наприклад, рафінування розплаву сталі в ковші синтетичними шлаками дає можливість знижувати вміст сірки до 0,005 - 0,007%. При використанні синтетичних шлаків в сталі зменшується також вміст окислів. Останнім часом застосовують також розливання сталі у виливниці під рідким шлаком (екзотермічною сумішшю). Насамкінець необхідно зазначити, що кардинальним методом покращення якості та збільшення виходу придатного в штабаовому прокатному виробництві є застосування безперервної розливки сталі.

Дефекти слябів виходять також при різанні їх на ножицях. До них відносять: косий різ при неправильній установці сляба відносно площини ножів; загин кінця штаби, причиною якої є неправильне налаштування ножиць (великий зазор між ножами, недостатньо гострі ножі та ін.); зминання краю на торці, по тим же причинам, що і загин кінця штаби; задирки на торці, причиною яких є притуплення ножів або погане їх налаштування.

При недостатній обрізці кінців на слябах можуть залишатися сліди усадочної раковини і пухкості.

Зовнішні тріщини утворюються на заготовках в процесі охолодження, але дуже часто після охолодження металу (через кілька годин і навіть

днів). У зв'язку з цим такі тріщини називають «холодними» або гартованими, тому що при наявності їх метал зазвичай виходить з підвищеною твердістю, тобто як би загартували при швидкому охолодженні.

Ці тріщини іноді бувають неглибокі і нагадують волосини. Зазвичай вони витягуються в переривчасті лінії в напрямку прокатки. Однак холодні тріщини можуть проникати і до центру заготовки, а у малопластичних сталей можна спостерігати скрізні тріщини великих розмірів, які перетинають всю товщину заготовки переважно у її кінців.

Причинами утворення холодних тріщин є залишкові напруження, що виникають у процесі прокатки, а також у процесі охолодження металу після прокатки (теплові до структурні напруги). Чим більше швидкість охолодження після прокатки, тим більше напруги, що виникають при цьому і більше вірогідність отримання холодних тріщин.

Однак не всі сталі матимуть холодні тріщини при швидкому охолодженні їх після прокатки. Наприклад, сляби з низько вуглецевої сталі можна охолоджувати з будь-якою швидкістю, не побоюючись утворення зовнішніх тріщин або будь-якого погіршення якості сталі.

Зазвичай після прокатки регулюють швидкість охолодження слябів з легованої і високолегованої сталі. Одні з цих сталей більш схильні до утворення холодних тріщин, інші менш схильні і залежно від цього доводиться застосовувати різні заходи, що запобігають утворенню цих тріщин.

Різні поверхневі дефекти видаляють при підготовці вихідних матеріалів (зливків і слябів) до прокатки. Ця операція є важливою, особливо при прокатуванні якісної вуглецевої і легованої сталі, використовуваної для виготовлення відповідальних деталей машин у різних галузях промисловості. Витрати на підготовку вихідних матеріалів у цьому випадку окупаються збільшеним виходом і підвищеною якістю придатного готового прокату.

Зазвичай на металургійних заводах застосовують гарячу садку зливків у нагрівальні колодязі, тому поверхневі дефекти видаляють з заготовок (не виключена можливість видалення поверхневих дефектів і з гарячих зливків).

До якості поверхні зливків легованої і високолегованої сталі пред'являють особливо високі вимоги. У зв'язку з цим зливки можна повністю охолоджувати, піддавати зачистці і направляти в холодному стані на нагрів (перед зачисткою може бути застосована зм'якшена термічна обробка). До видаляємих поверхневих дефектів заготовок відносять плени, тріщини, неметалічні включення, подряпини та ін.

Найбільш економічним і прогресивним способом видалення поверхневих дефектів є вогнева зачистка. У процесі такої зачистки шар металу спалюється і видаляється з поверхні кисневим струменем.

Вогневу зачистку здійснюють вручну і спеціальними машинами. При ручній вогневій зачистці, як правило, видаляються певні дефекти поверхні зливків і заготовок. У цьому випадку різак підводять до дефекту і протягом декількох секунд підігрівають метал до $950 - 1000^{\circ} \text{C}$. Різак встановлюють під кутом $75 - 80^{\circ}$ до поверхні заготовки. Після досягнення температури запалення металу збільшують кількість впускання в різак кисню, який спалює і видаляє шар металу. При цьому нахил різака до поверхні заготовки зменшують до $25 - 30^{\circ}$. Ручна вогнева зачистка здійснюється вздовж заготовки. Краї канавки повинні бути пологими. Ширина канавки повинна бути не менш ніж у п'ять разів більше глибини, а довжина - не менш ніж у три рази більше ширини.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок деформаційного режиму прокатки на слябінгу 1150

Визначається деформаційний режим прокатки в перших проходах по захоплюючою здібності. Облік обтиснень з урахуванням характеристик міцності обладнання, потужності приводу тут не наводяться, так як з аналізу літературних практичних даних за цими характеристиками існує надлишковий резерв. Деформаційний режим по проходах необхідний для визначення кінематичних та силових параметрів в кожному проході. До них відносяться середня швидкість деформації, межа плинності, коефіцієнт підпору, середній контактний тиск, момент і сила прокатки [25-27].

В таблиці 3.1 наведено вихідні дані для деформаційного розрахунку.

Таблиця 3.1 – Вихідні данні

Марка сталі	H , мм	B , мм	L , мм	h , мм	b , мм	l , мм	α , °	α , рад	D_B , мм	ρ , т/м ³
Сталь 3	780	1200	2000	150	1000	12480	20	0,35	1150	7,85

Злиток з розмірами 780 × 1200 × 2000 мм прокатуємо до сляба з розмірами 150 × 1000 × 12480 мм.

Розрахунок режимів деформації проводимо відповідно до методики В. О. Ніколаєва[11]. При заданих розмірах виконують розрахунок маси зливка (сляба) з використанням формули:

$$G = h \times b \times L \times \gamma \times k_{\delta} , \quad (3.1)$$

де: L – довжина готового розкату після обрізки кінців; k_{ϕ} – фабрикаційний коефіцієнт (коефіцієнт витрат металу в обріз: для слябів – $k_{\phi} = 1,1 \dots 1,25$; γ – питома маса металу (для сталі $\gamma = 7,85$ т/м³).

$$G = 0,78 \times 1,2 \times 2 \times 7,85 \times 1,1 = 14695_{\text{кг}} = 14,7 \text{ т.}$$

Для низьковуглецевих конструкційних марок сталі, максимальне допустиме обтиснення на слябінгу обмежується тільки кутом захоплення.

Допустиме обтиснення визначаємо по залежності:

$$\Delta h_H = \alpha^2 \times R_H, \quad (3.2)$$

$$\Delta h_B = \alpha^2 \times R_B, \quad (3.3)$$

де: R_H, R_B – радіус валків відповідно нових і спрацьованих, мм; α – максимальний кут, при якому відбувається захоплення металу прокатними валками, рад.

Тоді, середнє обтиснення за прохід у валках:

$$\Delta h_{\text{HCP}} = 0,35^2 \times 575 = 70_{\text{мм}};$$

Сумарне обтиснення по висоті:

$$\sum \Delta h_H = H - h_k, \quad (3.4)$$

де: H – початкова висота злитка, мм; h_k – висота готового сляба, мм.

$$\sum \Delta h_H = 780 - 150 = 630_{\text{мм}}$$

Сумарне обтиснення по ширині:

$$\sum \Delta h_B = B - b_k, \quad (3.5)$$

де: B – початкова ширина злитка, мм; b_k – ширина готового сляба, мм.

$$\sum \Delta h_B = 1200 - 1000 = 200 \text{ мм.}$$

Знаючи величину максимального обтиску і величину сумарного обтиснення по стороні розкату, визначимо кількість проходів при обтисненні по сторонам:

$$n_H = \frac{\sum \Delta h_H}{\Delta h_{HCP}} = \frac{630}{70} = 9;$$

Кількість проходів по ширині приймаємо рівне кількості проходів по висоті.

Холості проходи не передбачено. Загальну кількість проходів приймаємо не парною.

Таким чином, загальна кількість проходів: $n_\Sigma = 9$.

