МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проєкт

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему **Удосконалення технології виробництва гарячекатаних штаб завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс на неперервному широкоштабовому стані шляхом заміни катаних слябів на литі сляби**

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1362-омт-с
спеціальність 136 Металургія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Обробка металів тиском
(код і назва освітньої програми)
І. Д. Селєзньов
(ініціали та прізвище)

Керівник
доц. каф. МТЕТБ, с.н.с., к.т.н. В.М. Проценко

Рецензент
доц. каф. МТЕТБ, доц., к.т.н. Т.М. Нестеренко

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально – науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра ____металургійних технологій, екології та техногенної безпеки___

Рівень вищої освіти __перший (бакалаврський) рівень_____

Спеціальність _____136 «Металургія»_____

(код та назва)

Освітньо-професійна програма _____Обробка металів тиском_____

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

_____Ю.О. Бєлоконь

“_20_” ___01_____2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

_____Селєзньову Іллі Дмитровичу _____

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) ***Удосконалення технології виробництва гарячекатаних штаб завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс на неперервному широкоштабовому стані шляхом заміни катаних слябів на литі сляби*** _____

керівник роботи (проекту)__Проценко Віктор Максимович, к.т.н., с.н.с.____,

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “27” 12 24 р. № 2031-с

2. Строк подання студентом роботи _____16 червня 2025 року_____

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики, курсові проекти, технічна документація ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь», літературні джерела, інтернет-ресурси_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки.

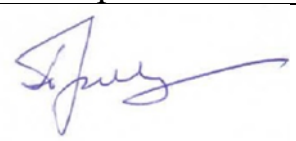
Мета кваліфікаційної роботи – реконструкція ШСГП 1680 ПАТ «Запоріжсталь» шляхом заміни катаних слябів завтовшки 168 мм на

неперервнолиті сляби завтовшки 200 мм з розробкою відповідної технології виробництва гарячекатаних штаб завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс.

Надати характеристику виробництва гарячекатаних штаб на ПАТ «Запоріжсталь», вибрати схеми реконструкції із застосуванням литих слябів замість катаних слябів, виконати розрахунки режимів обтиснень, енергосилових параметрів прокатки, крутних моментів прокатки, розрахунок на міцність деталей прокатної кліті.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Схеми реконструкції, схеми обладнання, графіки залежностей, схеми калібрування валків, алгоритми і результати розрахунків.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
Вступ, реферат, 1–4, висновки, перелік літератури	Проценко В.М., доц. каф. МТЕТБ	

7. Дата видачі завдання __20.01.2025 року.__

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	21.01.25 – 14.03.25	
2.	Розділи 2 - 3	17.03.25 – 18.04.25	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	21.04.25 – 23.05.25	

Студент _____ **Селєзньов І.Д.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Проценко В.М.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ **Карпенко Г.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота містить: _90_ с., _23_ рис., _12_ табл.; використано літературних джерел _14_.

ПРОКАТКА, ПРОКАТНИЙ СТАН, ГАРЯЧЕКАТАНА ШТАБА, НЕПЕРЕРВНОЛИТІ СЛЯБИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА, ЧОРНОВА І ЧИСТОВА ГРУПА КЛІТЕЙ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва гарячекатаних штаб завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс на неперервному широкоштабовому стані ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь»; заміна катаних слябів на литі сляби.

Метою бакалаврської роботи є реконструкція ШСГП 1680 ПАТ «Запоріжсталь» шляхом заміни катаних слябів завтовшки 168 мм на неперервнолиті сляби завтовшки 200 мм з розробкою відповідної технології виробництва гарячекатаних штаб завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс.

Методи розрахунків – стандартні методики розрахунків у програмних комплексах Mathcad Prime, Excel. Аналітичні розрахунки на основі математичних моделей і комп’ютерне моделювання у системі САПР AutoCAD Mechanical.

Отримані результати і їх новизна – запропонована перспективна розробка технології прямої прокатки слябів зі сталі 08пс, що веде до зростання виробництва при незмінній якості прокату, при зниженні капітальних і поточних витрат. Реконструкція передбачає заміну електродвигунів постійного струму головних приводів клітей № 5-10 на електродвигуни змінного струму з регульованим числом обертів потужністю 7000 кВт, що значно заощаджує електроенергію та збільшує швидкість прокатки. Запропоновані в роботі заходи забезпечать надійну роботу головних приводів чистової групи клітей ШСГП 1680 і підвищать якість продукції. Обсяг виробництва гарячекатаної штаби після модернізації може бути стабільним на рівні 3500 тис. т/рік.