Розрахуємо розширення Δb для кожного проходу:

$$\Delta b = \frac{2 \times b_{cp} \times \Delta h \times k}{(H + h) \times \left[1 + (1 + \alpha) \times \left(\frac{b_{cp}}{R \times \alpha} \right)^n \right]}, \quad (3.6)$$

де $k = 1$ – вільне розширення; H и h – висота розкату до і після прокатки; $\alpha = 0,35$; $R = 757$ мм; $n = 2$, за умов $R \times \alpha < b = 201,25 < 1200$.

$$b_{cp1} = \frac{1200 + 1158}{2} = 1179 \text{ мм;}$$

$$\Delta b_1 = \frac{2 \times 1179 \times 70 \times 1}{(780 + 710) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1179}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 3,98 \approx 4 \text{ мм};$$

$$b_1 = 1158 + 4 = 1162 \text{ мм.}$$

$$b_{cp2} = \frac{1162 + 1120}{2} = 1141 \text{ мм};$$

$$\Delta b_2 = \frac{2 \times 1141 \times 70 \times 1}{(710 + 640) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1141}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 4,54 \approx 5 \text{ мм};$$

1.

$$b_2 = 1120 + 5 = 1125 \text{ мм.}$$

$$b_{cp3} = \frac{1125 + 1100}{2} = 1112,5 \text{ мм};$$

$$\Delta b_3 = \frac{2 \times 1112,5 \times 70 \times 1}{(640 + 570) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1112,5}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 5,19 \approx 5 \text{ мм};$$

$$b_3 = 1100 + 5 = 1105 \text{ мм.}$$

$$b_{cp4} = \frac{1105 + 1080}{2} = 1092,5 \text{ мм};$$

$$\Delta b_4 = \frac{2 \times 1092,5 \times 70 \times 1}{(570 + 500) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1092,5}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 5,96 \approx 6 \text{ мм};$$

$$b_4 = 1080 + 6 = 1086 \text{ мм.}$$

$$b_{cp5} = \frac{1086 + 1061}{2} = 1073,5 \text{ мм};$$

$$\Delta b_5 = \frac{2 \times 1073,5 \times 70 \times 1}{(500 + 430) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1073,5}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 6,98 \approx 7 \text{ мм};$$

$$b_5 = 1061 + 7 = 1068 \text{ мм.}$$

$$b_{cp6} = \frac{1068 + 1043}{2} = 1055,5 \text{ мм};$$

$$\Delta b_6 = \frac{2 \times 1055,5 \times 70 \times 1}{(430 + 360) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1055,5}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 8,33 \approx 8 \text{ мм};$$

$$b_6 = 1043 + 8 = 1051 \text{ мм.}$$

$$b_{cp7} = \frac{1051 + 1026}{2} = 1038,5 \text{ мм};$$

$$\Delta b_7 = \frac{2 \times 1038,5 \times 70 \times 1}{(360 + 290) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1038,5}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 10,28 \approx 10 \text{ мм};$$

$$b_7 = 1026 + 10 = 1036 \text{ мм.}$$

$$b_{cp8} = \frac{1036 + 1011}{2} = 1023,5 \text{ мм};$$

$$\Delta b_8 = \frac{2 \times 1023,5 \times 70 \times 1}{(290 + 220) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1023,5}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 13,28 \approx 13 \text{ мм};$$

$$b_8 = 1011 + 13 = 1024 \text{ мм.}$$

$$b_{cp9} = \frac{1024 + 1000}{2} = 1012 \text{ мм};$$

$$\Delta b_8 = \frac{2 \times 1012 \times 70 \times 1}{(220 + 150) \times \left[1 + (1 + 0,35) \times \left(\frac{1012}{757 \times 0,35} \right)^2 \right]} = 18,49 \approx 19 \text{ мм};$$

Результати розрахунку зведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Режими обтиснень

№ проходу	H , мм	Δh_H , мм	R , мм	α , рад	Δh_B , мм	Δb , мм	B , мм
-	780	-	575	-	-	-	1200
1	710	70	575	0,35	42	4	1162
2	640	70	575	0,35	42	5	1125
3	570	70	575	0,35	25	5	1105
4	500	70	575	0,35	25	6	1086
5	430	70	575	0,35	25	7	1068
6	360	70	575	0,35	25	8	1051
7	290	70	575	0,35	25	10	1036
8	220	70	575	0,35	25	13	1024
9	150	70	575	0,35	25	19	1000

Визначимо відносне обтиснення за прохід, %:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{H} \times 100, \quad (3.7)$$

де: H – висота розкату до обтиску, мм;

$$\varepsilon_1 = \frac{70}{780} \times 100 = 9 \%; \quad \varepsilon_2 = \frac{70}{710} \times 100 = 10 \%;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{70}{640} \times 100 = 11 \%; \quad \varepsilon_4 = \frac{70}{570} \times 100 = 12 \%;$$

$$\varepsilon_5 = \frac{70}{500} \times 100 = 14 \%; \quad \varepsilon_6 = \frac{70}{430} \times 100 = 16 \%;$$

$$\varepsilon_7 = \frac{70}{360} \times 100 = 19 \%; \quad \varepsilon_8 = \frac{70}{290} \times 100 = 24 \%;$$

$$\varepsilon_9 = \frac{70}{220} \times 100 = 31 \%;$$

3.2 Кінематичний розрахунок режиму прокатки на слябінгу

До кінематичних параметрами процесу прокатки відносяться: випередження, середня швидкість деформації при прокатці. Для визначення випередження при прокатці необхідний нейтральний кут, нейтральний кут залежить від коефіцієнта тертя, кута захвату.

Кут захоплення металу валками визначимо за формулою:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}, \quad (3.8)$$

де: Δh – величина абсолютного обтиску по проходам; R – радіус робочого валка;

$$\alpha = \sqrt{\frac{70}{575}} = 0,35 = 20^\circ,$$

Кут захоплення для кожного проходу постійний, так як величина Δh не змінюється ні в одному проході.

Визначаємо коефіцієнт тертя при захопленні металу валками за формулою:

$$f_{\partial\partial} = k_u \times k_t \times k_\varepsilon \times (1,05 - 0,0005 \times t_i), \quad (3.9)$$

де: k_u , k_t , k_ε – термомеханічні коефіцієнти, які враховують температуру, ступінь і швидкість прокатки; t – температура після кожного проходу.

Коефіцієнт тертя по проходам:

$$\begin{aligned}
f_{\delta\delta 1} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1197) = 0,325 ; \\
f_{\delta\delta 2} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1193) = 0,326 ; \\
f_{\delta\delta 3} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1193) = 0,326 ; \\
f_{\delta\delta 4} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1188) = 0,328 ; \\
f_{\delta\delta 5} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1182) = 0,33 ; \\
f_{\delta\delta 6} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1175) = 0,333 ; \\
f_{\delta\delta 7} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1166) = 0,336 ; \\
f_{\delta\delta 8} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1154) = 0,34 ; \\
f_{\delta\delta 9} &= 1 \times 0,8 \times 0,9 \times (1,05 - 0,0005 \times 1136) = 0,347 .
\end{aligned}$$

Визначимо величину нейтрального кута при заданих значеннях кута контакту і коефіцієнта тертя за формулою Екелунда – Павлова:

$$\begin{aligned}
\gamma &= \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2 \times f} \right) , & (3.10) \\
\gamma_1 &= \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,325} \right) = 0,08 ; \\
\gamma_2 &= \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,326} \right) = 0,081 ; \\
\gamma_3 &= \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,326} \right) = 0,081 ; \\
\gamma_4 &= \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,328} \right) = 0,082 ; \\
\gamma_5 &= \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,33} \right) = 0,082 ; \\
\gamma_6 &= \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,333} \right) = 0,083 ;
\end{aligned}$$

$$\gamma_7 = \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,336} \right) = 0,084 ;$$

$$\gamma_8 = \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,34} \right) = 0,085 ;$$

$$\gamma_9 = \frac{0,35}{2} \left(1 - \frac{0,35}{2 \times 0,347} \right) = 0,086 ;$$

За формулою Головіна – Дрездена порахуємо випередження при прокаті:

$$S = \frac{\gamma^2 \times R}{h} , \quad (3.11)$$

де: R – радіус робочого валка; h – товщина металу при виході з валків.

$$S_1 = \frac{0,08^2 \times 575}{710} = 0,005 ;$$

$$S_2 = \frac{0,081^2 \times 575}{640} = 0,005 ;$$

$$S_3 = \frac{0,081^2 \times 575}{570} = 0,006 ;$$

$$S_4 = \frac{0,082^2 \times 575}{500} = 0,0067 ;$$

$$S_5 = \frac{0,082^2 \times 575}{430} = 0,0077 ;$$

$$S_6 = \frac{0,083^2 \times 575}{360} = 0,009 ;$$

$$S_7 = \frac{0,084^2 \times 575}{290} = 0,011 ;$$

$$S_8 = \frac{0,085^2 \times 575}{220} = 0,014 ;$$

$$S_9 = \frac{0,086^2 \times 575}{150} = 0,019 ;$$

Визначимо швидкість по проходах:

$$V = V_B (1 + S) , \quad (3.12)$$

де: $V_B = \omega \times R$ м/с, швидкість прокатки;

$$\omega = \frac{\pi D \times n}{60},$$

де n – швидкість обертання валків (за заводськими даними, приймаємо $n = 53$ об/с);

$$\omega = \frac{\pi \times 53}{60} = 2,77 \text{ с}^{-1};$$

Тоді:

$$V_B = 2,77 \times 0,575 = 1,6 \text{ м/с};$$

Швидкість по проходах:

$$V_1 = 1,6 \times (1 + 0,005) = 1,608 \text{ м/с};$$

$$V_2 = 1,6 \times (1 + 0,005) = 1,608 \text{ м/с};$$

$$V_3 = 1,6 \times (1 + 0,006) = 1,61 \text{ м/с};$$

$$V_4 = 3,16 \times (1 + 0,0067) = 1,61 \text{ м/с};$$

$$V_5 = 1,6 \times (1 + 0,0077) = 1,612 \text{ м/с};$$

$$V_6 = 1,6 \times (1 + 0,009) = 1,614 \text{ м/с};$$

$$V_7 = 1,6 \times (1 + 0,011) = 1,618 \text{ м/с};$$

$$V_8 = 3,16 \times (1 + 0,014) = 1,622 \text{ м/с};$$

$$V_9 = 1,6 \times (1 + 0,019) = 1,63 \text{ м/с}.$$

Визначимо середню швидкість деформації. Вона необхідна для правильного розрахунку опору деформації матеріалу. Середню швидкість деформації визначають за формулою Целікова:

$$u_{cp} = \frac{V \times \alpha}{H}, \quad (3.13)$$

$$u_{cp1} = \frac{1,608 \times 0,35}{0,78} = 1,4 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp2} = \frac{1,608 \times 0,35}{0,71} = 1,5 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp3} = \frac{1,61 \times 0,35}{0,64} = 1,7 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp4} = \frac{1,61 \times 0,35}{0,57} = 1,9 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp5} = \frac{1,612 \times 0,35}{0,5} = 2,2 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp6} = \frac{1,614 \times 0,35}{0,43} = 2,5 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp7} = \frac{1,618 \times 0,35}{0,36} = 3 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp8} = \frac{1,622 \times 0,35}{0,29} = 3,8 \text{ c}^{-1};$$

$$u_{cp9} = \frac{1,63 \times 0,35}{0,22} = 5 \text{ c}^{-1};$$

Результати кінематичного розрахунку заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Кінематичні розрахунки прокатки по проходах