Отримані результати рекомендуються для впровадження в ЦГПТЛ ПАТ «Запоріжсталь» на стані ШСГП 1680 з метою підвищення якості продукції, продуктивності обладнання, зменшення енерговитрат і втрат металу.

ЗМІСТ

ВСТУП…….6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА…….7
1.1 Склад та характеристика стану гарячої прокатки тонкого листа 1680…...7
1.2 Розрахунок пропускної здатності агрегатів за хронометражним даними.23
1.3 Аналіз «вузьких місць» і заходи до реконструкції……...24
1.4 Заходи щодо реконструкції……25
1.5 Загальна характеристика технологічного процесу……..31
1.6 Термічна обробка……39
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА……..…….41
2.1 Завдання розробки режимів деформації……41
2.2 Розрахунок режимів обтиснень……..43
2.3 Розрахунок силових параметрів прокатки……50
2.4 Розрахунок крутних моментів прокатки……...55
2.5 Температурний режим прокатки……57
2.6 Технологія прокатки в чистовій групі……...59
3 МЕХАНАНІЧНА ЧАСТИНА……69
3.1 Загальна характеристика устаткування лінії робочої кліті ……...…69
3.2 Розрахунок на міцність деталей кліті……71
3.3 Розрахунок на міцність натискних гвинтів і гайок …….……..74
3.4 Розрахунок на міцність станини …….77
4 ОХОРОНА ПРАЦІ……...…..81
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища……81
4.2 Розробка мір захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів……..83
4.3 Заходи з пожежної безпеки…….86
ВИСНОВКИ ……..88
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ……89

ВСТУП

В 2020 - 2022 р.р. підприємства чорної металургії направляли капітальні вкладення в основному на модернізацію і відновлення коксохімічного, доменного і сталеплавильного виробництв, а прокатному виробництву приділяли мінімальну увагу. У результаті, значно покращилася якість виплавлюваної сталі, а якість прокату практично не змінилася.

У даному проекті пропонується перспективна розробка технології прямої прокатки слябів зі сталі 08пс, що веде до зростання виробництва при незмінній якості прокату, при зниженні капітальних і поточних витрат.

Прокатка гарячекатаної штаби завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс в рулон масою 16 тон, отриманого шляхом прямої прокатки злитка можлива за допомогою модернізації технології:

1. Установці нових електродвигунів головних приводів клітей № 5 і № 6 чистової групи стана з регульованим числом обертів потужністю 7000 кВт.
2. Виконання робіт з резервування джерел живлення головних приводів чистових клітей, що дозволить підвищити надійність роботи головних приводів і скоротити простої стана.
3. Виконання заміни механічного устаткування головних приводів стана: силові редуктори клітей №№ 2, 4, 5, 6 і шестеренних клітей №5 і № 6.
4. Виконання встаткування міжклітьових проміжків №№ 8, 9, 10 і резервної системи вентиляції двигунів для забезпечення високого ступеня регулювання натягу штаби.
5. Заміна станин кліті ДУО з посиленням плитовин для забезпечення надійної роботи кліті й стійкого процесу прокатки.
6. Заміна виводу діаметром 500 мм на вивід подачі води для охолодження валків чистової групи стана діаметром 700 мм, що дозволити підвищити тиск води й стійкість валків за рахунок більш інтенсивного охолодження.
7. Введення в роботу систем керування механізмами кінцевих ножів, що дозволить скоротити кінцеву обрізь.
8. Виконання пуско-наладочних робіт з установки індукційного нагрівання валків.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Склад та характеристика стану гарячої прокатки тонкого листа 1680

*Опис МБРЗ***.** Спосіб безперервного розливання полягає в тім, що рідку сталь заливають в інтенсивно охолоджувану наскрізну форму – кристалізатор. Частково затверділий злиток безупинно простягають через нього й додатково охолоджують у так званій зоні вторинного охолодження. У результаті в процесі безперервного заливання металу і його затвердіння утвориться безперервний злиток, що згодом розрізають на заготовки певної довжини. Форма і розміри поперечного перетину злитка визначаються внутрішніми розмірами і формою кристалізатора, і, як правило, менше поперечних розмірів злитка середньої маси, відлитого в виливниці. Спосіб безперервного розливання має ряд переваг перед розливанням в виливниці.