№ проходу	α , рад	f_{mp}	γ	S	V , м/с	u_{cp} , c^{-1}
1	0,35	0,325	0,08	0,005	1,608	1,4
2	0,35	0,326	0,081	0,005	1,608	1,5
3	0,35	0,326	0,081	0,006	1,61	1,7
4	0,35	0,328	0,082	0,0067	1,61	1,9
5	0,35	0,33	0,082	0,0077	1,612	2,2
6	0,35	0,333	0,083	0,009	1,614	2,5
7	0,35	0,336	0,084	0,011	1,618	3
8	0,35	0,34	0,085	0,014	1,622	3,8
9	0,35	0,347	0,086	0,019	1,63	5

3.3 Визначення температурного режиму прокатки злитка

Температура штаби необхідна для визначення межі текучості. коефіцієнта тертя, останній у свою чергу впливає на зусилля момент прокатки .

Скористаємося формулою:

$$\Delta t = 0,021 \times \left(\frac{t_{i-1} + 273}{100} \right)^4 \times \frac{\tau_{i-1}}{h_{i-1}}, \quad (3.14)$$

де: t – температура перед входів у валки, (температура початку прокатки 1200°C); h_0 – висота злитка перед входом у валки; τ – час прокатки плюс час пауз;

$$\tau = \tau_{\text{прок}} + \tau_{\text{пауз}},$$

$$\tau_{\text{ідіє}} = \frac{L}{V},$$

За заводськими даними приймаємо $\tau_{\text{пауз}} = 2$ с,

Під час прокатки по проходах:

$$\tau_{\text{ідіє } 1} = \frac{2}{3,17} = 0,63 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 2} = \frac{2,273}{3,17} = 0,72 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 3} = \frac{2,609}{3,17} = 0,82 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 4} = \frac{2,985}{3,18} = 0,94 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 5} = \frac{3,463}{3,18} = 1,09 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 6} = \frac{4,095}{3,18} = 1,29 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 7} = \frac{4,976}{3,19} = 1,57 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 8} = \frac{6,29}{3,2} = 1,98 \text{ с};$$

$$\tau_{\text{ідіє } 9} = \frac{8,399}{3,22} = 2,65 \text{ с};$$

Разом з паузами:

$$\tau_1 = 0,63 + 2 = 2,63 \text{ с};$$

$$\tau_2 = 0,72 + 2 = 2,72 \text{ с};$$

$$\tau_3 = 0,82 + 2 = 2,82 \text{ с};$$

$$\tau_4 = 0,94 + 2 = 2,94 \text{ с};$$

$$\tau_5 = 1,09 + 2 = 3,09 \text{ с};$$

$$\tau_6 = 1,29 + 2 = 3,29 \text{ с};$$

$$\tau_7 = 1,57 + 2 = 3,57 \text{ с};$$

$$\tau_8 = 1,98 + 2 = 3,98 \text{ с};$$

$$\tau_9 = 2,65 + 2 = 4,65 \text{ с};$$

Результати розрахунку температури заносимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Температурний режим прокатки по проходах

№ проходу	h_0 , мм	τ , с	Δt , °C	t , °C
1	780	2,63	3	1197
2	710	2,72	4	1193
3	640	2,82	1	1192
4	570	2,94	4	1188
5	500	3,09	6	1182
6	430	3,29	7	1175
7	360	3,57	9	1166
8	290	3,98	12	1154
9	220	4,65	18	1136

3.4 Визначення енергосилових параметрів процесу прокатки

Попередні розрахунки: деформаційний, кінематичний, температурний, необхідні для визначення зусиль прокатки і моментів прокатки в кожному проході. Вихідні дані наведені в таблицях

Тиск металу на валки в кожному проході не повинен перевищувати зусилля допустимої міцності валків і визначається за формулою:

$$P = p_{cp} \times F_k, \quad (3.15)$$

де: p_{cp} – середній контактний тиск, МПа; F_k – площа контакту металу з валками, мм².

Середній контактний тиск визначаємо за формулою:

$$p_{cp} = \sigma_T \times n_\theta \times n'_\theta ; \quad (3.16)$$

де: σ_T – межа текучості; n_θ – коефіцієнт підпору, що враховує вплив зовнішніх зон; n'_θ – коефіцієнт підпору, що враховує вплив зовнішнього тертя;

Межа текучості в зоні деформації для конкретних умов гарячої прокатки визначається за виразом:

$$\sigma_T = 1,15 \times \sigma_0 \times k_u \times k_t \times k_\varepsilon, \text{ МПа}, \quad (3.17)$$

де: $\sigma_0 = 84$ МПа, базисне значення межі текучості для сталі 3; k_t, k_u, k_ε – термомеханічні коефіцієнти, які враховують відповідно: температуру, ступінь і швидкість деформації:

Визначаємо термомеханічні коефіцієнти для сталі 3 за формулами:

$$k_t = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^{0,7}$$

$$k_u = 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln u)$$

$$k_\varepsilon = 0,8 + 0,2 \cdot [1 - 178 \cdot (0,1 - \varepsilon)^2]$$

при $\varepsilon > 0,1$
$$k_\varepsilon = 1 + 0,43 \cdot [1 - 6,3 \cdot (0,5 - \varepsilon)^2]$$

$$k_{t1} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1197}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,56; \quad k_{t2} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1193}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,57;$$

$$k_{t3} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1192}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,57; \quad k_{t4} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1188}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,58;$$

$$k_{t5} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1182}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,59; \quad k_{t6} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1175}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,61;$$

$$k_{t7} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1166}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,63; \quad k_{t8} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1154}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,65;$$

$$k_{i9} = 1,66 - 1,1 \cdot \left(\frac{1136}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,69;$$

$$\begin{aligned} k_{u1} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 1,4) = 0,86; & k_{u2} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 1,5) = 0,86; \\ k_{u3} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 1,7) = 0,87; & k_{u4} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 1,9) = 0,88; \\ k_{u5} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 2,2) = 0,89; & k_{u6} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 2,5) = 0,89; \\ k_{u7} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 3) = 0,91; & k_{u8} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 3,8) = 0,92; \\ k_{u9} &= 0,38 + 0,065 \cdot (7 + \ln 5) = 0,94; \end{aligned}$$

Розрахунок коефіцієнту k_ε :

$$\begin{aligned} k_{\varepsilon1} &= 0,8 + 0,2 \cdot (1 - 178 \cdot (0,1 - 0,099)^2) = 1,0; \\ k_{\varepsilon2} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,109)^2) = 1,02; \\ k_{\varepsilon3} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,123)^2) = 1,04; \\ k_{\varepsilon4} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,140)^2) = 1,08; \\ k_{\varepsilon5} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,163)^2) = 1,12; \\ k_{\varepsilon6} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,194)^2) = 1,18; \\ k_{\varepsilon7} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,241)^2) = 1,25; \\ k_{\varepsilon8} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,318)^2) = 1,34; \\ k_{\varepsilon9} &= 1 + 0,43 \cdot (1 - 6,3(0,5 - 0,467)^2) = 1,43; \end{aligned}$$

Тоді межа текучості:

$$\begin{aligned} \sigma_{T1} &= 1,15 \times 84 \times 0,57 \times 1,0 \times 0,86 = 47 \text{ Н/мм}^2; \\ \sigma_{T2} &= 1,15 \times 84 \times 0,57 \times 1,02 \times 0,86 = 49 \text{ Н/мм}^2; \\ \sigma_{T3} &= 1,15 \times 84 \times 0,58 \times 1,04 \times 0,87 = 50 \text{ Н/мм}^2; \\ \sigma_{T4} &= 1,15 \times 84 \times 0,58 \times 1,08 \times 0,88 = 53 \text{ Н/мм}^2; \end{aligned}$$

$$\sigma_{T5} = 1,15 \times 84 \times 0,59 \times 1,12 \times 0,89 = 57 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T6} = 1,15 \times 84 \times 0,61 \times 1,18 \times 0,89 = 62 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T7} = 1,15 \times 84 \times 0,63 \times 1,25 \times 0,91 = 68 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T8} = 1,15 \times 84 \times 0,65 \times 1,34 \times 0,92 = 78 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T9} = 1,15 \times 84 \times 0,69 \times 1,43 \times 0,94 = 89 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт підпору, визначаючий вплив зовнішніх зон визначається з виразу:

$$n_{\theta} = \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)^{-0,4}, \quad (3.18)$$

де: l_d – довжина зони деформації, мм; h_{cp} – середня висота осередку деформації по проходах, мм;

Розраховуємо довжину зони деформації за формулою:

$$l_d = \sqrt{R \times \Delta h}, \quad (3.19)$$

$$l_d = \sqrt{575 \times 70} = 200,6 \text{ мм.}$$

Середня висота осередку деформації по проходах:

$$h_{cp} = \frac{H + h}{2}, \quad (3.20)$$

$$h_{cp1} = \frac{780 + 710}{2} = 745 \text{ мм}; \quad h_{cp2} = \frac{710 + 640}{2} = 675 \text{ мм};$$

$$h_{cp3} = \frac{640 + 570}{2} = 605 \text{ мм}; \quad h_{cp4} = \frac{570 + 500}{2} = 535 \text{ мм};$$

$$h_{cp5} = \frac{500 + 430}{2} = 465 \text{ мм}; \quad h_{cp6} = \frac{430 + 360}{2} = 395 \text{ мм};$$

$$h_{cp7} = \frac{360+290}{2} = 325 \text{ мм}; \quad h_{cp8} = \frac{290+220}{2} = 255 \text{ мм};$$

$$h_{cp9} = \frac{220+150}{2} = 185 \text{ мм};$$

Коефіцієнт підпору по проходах:

$$n_{\theta1} = \left(\frac{200,6}{745}\right)^{-0,4} = 1,69; \quad n_{\theta2} = \left(\frac{200,6}{675}\right)^{-0,4} = 1,62; \quad n_{\theta3} = \left(\frac{200,6}{605}\right)^{-0,4} = 1,56;$$

$$n_{\theta4} = \left(\frac{200,6}{535}\right)^{-0,4} = 1,48; \quad n_{\theta5} = \left(\frac{200,6}{465}\right)^{-0,4} = 1,40; \quad n_{\theta6} = \left(\frac{200,6}{395}\right)^{-0,4} = 1,31;$$

$$n_{\theta7} = \left(\frac{200,6}{325}\right)^{-0,4} = 1,21; \quad n_{\theta8} = \left(\frac{200,6}{255}\right)^{-0,4} = 1,1; \quad n_{\theta9} = \left(\frac{200,6}{185}\right)^{-0,4} = 0,97;$$

Розраховуємо коефіцієнт підпору, що враховує вплив зовнішнього тертя:

$$n'_{\sigma} = 1 + \frac{R \times \alpha}{2 \times h_{cp}} \times \left[f_{\theta} - \alpha \times \left(\frac{1}{3} + \frac{\alpha}{4 \times f_{\theta}} \right) \right], \quad (3.21)$$

де: f_{θ} – показник тертя; α – кут захвату; h_{cp} – середня висота осередку деформації по проходах, мм;

Визначимо показник тертя f_{θ} :

$$f_n = 1,6 \times f_{mp} - 0,018, \quad (3.22)$$

де: f_{θ} – коефіцієнт тертя при захопленні металу валками;

$$f_{n1} = 1,6 \times 0,325 - 0,018 = 0,502;$$

$$f_{n_2} = 1,6 \times 0,326 - 0,018 = 0,503 ;$$

$$f_{n_3} = 1,6 \times 0,323 - 0,018 = 0,503 ;$$

$$f_{n_4} = 1,6 \times 0,328 - 0,018 = 0,507 ;$$

$$f_{n_5} = 1,6 \times 0,33 - 0,018 = 0,51 ;$$

$$f_{n_6} = 1,6 \times 0,333 - 0,018 = 0,515 ;$$

$$f_{n_7} = 1,6 \times 0,336 - 0,018 = 0,519 ;$$

$$f_{n_8} = 1,6 \times 0,334 - 0,018 = 0,526 ;$$

$$f_{n_9} = 1,6 \times 0,47 - 0,018 = 0,537 ;$$

Тоді:

$$n'_{\sigma_1} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 745} \times \left[0,502 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,502} \right) \right] = 1,04 ;$$

$$n'_{\sigma_2} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 675} \times \left[0,503 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,503} \right) \right] = 1,05 ;$$

$$n'_{\sigma_3} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 605} \times \left[0,503 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,503} \right) \right] = 1,05 ;$$

$$n'_{\sigma_4} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 535} \times \left[0,507 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,507} \right) \right] = 1,06 ;$$

$$n'_{\sigma_5} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 465} \times \left[0,51 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,51} \right) \right] = 1,07 ;$$

$$n'_{\sigma_6} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 395} \times \left[0,515 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,515} \right) \right] = 1,08 ;$$

$$n'_{\sigma_7} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 325} \times \left[0,519 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,519} \right) \right] = 1,1 ;$$

$$n'_{\sigma_8} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 255} \times \left[0,526 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,526} \right) \right] = 1,14 ;$$

$$n'_{\sigma_9} = 1 + \frac{575 \times 0,35}{2 \times 185} \times \left[0,537 - 0,35 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{0,35}{4 \times 0,537} \right) \right] = 1,19 ;$$

Середній контактний тиск по проходах:

$$p_{cp1} = 47 \times 1,69 \times 1,04 = 83 \text{ Н/мм}^2; \quad p_{cp2} = 49 \times 1,62 \times 1,05 = 84 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp3} = 50 \times 1,56 \times 1,05 = 82 \text{ Н/мм}^2; \quad p_{cp4} = 53 \times 1,48 \times 1,06 = 83 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp5} = 57 \times 1,07 \times 1,4 = 85 \text{ Н/мм}^2; \quad p_{cp6} = 62 \times 1,31 \times 1,08 = 88 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp7} = 68 \times 1,21 \times 1,1 = 91 \text{ Н/мм}^2; \quad p_{cp8} = 78 \times 1,1 \times 1,14 = 98 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp9} = 89 \times 0,97 \times 1,19 = 103 \text{ Н/мм}^2.$$

Середній контактний тиск по формулі В.О. Ніколаєва:

$$p_{cp} = 1,15 \cdot \sigma_T \left(1 + 0,145 \cdot l_d / h_{cp} \right) \left[1 + \left(1,1 - l_d / h_{cp} \right)^2 \right]; \quad (3.23)$$

Фактор форми:

$$\left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_1 = \frac{200,6}{745} = 0,269 ; \quad \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_2 = \frac{200,6}{675} = 0,297 ;$$

$$\left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_3 = \frac{200,6}{605} = 0,332 ; \quad \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_4 = \frac{200,6}{535} = 0,375 ;$$

$$\left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_5 = \frac{200,6}{465} = 0,431 ; \quad \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_6 = \frac{200,6}{395} = 0,508 ;$$

$$\left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_7 = \frac{200,6}{325} = 0,617 ; \quad \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)_8 = \frac{200,6}{255} = 0,787 ;$$

$$\left(\frac{l_o}{h_{cp}}\right)_9 = \frac{200,6}{185} = 1,08$$

Знаходимо середній контактний тиск:

$$p_{cp1} = 1,15 \cdot 47(1 + 0,145 \cdot 0,269) [1 + (1,1 - 0,269)^2] = 97 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp2} = 1,15 \cdot 49(1 + 0,145 \cdot 0,297) [1 + (1,1 - 0,297)^2] = 95 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp3} = 1,15 \cdot 50(1 + 0,145 \cdot 0,332) [1 + (1,1 - 0,332)^2] = 96 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp4} = 1,15 \cdot 53(1 + 0,145 \cdot 0,375) [1 + (1,1 - 0,375)^2] = 98 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp5} = 1,15 \cdot 57(1 + 0,145 \cdot 0,431) [1 + (1,1 - 0,431)^2] = 101 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp6} = 1,15 \cdot 62(1 + 0,145 \cdot 0,508) [1 + (1,1 - 0,508)^2] = 103 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp7} = 1,15 \cdot 68(1 + 0,145 \cdot 0,617) [1 + (1,1 - 0,617)^2] = 105 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp8} = 1,15 \cdot 78(1 + 0,145 \cdot 0,787) [1 + (1,1 - 0,787)^2] = 110 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{cp9} = 1,15 \cdot 89(1 + 0,145 \cdot 1,084) [1 + (1,1 - 1,084)^2] = 118 \text{ Н/мм}^2.$$

Залежність $p_{cp} = f\left(\frac{l_o}{h_{cp}}\right)$ представлена на рис.3.1. Додатково проводимо розрахунки для визначення середнього контактного тиску для значення фактору форми 0,15; 0,2; 0,25.

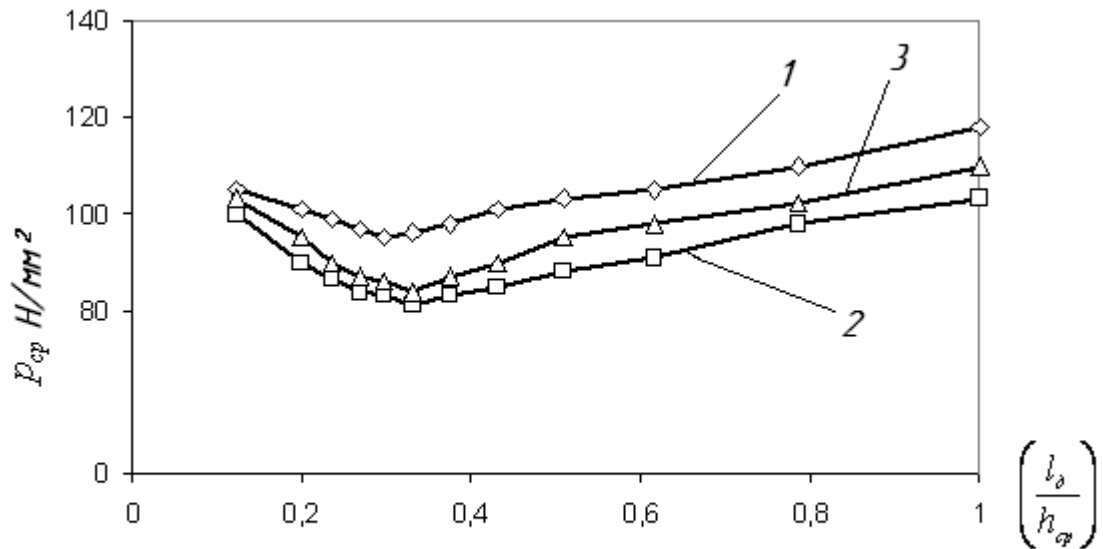


Рисунок 3.1 – Залежність середнього контактного тиску від фактору форми:
 1- методика визначення через фактор форми (формула В.О. Ніколаєва); 2 –
 методика визначення через коефіцієнти підпору О.П. Чекмарьова; 3 –
 експериментальні дослідження за даними О.П. Чекмарьова. [3]