У верхній частині злитка, відлитого у виливниці, є зона, збагачена лікватами, а також усадочна раковина або газова порожнина. Тому при прокатці головна частина кожного злитка йде в обріз, що знижує вихід придатного прокату. При безперервному виливку, поступово нарощуваного злитка усадочна раковина або газова порожнина буде одна на весь обсяг металу, що розливає. Таким чином, відходи на головну частину обрізі значно знижуються, і вихід придатного прокату збільшується на 6 – 12%.

Внаслідок, малих поперечних розмірів злитка і високої швидкості кристалізації сталі, обмежується розвиток ліквації. Злиток, відлитий на МБРЗ, затвердіває у стабільних умовах і має високу структурну і хімічну однорідність. Безперервно литі злитки або заготовки прокатують безпосередньо на листових або сортових станах. Застосування безперервного розливання сталі дозволяє виключити з виробничого циклу операції по підготовці розливочного состава або канави, стриперованню злитків, прокатці на обтискних станах. Все це приводить до зниження капітальних

витрат, скороченню тривалості виробничого циклу. Створюються широкі можливості для повної механізації і автоматизації розливання, підвищення продуктивності, і поліпшення умов праці.

Існують кілька видів машин безперервного лиття заготовок: вертикальна, з вигином заготовки, із криволінійною технологічною віссю тобто радіальна і горизонтальна.

У цей час найбільш широке поширення одержали машини радіального типу. У цих машинах кривизна злитка, задана кристалізатором, зберігається незмінної до його повного затвердіння. Випрямлення затверділого злитка виробляється одностадійно при виході його в горизонтальне положення валками правильно-тягнучого пристрою. Далі затверділий злиток може бути розрізаний на заготовки будь-якої довжини.

Конструкція радіальної МБРЗ складається з: сталеразливочного стенда, візка із круговим рухом для проміжного ковша, радіального кристалізатора з механізмом хитання, верхньої й нижньої секції неприводної роликової проводки, криволінійної ділянки приводної роликової проводки, пружинно-гвинтового механізму, роликової горизонтальної секції.

Особливістю даної МБРЗ є наявність поворотного сталеразливочного стенда з качательним рухом несучої рами для підйому і опускання ковшів; використання візка для проміжного ковша із круговим рухом; об'єднанні кристалізатора і першої секції неприводної проводки в один блок.

1.1.1 Коротка технічна характеристика основного устаткування ШСГП 1680

Безперервний тонколистовий стан складається із двох груп – чорнової та чистової. До складу чорнової групи входять: одна двовалкова кліть, чотири чотиривалкових (№ 1, 2, 3, 4) і три вертикальних (№ 1, 2, 3) кліті.

До складу чистової групи входять: одна двохвалкова кліть і шість чотирьохвалкових клітей (№ 5, 6, 7, 8, 9, 10).

Основним робочим органом прокатного стана є валки, що обертаються в підшипниках, установлених у робочих клітях. Привод валків здійснюється електродвигуном через проміжні передавальні механізми і пристрої.

Устаткування, призначене для обертання валків, а також для сприйняття виникаючих при пластичній деформації (обтисненні) металу зусиль і крутних моментів, становить робочу лінію кліті.

Устаткування, що входить у робочу лінію, можна розділити на три основні групи: робочу кліть, передавальні механізми, головний електродвигун. Робоча кліть являє собою дві масивні сталеві литі станини, установлені на плити, прикріплені до фундаменту анкерними болтами. У станинах змонтовані подушки з підшипниками і валками, а також пристрою для переміщення верхнього валка по висоті і його осьовій фіксації, що направляють проводки для металу й т.д.

Система противигину робочих валків клітей № 8-10.

Система противигину робочих валків клітей № 8-10 призначена для регулювання форми і профілю гарячекатаних штаб шляхом оперативної зміни активної утворюючих валків і складається з 4-х гідростанцій з насосами, гідродомкратів, трубопроводів і іншого устаткування. Зусилля противигину в кожній кліті створюється 4-ма гідродомкратами, установленими в нижніх подушках робочих валків.

Тип насоса..... 32/320УХЛ4

Діапазон зміни вихідного тиску робочої рідини, кг/см^2 ……...від 0 до 100

Швидкість зміни тиску, кгс/см^2 ……300

Режим роботи…….безперервний

Робоча рідина..... …...масло індустріальне 12 (20)

Діаметр гідродомкратів, мм ..... ….....120

Кількість гідродомкратів в одній подушці, шт. 4

Робочий хід плунжера, мм 30

Коротка характеристика основного устаткування стана наведена в таблиці № 1.1, 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.1 – Характеристика вертикальних клітей.