Площа контакту металу з валком:

$$F_k = 0,5 \times (B + b) \times l_a, \quad (3.23)$$

де: B, b – ширина штаби до і після проходу,

$$F_{k1} = 0,5 \times (1200 + 1160) \times 200,6 = 236708 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k2} = 0,5 \times (1160 + 1121) \times 200,6 = 228784 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k3} = 0,5 \times (1121 + 1100) \times 200,6 = 222766 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k4} = 0,5 \times (1100 + 1081) \times 200,6 = 218754 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k5} = 0,5 \times (1081 + 1063) \times 200,6 = 215043 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k6} = 0,5 \times (1063 + 1045) \times 200,6 = 211432 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k7} = 0,5 \times (1045 + 1028) \times 200,6 = 207921 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k8} = 0,5 \times (1028 + 1013) \times 200,6 = 204712 \text{ мм}^2;$$

$$F_{k9} = 0,5 \times (11013 + 1000) \times 200,6 = 201903 \text{ мм}^2.$$

Сила прокатки по проходах:

$$P_1 = 83 \times 236708 \times 10^{-6} = 19,6 \text{ МН}; \quad P_2 = 84 \times 228784 \times 10^{-6} = 19,1 \text{ МН};$$

$$P_3 = 82 \times 222766 \times 10^{-6} = 18,2 \text{ МН}; \quad P_4 = 83 \times 218754 \times 10^{-6} = 18,2 \text{ МН};$$

$$P_5 = 85 \times 215043 \times 10^{-6} = 18,4 \text{ МН}; \quad P_6 = 88 \times 211432 \times 10^{-6} = 18,6 \text{ МН};$$

$$P_7 = 91 \times 207921 \times 10^{-6} = 18,9 \text{ МН}; \quad P_8 = 98 \times 204712 \times 10^{-6} = 20 \text{ МН};$$

$$P_9 = 103 \times 201903 \times 10^{-6} = 20,7 \text{ МН};$$

Момент прокатки по проходах визначається за формулою:

$$M_{np} = P \times \Psi \times l_d, \quad (3.24)$$

де Ψ – коефіцієнт плеча.

$$\psi = 0,53 + 0,19 \left(1 - l_d / h_{cp} \right)^2$$

$$\psi_1 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{745} \right)^2 = 0,63;$$

$$\psi_2 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{675} \right)^2 = 0,62;$$

$$\psi_3 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{605} \right)^2 = 0,61;$$

$$\psi_4 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{535} \right)^2 = 0,60;$$

$$\psi_5 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{465} \right)^2 = 0,59;$$

$$\psi_6 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{395} \right)^2 = 0,58;$$

$$\psi_7 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{325} \right)^2 = 0,56;$$

$$\psi_8 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{255} \right)^2 = 0,54;$$

$$\psi_9 = 0,53 + 0,19 \left(1 - \frac{200,6}{185} \right)^2 = 0,53;$$

Визначаємо момент прокатки:

$$M_{np1} = 19,6 \times 0,63 \times 0,2 = 2,47 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np2} = 19,1 \times 0,62 \times 0,2 = 2,385 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np3} = 18,2 \times 0,61 \times 0,2 = 2,235 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np4} = 18,2 \times 0,60 \times 0,2 = 2,20 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np5} = 18,4 \times 0,59 \times 0,2 = 2,17 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np6} = 18,6 \times 0,58 \times 0,2 = 2,14 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np7} = 18,9 \times 0,56 \times 0,2 = 2,105 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np8} = 20,0 \times 0,54 \times 0,2 = 2,16 \text{ МН} \times \text{М};$$

$$M_{np9} = 20,7 \times 0,53 \times 0,2 = 2,20 \text{ МН} \times \text{М};$$

Розраховуємо потужність прокатки по проходах:

$$N_{\text{ог}} = 960 \cdot M \cdot v / R \cdot \eta, \quad (3.25)$$

$$N_{\text{дв}1} = 960 \cdot 2,47 \cdot 1,608 / 0,575 \cdot 0,9 = 7368 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}2} = 960 \cdot 2,385 \cdot 1,608 / 0,575 \cdot 0,9 = 7114 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}3} = 960 \cdot 2,235 \cdot 1,61 / 0,575 \cdot 0,9 = 6675 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}4} = 960 \cdot 2,2 \cdot 1,61 / 0,575 \cdot 0,9 = 6571 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}5} = 960 \cdot 2,17 \cdot 1,612 / 0,575 \cdot 0,9 = 6489 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}6} = 960 \cdot 2,14 \cdot 1,614 / 0,575 \cdot 0,9 = 6407 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}7} = 960 \cdot 2,105 \cdot 1,618 / 0,575 \cdot 0,9 = 6318 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}8} = 960 \cdot 2,105 \cdot 1,618 / 0,575 \cdot 0,9 = 6318 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}8} = 960 \cdot 2,16 \cdot 1,622 / 0,575 \cdot 0,9 = 6499 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}9} = 960 \cdot 2,2 \cdot 1,63 / 0,575 \cdot 0,9 = 6652 \text{ кВт}.$$

де η – сумарний ККД передачі двигун – валок, рівний $0,85 \div 0,9$,
(приймаємо $\eta = 0,9$)

Результати силових параметрів процесу занесені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати силових параметрів процесу

№ проходу	σ_T , Н/мм ²	f_θ	p_{cp} , Н/мм ²	F_k , мм ²	P , МН	M_{np} , МН×м	N_{np} , кВт
1	47	0,325	83	236708	19,6	2,47	7368
2	49	0,326	84	228784	19,1	2,385	7114
3	50	0,326	82	222766	18,2	2,235	6675
4	53	0,328	83	218754	18,2	2,2	6571
5	57	0,33	85	215043	18,4	2,17	6489
6	62	0,333	88	211432	18,6	2,14	6407
7	68	0,336	91	207921	18,9	2,105	6318
8	78	0,34	98	204712	20,0	2,16	6499
9	89	0,347	103	201903	20,7	2,2	6652