№ кліті	Діаметр валка, мм	Потужність двигуна, кВт	Тип двигуна	Швидкість обертання вала двигуна, об/хв	Відносне обтиснення %	Передаточне число редуктора	Швидкість обертання валків, об/хв	Швидкість прокатки м/с
1	від 780 до 810	200	МП-6-275	від 400 до 800	1,5	37,5	від 10,7 до 21 ,4	від 0,428 до 0,008
2	від 780 до 810	200	МП-8-275	від 400 до 800	1	24,3	від 18,45 до 33	від 0,857 до 1,4
3	від 570 до 810	200	МП-8-275	від 400 до 800	від 0,5 до 0,75	15,3	від 28,15 до 52,3	від 0,781 до 1,872

Таблиця 1.2 – Характеристика робочих клітей

№ Кліті	Передаточне число редуктора.	Потужність приводного двигуна, квт.	Тип двигуна	Швидкість обертання вала двигуна, про/хв	Швидкість обертання валка, про/хв.	Швидкість прокатки, м/с.	Відстань між клітями, м	Натискний пристрій			Станина	
									Потужність мотора, квт.	Швидкість обертання об/хв	тип	Мат
ДУО	23,99	2000	МШС-2000-450-43	500	21	0,99	6,25	2	9	900	Закрита	Ст. літ.
1	19,26	5400	ДС 3-199-16-14	428	22,2	від 1,02 до 1,09	21	1	50	875	-//-	-//-
2	19,58	3700	ДС 3-1913-12	500	25,5	від 1,05 до 1,13	19,1	2	34	580	-//-	-//-
3	10,15	3700	ДС 3-1913-12	500	49,2	від 1,5 до 1,57	25,44	2	35	830	-//-	-//-
4	7,36	3700	ДС 3-1913-12	500	68	від 2,08 до 2Д7	58,77	2	35	830	-//-	-//-
5	7,24	4000/5000	МП-6800-340	270/500	від 37,4 до 69	від 1,16 до 2,2	5,84	2	46	625	-//-	-//-
6	4,67	4000/5000	- // -	270/500	від 57,8 до 107	від 1,89 до 3,42	5,84	2	46	625	-//-	-//-
7	2,75	4000/5000	- // -	270/500	від 98,2 до 182	від 3,3 до 5,78	5,84	2	46	625	-//-	-//-
8	2	4000/5000	- // --	270/500	від 135 до 250	від 4,16 до 7,93	5,84	2	46	625	-//-	-//-
9	1,56	4000/5000	- // -	270/500	від 173 до 320	від 5,35 до 10,14	5,84	2	46	625	-//-	-//-
10	1,41	4000/5000	-- // --	270/500	від 191 до 354	від 5,9 до 11,25	5,84	2	46	625	-//-	-//-
ДУО	19,55	3,65	МП-б-500	від 250 до 750	від 12,9 до 38,6	від 0,396 до 1,23	6,19	2	8	1250	-//-	-//-

Таблиця 1.3 – Характеристика валків стану

№ кліті	Тип валків	Матеріал валків	Діаметр бочки, мм		Довжина бочки, мм.	Довжина хитка, мм.	Діаметр шийки, мм.	Діаметр треора, мм.	Вага валка початковий, тонн.
				кінцевий					
ДУО	Робочи	Кута сталь 50ХН	900	810	1680	4240	620	380	13,2
1	Робочи	Кута сталь 9ХФ	940	880	2440	4800	660	580	19Д
1	Опорні	Кута сталь 9ХФ	1320	1245	2440	5060	750	580	38,2
2	Робочи и	Кута сталь 9ХФ	850	780	1680	4070	480	440	9,65
2-10	Опорні	Кута сталь 9ХФ	1240	1170	1680	4320	650	440	22,7
5,7	Робочи	Чавун вибілений ЛПХН-63	620	580	1680	3730	396	360	5,62
3,4	Робочи	Чавун вибілений ЛПХН-63	593	580	1680	3730	396	360	5,62
8-10	Робочи	Чавун вибілений ЛПХН-63	620	580	1680	3730	396	360	5,62
Вертикальна, 1 і 2	Робочи	Куті ст. 50,55.	810	760					1,2
Вертикальна, 3	Робочи	Куті ст. 50,55	610	570					0,5

1.1.2 Робочі кліті

Робоча кліть є основним пристроєм прокатного стану, тому що в ній здійснюється прокатка металу. Робоча кліть прокатного стана складається з наступних основних вузлів і деталей: двох станин, установлених на плитовинах, закріплених на фундаменті, валків з подушками і підшипниками, механізмів для установки і зрівноважування валків, валкових арматур (проводок, пристроїв для охолодження або нагрівання).

Чорнова група складається з: однієї двовалкової кліті – чорнового окалинозламувача, чотирьох чотирьохвалкових клітей (№1-4) і трьох вертикальних клітей.

Чистова група складається з: однієї двохвалкової кліті - чистового окалинозламувача і семи чотирьохвалкових клітей (№5-11).

Для обертання валків застосовують електродвигуни потужністю 4000/5000 кВт, які передають обертові рухи через редуктор і шестеренну кліть.

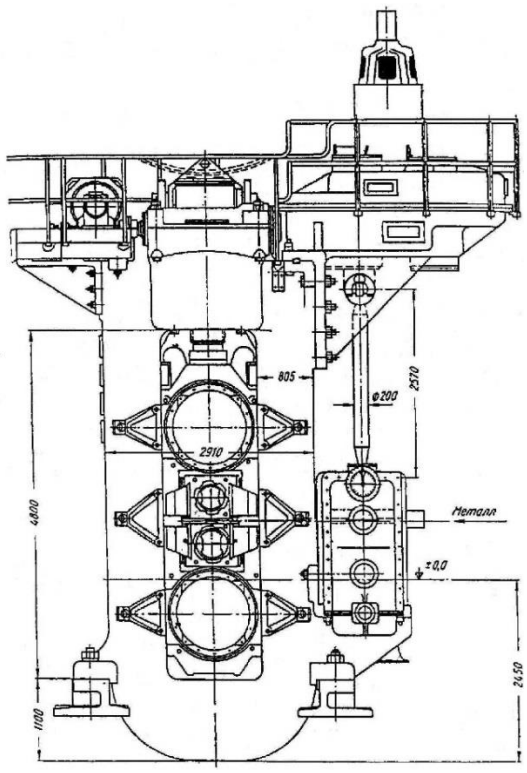


Рисунок 1.1 - Чистова чотирьохвалкова кліть

1.1.3 Валки стану гарячої прокатки 1680

Робочі валки клітей 3-10 виготовляють із легованого чавуну з вибіленою поверхнею (ЛП, МШ, нікельмагнієві, двошарові ЛПХНg) із твердістю 60-85 HSD. Товщина вибіленого поверхневого шару 10...20 мм. Валки мають високу зносостійкість і забезпечують необхідна якість поверхні штаб. Опорні валки відливають із вуглецевої або легованої сталей 50ХН, 60ХН, 9ХМФ. Опорні валки цільноковані із твердістю загартованої поверхні до 45-80 HSD.

Для забезпечення якісного профілю штаби виробника обов'язкова перевалка робочих і опорних валків клітей стана, а прокатка виробляється строго по ширині. Після перевалки прокатують більш широкі штаби, а потім ширина штаб поступово зменшується. Для одержання штаб з мінімальної різнотовщиністю по ширині робочи валки мають опукле профілювання. У міру виробітку опорних валків опуклість робочих валків збільшується.

1.1.4 Коротка технічна характеристика допоміжного устаткування ШСГП 1680

До складу допоміжного устаткування входять :

- лівий і правий рольганги зі шлеперним пристроєм;
- летучі ножиці із приданим устаткуванням для порізу гарячекатаних штаб на листи, ножиці з нижнім різом;
- згортуючі машини
- душируюча установка;
- моталки №1, 2 , 3 з кантувачами рулонів, прийомними візками, приймачами рулонів, конвеєром і крокуючою балкою до них ;
- моталки №4, 5,6 з кантователем рулонів до них;
- конвеєра відводящого;

- підйомно-поворотних столів;

- вагового рольганга з електронно-тензометричної системи зважування рулонів і прийомного рольганга.

Летучі ножиці 25х1700 мм для обрізки переднього кінця гарячекатаної штаби (розкату) перед чистовою групою.