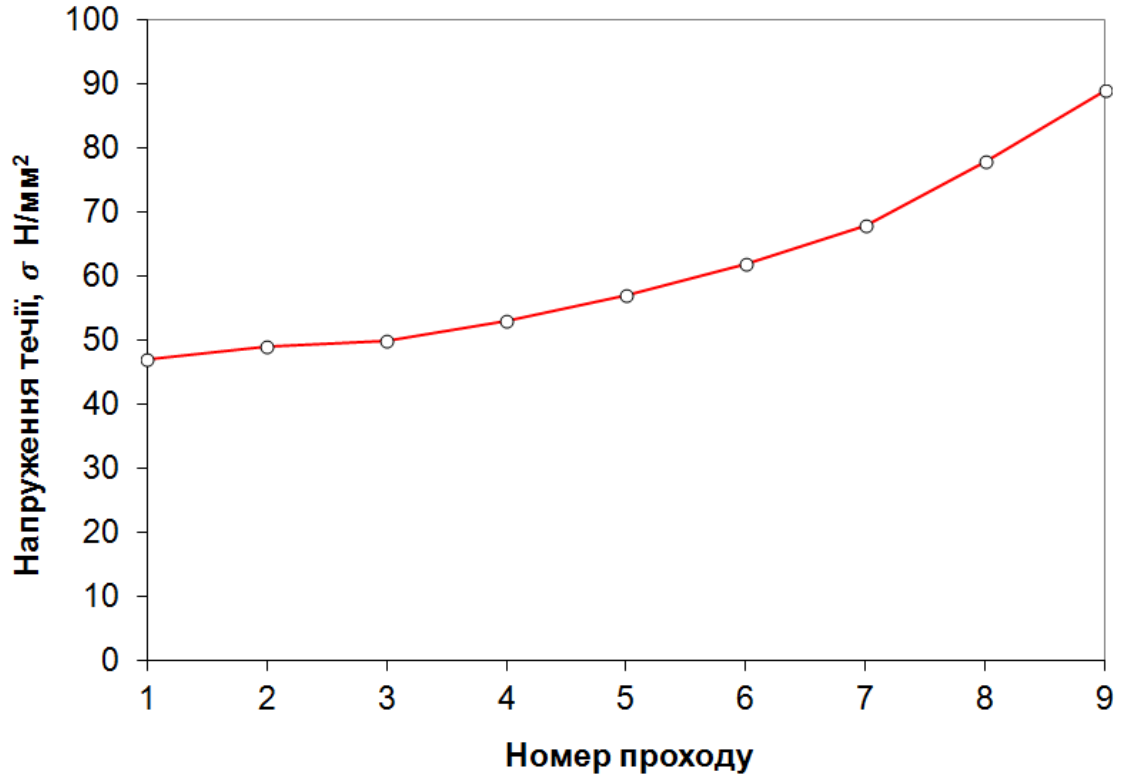


Рисунок 3.2 Графік розподілу напруження прокатування по проходах

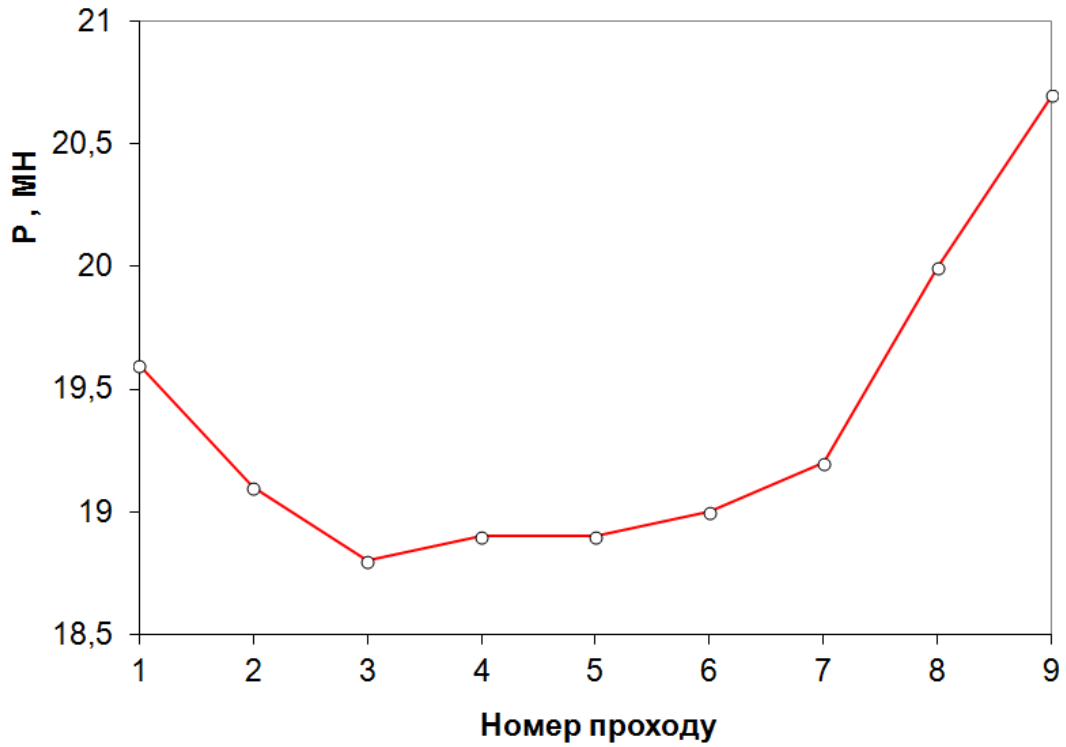


Рисунок 3.3 – Графік розподілу зусилля прокатування по проходах

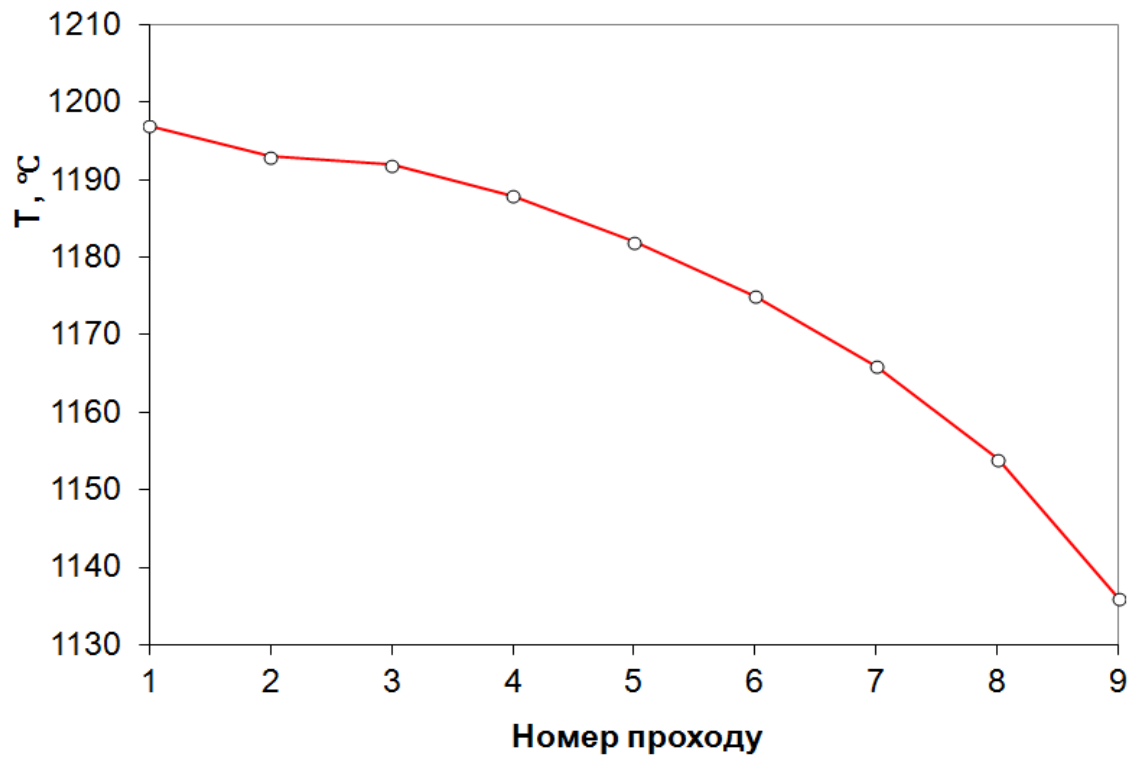


Рисунок 3.4 – Графік температури прокатування по проходах

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

У даному розділі розглядаються умови праці у навчальному приміщенні при виконанні наукових досліджень для написання магістерської роботи. Оскільки робота пов'язана з комп'ютером, то на людину буде впливати ціла група шкідливих факторів, пов'язаних із застосуванням комп'ютерної техніки, що разом з погано організованим робочим місцем може призвести до зниження продуктивності праці.

В приміщенні на людину можуть негативно діяти наступні фізичні фактори:

- підвищена або знижена температура повітря;
- надмірна запиленість повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочого місця;
- перевищуючі припустимі норми шуму;
- підвищений рівень іонізуючого випромінювання;
- підвищений рівень електромагнітних полів;
- підвищений рівень статичної електрики;
- небезпека ураження електричним струмом;
- бляклість екрана дисплея.

До психофізіологічних факторів можна віднести наступні:

- перенапруження зорового аналізатора;
- нервово-емоційне напруження;
- розумове напруження.

Біологічні та хімічні фактори в даному приміщенні відсутні.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робочого місця представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу студента у навчальному приміщенні ІННІ

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	Відповідність параметра стандарту	Час дії фактора, %
1	Температура, °С	21-25	22	відповідає	100
2	Вологість, %	40-60	55	відповідає	100
3	Швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,1	відповідає	100
4	Запиленість, мг/м ³	4	0,07	відповідає	100
5	Освітлення, лк	300-500	300	відповідає	100
6	Шум, дБА	50-60	45	відповідає	75

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в приміщенні характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Навчальне приміщення є приміщенням 1 категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги [28-29]: оптимальна температура повітря – 22 °С (допустима – 21-25 °С), оптимальна відносна вологість – 40-60 % (допустима – не більше 75%), швидкість руху повітря не більш 0,1 м/с.

Для створення і автоматичної підтримки в приміщенні оптимальних

значень температури та вологості повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря. Кондиціонер є вентиляційною установкою, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища [292].

При виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300 лк, а комбінована – 750 лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності – 200 лк і 300 лк відповідно. При цьому все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно – це основна гігієнічна вимога [30].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають в міру необхідності, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але і в світлий час доби. У якості джерела штучного освітлення звичайно використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ, ДРЛ, ЛБХ, які попарно об'єднуються в світильники, які повинні розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями [30].

Тривала дія шуму високої інтенсивності призводить до патології слухового органу та негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що веде до виробничих помилок.

Високий рівень шуму створюється в приміщенні друкованими пристроями, розмножувальною технікою, обладнанням для кондиціонування повітря та вентиляторами систем охолодження.

Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 60 дБА. Для того, щоб домогтися цього рівня шуму рекомендується застосовувати звукопоглинаюче покриття стін та екранування робочого місця.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання та електричного поля є дисплеї (монітори). Вони являють собою джерела найбільш шкідливих випромінювань, що несприятливо впливають на здоров'я людини. Електромагнітне поле має електричну і магнітну складову. Вважається, що магнітна складова викликає велику реакцію, ніж електрична.

Персональний комп'ютер (ПК) є джерелами таких випромінювань як:

- м'якого рентгенівського;
- ультрафіолетового 200-400 нм;
- видимого 400-700 нм,
- ближнього інфрачервоного 700-1050 нм;
- радіочастотного 3 кгц-30Мгц;
- електростатичних полів.

Ультрафіолетове випромінювання корисне в невеликих кількостях, але у великих дозах приводить до дерматиту шкіри та головного болю. Інфрачервоне випромінювання приводить до перегріву тканин людини (особливо хрусталика ока), підвищенню температури тіла. Рівні напруженості електростатичних полів повинні складати не більш 20 кв/м. Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати 500 В. При підвищеному рівні напруженості полів варто скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви на протязі півтори годин роботи і, звичайно ж, застосовувати захисні екрани. Захисний екран, виготовлений із дрібної сітки або скла, збирає на собі електростатичний заряд. Для зняття заряду екран монітора заземлюють.