Характеристика ножиців :

Тип ножиців..... ……Важільні

Перетин розрізу штаби, мм ..... ….(18-25)х(600 -1550)

Температура розрізу штаби, що, град, не менш .....…900

Питомий опір матеріалу, що ріже, кг/мм^2…… 8

Перекриття ножів, мм……...…2,70

Окружна швидкість ножів, м/с.....….від 0,46 до 1,38

Ухил верхнього ножа .....…1:62

Число обертів барабана, об/хв ..... …від 17,2 до 51,6

Потужність двигуна, квт.....300

Число обертів двигуна, об/хв 750

Кількість пружин-притисків, шт..... …..5

Робоче навантаження на пружину, кг 3730

Летучі ножиці 28х1550 мм для обрізки переднього і заднього кінців гарячекатаної штаби (розкату) перед чистовою групою. Характеристика ножиців :

Тип ножиців..... ……..летучі

Перетин розрізу штаби, мм .....……..(18-28)х(800-И 550)

Температура розрізу штаби, град, не менш .....…….900

Питомий опір матеріалу, що ріже, кг/мм^2 ……..11,5

Довжина ножів, мм..... …….1700

Перекриття ножів максимальне, мм ..... …….78,9

Перекриття ножів мінімальне, мм..... …….9,8

Максимальний зазор між ріжучими крайками ножів, мм…..……..0,75

Зусилля різання максимальне, тс.....…….170

Максимальний момент різання, тс·м ..... ……60

Величина кінців розкату, що відрізають,..... …мм від 100 до 300

Угол початку різання, град/хв..... …….25х7

Кут кінця різання, градхмин ..... ……7х30

Кут різання, градхмин..... …….17х37

Число обертів барабана, об/хв..... …….від 12,21 до 27,4

Потужність двигуна, квт..... ……1000

Число обертів двигуна, об/хв ..... ……160

Максимальна швидкість руху розкату при порізі, м/с.....2,20

Характеристика роликів, що подають, ножиців ……28х1550 мм :

Призначені для подачі гарячекатаної штаби в летучі ножиці.

Діаметр бочки роликів, мм ..... ……..350

Довжина бочки роликів, мм ..... ……1700

Зусилля притиснення верхнього ролика, кгс ..... ……..9600

Швидкість руху штаби, м/с ..... ……від 0,67 до 2,20

Потужність двигуна, кВт ..... ……...35

Число обертів двигуна, об/хв ..... ……270

Летучі ножиці лівого і правого рольгангів

Летучі ножиці призначені для різання штаб товщиною від 2 до 6 мм і шириною від 850 до 1500 мм на листи довжиною від 1500 до 6000 мм. Летучі ножиці складаються з наступних основних механізмів і доданих до них агрегатів :

1) диференціального редуктора - для регулювання швидкості обертання супортів (довжини листа, що відрізає,);

2) колінчасто-важільного механізму - для установки ножів на одинарний або подвійний різ;

3) привода кривошипа - для зміни кутової швидкості в момент порізу штаби, руху супорта ножиців;

4) механізму запору повзуна кривошипа - для фіксації повзуна в певнім положенні;

5) головного привода й мотора до нього;

6) роликів, що подають, - для подачі штаби до летучих ножиців з рівномірною швидкістю;

7) рольганга перед летучими ножицями - для транспортування до них штаби;

8) рольганга перед правильною машиною - для транспортування до неї відрізаних листів;

9) правильної машини – для виправлення відрізаних листів;

10) пульта керування з апаратурами.

Основні технічні характеристики летучих ножиців:

Тиск, що допускає, на ножі, ... кг 106594

Уклон ножів..... 1:263

Зазор між ножами, мм.....0,125

Максимальне перекриття ножів, мм 6

Швидкість подачі (порезки) штаби, м/хв.....від 55,5 до 111,0

Число резов у хвилину (при середній швидкості подачі 92 м/хв і довжині листа 1525 мм)…….60

Діаметр роликів, що подають,..... мм 221,05

Ексцентриситет ротора, мм 245

Максимальний хід рами подвійних різів, мм..... 255

Максимальне переміщення повзуна кривошипа, мм 150

Головний привод:

Тип..... СД-1898

Привод перемикання режиму лівих ножиців:

Тип..... ..КПД 55/1003

Привод перемикання режиму правих ножиців:

Тип....…….....МП-402

Привод повзуна лівих ножиців.

Тип..... КПД 50/1003

Привод повзуна правих ножиців:

Тип..... СО-1825

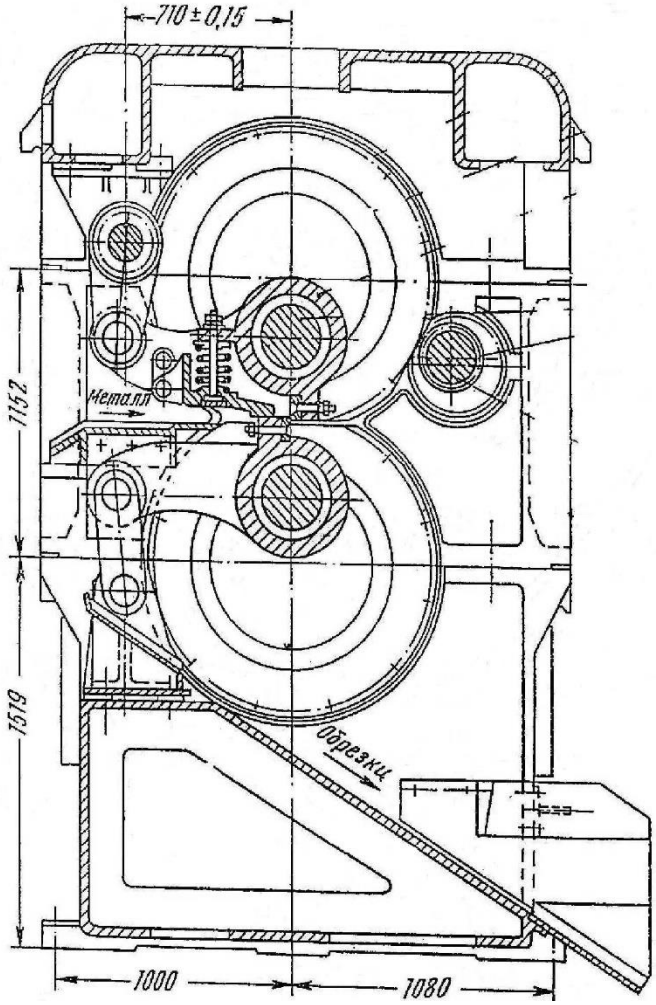


Рисунок 1.2 Ричажнокривошипні летучі ножиці 281700 для різання гарячої штаби

Привод замикаючого пристрою лівих ножиців:

Тип.....КПД 30/1003

Привод замикаючого пристрою правих ножиців:

Тип.....МД-402

Диференціальний редуктор летучих ножиців складається з набору зубчастих коліс і важелів, при перемиканні яких змінюється довжина листа, що відрізає. При перестановці важелів на один розподіл довжина листа, що відрізає, при різі за кожний оберт барабана змінюється:

- для важеля, розташованого в нижній частині коробки диференціального редуктора - на 300 мм (у діапазоні довжини листа від 1500 до 3000 мм);

- для правого важеля - на 50 мм (у діапазоні від 0 до 300 мм);

- для лівого важеля - на 5 мм (у діапазоні від 0 до 50 мм).

Листи довжиною від 1500 до 3000 мм відрізаються за кожний оберт барабана. Листи довжиною від 3000 до 6000 мм відрізаються через один оберт барабана. При переході на порізку через один оберт барабана довжина листа (установлена за допомогою важелів) збільшується вдвічі.

Змащення летучих ножиців виробляється під тиском за допомогою насоса, що включає з поста керування ножицями і маючого на пульті свою контрольну (червону) лампочку. Окремі крапки змазуються густим мастилом (частина - централізовано, частина - у ручну).

Душируюча установка

Душируюча установка призначена для прискореного охолодження штаб до передбачених температур. Тип охолодження ламінарне. При цьому вода з ванн верхніх секцій подається на штабу по типі «водяної завіси», а з ванн нижніх секцій - подається по типі «водяного стовпа». Подача води на ванни здійснюється триходовими відсічними клапанами, які управляються повітрям від пневмосистеми. Регулювання витрати води на ваннах верхньої системи грубого охолодження виробляється спарено (на секцію), а на ванни верхньої системи тонкого охолодження й нижні ванни -індивідуально.