Може виникнути небезпека по рівнях напруженості електромагнітного поля (ЕМП). На відстані 5-10 см від екрана і корпусу монітора рівні напруженості можуть досягати 140 В/м по електричній складовій, що значно перевищує припустимі значення СанПіН 2.2.2. 542-96. Гранично припустимі значення характеристик ЕМП вказані в таблиці 4.2.

При підвищеному рівні напруженості полів слід скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви протягом півтора

годин роботи, обов'язково застосовувати захисні екрани, не розміщувати їх концентровано в робочій зоні і вимикати їх, якщо на них не працюють.

Таблиця 4.2 – Гранично припустимі значення характеристик ЕМП

Найменування параметрів	Припустиме значення
Напруженість електромагнітного поля по електричній складовій на відстані 50 см від поверхні монітора	10 В/м
Напруженість електромагнітного поля по магнітній складовій на відстані 50 см від поверхні монітора	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля для дорослих користувачів ПК	20 кВ/м
Напруженість електромагнітного поля на відстані 50 см по електричній складовій повинна бути не більш: – у діапазоні частот 5 Гц - 2 кгц; – у діапазоні частот 2 - 400 кгц	25 В/м 2,5 В/м
Щільність магнітного потоку повинна бути не більш: – у діапазоні частот 5 Гц – 2 кгц; – у діапазоні частот 2 – 400 кгц	250 нТл 25 нТл
Поверхневий електростатичний потенціал	500 В

Для безпечної роботи на ПК необхідно перебувати на відстані не менше 50 см від екрана дисплея. Для зниження впливу всіх видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

На протязі роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. На відстані 5-10 см від екрана напруженість електростатичного поля складає 60-280 кВ/м, тобто в 10 разів перевищує норму 20 кВ/м. Для запобігання утворення та захисту від статичної електрики необхідно використовувати нейтралізатори та зволожувачі, а підлоги повинні мати антистатичне покриття.

Для підвищення працездатності, одним із головних чинників є правильно організоване робоче місце в приміщенні.

Оскільки кожне робоче місце оснащено ПК, то в приміщенні має забезпечуватися підтримання оптимальної робочої пози з відповідними ергономічними характеристиками. Результати дослідження виконання заданих умов представлені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Виконання умов оптимальної робочої пози за ергономічними характеристиками

Параметри	Нормативна ергономічна характеристика	Виконання нормативу
Ступні ніг	На підлозі або на підставці для ніг	Ступні знаходяться на підлозі
Стегна	В горизонтальній площині	Норматив виконується
Передпліччя	Вертикально	Норматив виконується
Лікті	Під кутом 70-90 до вертикальної площини	Лікті працівників знаходяться під кутом приблизно 70-80
Зап'ястя	Зігнуті під кутом не більше 20 відносно горизонтальної площини	Норматив виконується
Нахил голови	15-20 відносно вертикальної площини	Нахил голови у різних працівників коливається від 15 до 45 градусів

Оскільки користування ПК є невід'ємною функцією основного виду діяльності, вони розміщуються на основному столі кожного працівника. Чотири ПК розміщуються в центрах робочих столів, два ПК розміщені з лівого боку основних робочих столів. Використання периферійних приладів (принтеру і сканеру) є періодичним, тому вони доцільно розміщені на приставному столі.

Кут між поздовжніми осями основного та приставного столів складає 120 градусів. Висота робочої поверхні столу для ПК знаходиться у необхідних межах і складає 800 мм. Ширина робочого столу забезпечує можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля. Робочі столи для ПК в досліджуваному приміщенні не обладнані підставкою для ніг.

Робочі сидіння персоналу становлять крісла, які мають необхідні елементи: сидіння, спинку, стаціонарні або змінні підлокітники. У конструкцію сидіння не введені додаткові елементи. Робочі сидіння працівників, як користувачів ПК, є підйомно-поворотними, регулюються за висотою, за відстанню спинки до переднього краю сидіння, висотою підлокітників. Регулювання кожного параметра є незалежним, ступінчастим, має надійну фіксацію.

Основні нормативні параметри для сидінь та їх дотримання у приміщенні представлені у табл. 4.4. Поверхні сидіння, спинки та підлокітників є напівм'якими, з ненаелектризованим, повітронепроникним покриттям та забезпечує можливість чищення від бруду.

Таблиця 4.4 – Дотримання нормативів параметрів сидінь працівників

Параметр	Необхідна характеристика	Виконання необхідних вимог
Регулювання елементів сидіння для лінійних розмірів	15-20 мм	Виконується: 20 мм
Регулювання елементів сидіння для кутових розмірів	2-5 мм	Виконується: 5 мм
Зусилля під час регулювання	20 Н	Виконується: 20 Н
Ширина та глибина сидіння	не менше 400 мм	Виконується
Висота поверхні сидіння	має регулюватися в межах 400-500 мм	Виконується: регулюється в межах 500 мм
Кут нахилу поверхні сидіння	від 15 вперед до 5 назад	Виконується
Поверхня сидіння	пласка, передній край - закруглений	Виконується
Висота спинки сидіння	300±20мм	Не виконується: висота більше 300 мм
Ширина спинки сидіння	не менше 380 мм	Виконується
Радіус кривизни в горизонтальній площині	400 мм	Виконується
Кут нахилу спинки відносно вертикального положення	0-30 градусів	Виконується
Відстань від спинки до попереднього краю сидіння	260 – 400 мм	Виконується: становить 350 мм

4.3 Заходи з електробезпеки

Монітор та клавіатура мають розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не більше 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів [31]. В приміщенні монітори та клавіатура ПК знаходяться на відстані приблизно 500-600 мм від очей. Клавіатура розміщується на столах не відповідно нормі – 100-300 мм від краю, а розташовується майже на краю стола на всіх робочих місцях. Кут нахилу клавіатури становить приблизно 5 градусів, що відповідає нормі.

Повна видимість монітору не порушується іншими пристроями введення-виведення інформації, адже вони розташовані на окремому приставному столі.

Навчальне приміщення згідно ПУЕ можна віднести до 1 класу – без підвищеної небезпеки ураження струмом (сухе, безпилоче, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів) [30].

Основними споживачами електроенергії в приміщенні є система штучного освітлення, 6 персональних комп'ютерів, 2 кондиціонера, допоміжні пристрої (принтер, сканер). Напруга, яка використовується для роботи електричних приладів складає 220 В.

Основними причинами поразки працівника приміщення електричним струмом на робочому місці можуть бути: поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах комп'ютера у результаті пошкодження ізоляції; несправність розетки; пошкодження ізоляції дротів комп'ютера; порушення правил експлуатації техніки; заборонене використання електричних приладів, таких як електричні плити, чайники, обігрівачі.

Основними заходами запобігання ураження електричним струмом в приміщенні є захист від дотику до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, застосування малих напруг, захисного заземлення і відключення, а також організаційні заходи [29].

Основними організаційними заходами є інструктаж і навчання безпечним методам праці, а також перевірка знань правил безпеки й інструкцій відповідно до займаної посади стосовно до виконуваної роботи.

При проведенні незапланованого і планового ремонту обчислювальної техніки виконуються наступні дії: відключення комп'ютера від мережі та перевірка відсутності напруги. Після виконання цих дій проводиться ремонт несправного устаткування. Якщо ремонт проводиться на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою, то виконання роботи проводиться не менш чим двома особами з застосуванням електрозахисних засобів.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Навчальне приміщення, де розташовані ПК і периферійні пристрої, можна віднести до категорії «В», а ступінь вогнестійкості приміщення можна визначити як II [29].

Причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробією ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- виникнення пожежі внаслідок попадання блискавки в будинок;
- загоряння будівлі внаслідок зовнішніх впливів;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

Для гасіння пожеж в приміщенні використовується вуглекислотний вогнегасник ВВ-5. Для швидкого виявлення та повідомлення про місце виникнення пожежі в будівлі є пожежна сигналізація ЛІПНУВ-1, автоматична система пожежогасіння, димові датчики. Для зв'язку

використовують телефон чи інші засоби першої зв'язку.

Необхідними заходами для запобігання пожежі є своєчасний ремонт електроприладів, якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів, протипожежний інструктаж, на якому працівники ознайомлюються з правилами протипожежної безпеки та використання первинних засобів пожежогасіння.

У випадку виникнення пожежі необхідно:

- відключити електроживлення;
- викликати по телефону пожежну команду;
- евакуювати людей із приміщення відповідно до плану евакуації;
- приступити до ліквідації пожежі первинними засобами пожежогасіння.

4.5 Розрахунок штучного освітлення по методу світлового потоку

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення.

Виконаємо розрахунок штучного освітлення по методу світлового потоку [30].

Довжина приміщення – 8 м, ширина – 6 м, висота – 3 м.

Розрахункова висота:

$$h = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м}, \quad (4.1)$$

де 0,8 м – висота розрахункової поверхні.

Площа приміщення:

$$S = 6 \cdot 8 = 48 \text{ м}^2. \quad (4.2)$$

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot h} \quad (4.3)$$

де A и B – довжина та ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м.

$$i = \frac{6 \cdot 8}{(6 + 8) \cdot 2,2} = 1,56$$

Оскільки стіни і стеля приміщення бетонні, то приймаємо коефіцієнт віддзеркалення стелі і стін $\rho_n = 50\%$, $\rho_c = 30\%$ відповідно.

Знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 50\%$.

Необхідний світловий потік ламп світильників:

$$F = \frac{E \cdot k_z \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (4.4)$$

де E – найменша нормована освітленість, $E = 300$ лк, так як розряд зорових робіт дорівнює 3;

k_z – коефіцієнт запасу, $k_z = 1,4$;

S – площа приміщення, м^2 ;

z – поправочний коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої (зазвичай значення його набувають в межах 1,1 – 1,2), $z = 1,1$;

N – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання, тобто відносна доля потоку лампи, падаюча на поверхню S .

Розрахуємо за формулою (4.4) добуток $F \cdot N$.

$$F \cdot N = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 48 \cdot 1,1}{0,5} = 44352 \text{ лм.}$$

Знайдемо необхідне число ламп. Для освітлення виробничих приміщень вибір джерел світла проводять з врахуванням освітленості. При освітленості від 150 до 300 лк доцільно застосовувати джерела світла типа ЛБ, ДРЛ, ЛБХ. Вибираємо люмінесцентні лампи типа ЛХБ80 (2×80 Вт); довжина лампи – 1,5 м, ширина – 0,4 м, світловий потік даної лампи – 3840 лм.

Отже, потрібне число ламп:

$$N = \frac{44352}{3840} \approx 12 \text{ шт.} \quad (4.5)$$

Оскільки світильники дволампові, то для забезпечення нормальної потужності освітлення приміщення необхідно 6 світильників. Приймаємо, що кількість світильників по довжині складатиме 2 шт., а по ширині – 3 шт.

Світильники з люмінесцентними лампами в основному розташовують рядами. Ряди слід орієнтувати паралельно стіні з вікнами. Потрібно встановити два світильники в ряд. Застосовуємо світильники ШОД (оскільки ШОД дає більш рівномірне освітлення) з люмінесцентними лампами ЛХБ потужністю 2×80 Вт і з потоком 3840 лм.

$$la = \frac{1}{2} \cdot La, \quad (4.6)$$

$$l_b = \frac{1}{3} \cdot L_b, \quad (4.7)$$

де L – відстань між сусідніми світильниками (рядами люмінесцентних світильників).

L_a – відстань між сусідніми світильниками по довжині приміщення,
 $L_a = 2,5$ м.

L_b – відстань між сусідніми світильниками по ширині приміщення,
 $L_b = 1,8$ м.

l – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни.

$$l_a = \frac{1}{2} \cdot 2,5 = 1,25 \text{ м,}$$

$$l_b = \frac{1}{3} \cdot 1,8 = 0,6 \text{ м.}$$

Схема розташування світильників представлена на рис. 4.1.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці у навчальному приміщенні. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці, що відповідають вимогам усіх норм і стандартів з охорони праці.

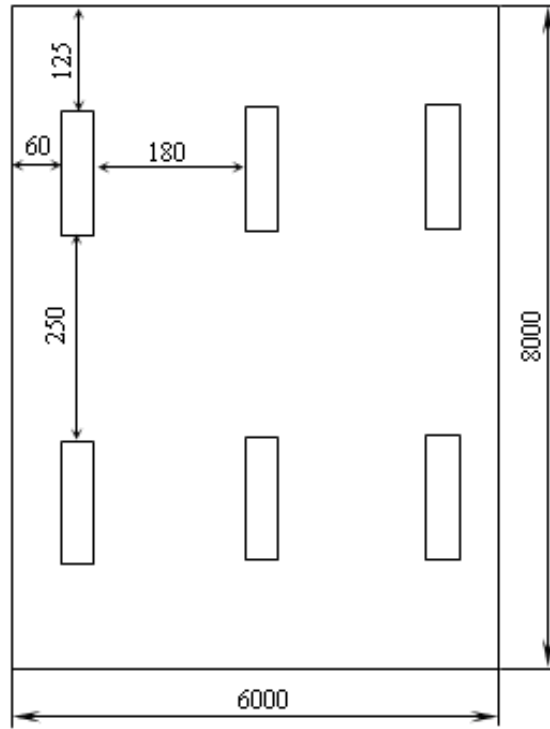


Рисунок 4.1 – Схема розташування світильників

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В загальній частині роботи розглянуто технологічний процес виробництва слябів, прокатку та нагрівання зливків, обробку прокату. Приведено недоліки обладнання технологічного процесу та запропоновані заходи щодо їх усунення.

2. В розрахунковій частині наведені описи обладнання, технологій та методи розрахунку основних параметрів слябінгу.

3. Проведено розрахунок режимів деформації та енергосилових параметрів в наведеному режимі прокатки на слябінгу 1150.

4. Запропоновано зміну режиму прокатки злитків з метою скорочення циклу прокатки, що забезпечить більш високу температуру кінця прокатки розкатів. Це в свою чергу дає можливість для інтенсифікації гарячої - транзитної прокатки штаб за схемою злиток → сляб → штаба.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Николаев В.А. Горячая прокатка полос и листов. Учебное пособие. – Запорожье, ЗНТУ, 2004. – 158 с.
2. Целиков А.И., Томленов А.Д., Зюзин В.И. Теория прокатки. Справочник и др. - М.: Металлургия, 1982.-С.334.
- 3.Целиков А.И. Основы теории прокатки.- М.:Металлургия, 1965. - 248 с
- 4.Труды научно-технической конференции по работе блюмингов отечественных заводов. Днепропетровск, Областное изд-во, 1956.
5. Чекмарёв А.П., Павлов В.Л., Мелешко В.И., Токарев В.А. Теория прокатки крупных слитков. - М.: Металлургия, 1968. - С.252.
6. Губкин С. И. Теория обработки металлов давлением. Металлургиздат, 1947.
7. Целиков А. И. Смирнов В.В. Сталь, 1952, № 7, с. 614—618.
8. Давильбеков Н. Х. Совершенствование процесса прокатки на слябинге. – М.: Металлургия, 1983. – 80 с.
- 9.Дылюк А. Г., Галмазан В. А. Снижение потерь металла при производстве блюмов, слябов и штабаов // Чер. Металлургия: Бюл. НТИ Черметинформация, 1986, №15. – С. 2 – 14.
10. Сафьян М. М., Мазур В. Л., Молчанов А. И., Сафьян А. И., Технология процессов прокатки и волочения. Штабаопрокатное производство – К.: Вища школа, 1988. – 351 с.
11. Николаев В. А. Технология прокатки штаб и полос: Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
12. Пушкарёв В. Ф. Сб. «Прокатные станы и технология прокатки» (МВТУим. Баумана). Машгиз, 1958, № 84, с. 92-96.
13. Гарновский И.Я., Поздеев А.А., Меандров Л.В.и др. Механические свойства стали при горячей обработке давлением./ - Свердловск.: Метал-

лургиздат, 1960. - С.264.

14.Токарев В.А., Павлов В.Л. Анализ новых методов определения усилия при прокатке на блюминге //Сб. «Прокатное производство». Сб.научн.тр. ИЧМ - Т.ХХ1. - М.: Металлургия, 1965. - С. 260-286.

15. Жучков С.М., Маточкин В. А. Разработка технологии многоручьевой прокатки-разделения на стане 850 // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн.тр.ИЧМ НАН Украины. - № 17. - 2008. - С.172-173.

16.Зюзин В.К, Бровман М.Я., Мельников А.Ф. Сопротивление деформации сталей при горячей прокатке. - М.: Металлургия, 1964. - С.270.

17. Крейдлин Н.Н. Расчет обжатий при прокатке цветных металлов. – 2-е изд., перераб. и доп. ГНТИ литературы по черной и цветной металлургии, М., 1963 г., 407 с, ил..

18.Целиков А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах. - М.: Металлургиз- дат, 1962. - С.494.

19. Бровман М.Я. Энергосиловые параметры непрерывных заготовочных станов. -М.:Металлургиздат, 1962.-С.218.

20. Технологическая инструкция "Производство передельных и товарных слябов из слитков углеродистых и высокоуглеродистых марок стали" ТИ 226 – П.ОЗ – 01 – 2005, "Запорожсталь", г.Запорожье, 2005.

21. Бровман М. Я Энергосиловые параметры непрерывных заготовочных станов. Металлургиздат, 1962.

22.Целиков А. И. Теория расчета усилий в прокатных станах. Металлургиздат, 1962.

23 Рокотян Е.С., Рокотян С.Е.Энергосиловые параметры обжимных и листовых станов.М.: Металургия, 1968. 270с.

24Технологическая инструкция "Производство передельных и товарных слябов из слитков углеродистых и высокоуглеродистых марок стали" ТИ 226 – П.ОЗ – 01 – 2005, ОАО "Запорожсталь", г.Запорожье, 2005.

- 25 Инструкция для условий нормальной эксплуатации газо-использующего оборудования обтискного цеха ЦТИ №04.01-2014
26. Чижиков Ю.М. Редуцирование и прокатка металла непрерывной разливки. – М.: Металлургия, 1974. – 384 с.
27. Бадинг Б., Функе П., Кооц Т. Влияние программы обжатий и размеров слитков на выход годного при прокатке слябов //Черные металла. Пер. с нем. – 1977, № 26. – С. 27 – 35.
28. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів / Жидецький В.Ц. – Львів: Афіша, 2003. – 173 с.
29. Геврик Є.О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Геврик Є.О. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. – 280 с.
30. Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок / Кузнецов Б.В. – Мн.: Беларусь, 1987. – 479 с.
31. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.