Кількість секцій верхнього охолодження, шт.....11

Кількість секцій грубого охолодження, шт.....9

Кількість секцій тонкого охолодження, шт 2

Максимальна витрата води на душирующу установку,$м^3$/г. 3000

Витрата води через нижню секцію, $м^3$/г 200

Робочий тиск води у верхніх ваннах, МПа 0,2

Робочий тиск води в нижніх ваннах, МПа 0,3

Товщина охолоджуваних штаб, мм .....від 1000 до 1500

Максимальна швидкість прокатки, м/с 12

Температура охолодної води, град.....від 5 до 50

Максимальна температура змотки штаб, град..... 500

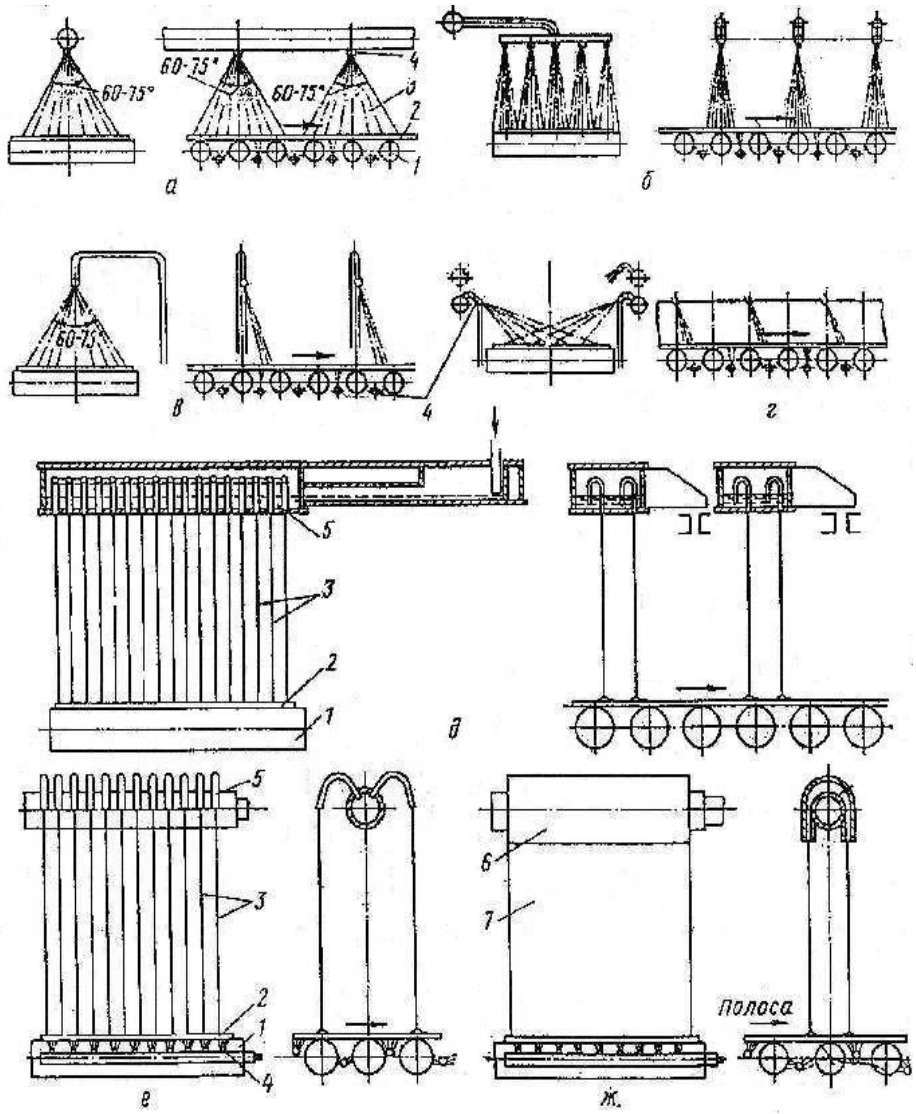


Рисунок1.3 - Схеми способів прискореного охолодження штаб на станах гарячої прокатки: а-в - верхній і нижній зі струєвою подачею води; г - бічний і нижній зі струєвою подачею води; д - верхній з ламінарної (інерційної) і нижній зі струєвою подачею води; е-ж - те ж верхній з ламінарної (безінерційної) подачею води; 1 - рольганг; 2 - охолоджувана штаба; 3 - окремі струмені води; 4 - сопла; 5 - сифонні трубки; 6 - сифонна камера; 7 - суцільний струмінь води (по ширині штаби)

Моталки № 1,2, 3.

Моталки використаються для змотування прокатного металу в рулони й здійснюється формуючими роликами, щільно притиснутими до штаби на барабані моталки, але без натягу штаби барабаном моталки.

Коротка характеристика:

Тип.....Ролико-барабані

Товщина штаб легованих марок, що змотують, сталей,

мм..... від 2,0 до 4,0

Ширина штаб, що змотують,..... мм ...від 720 до 1550

Максимальна вага рулону, кг 15000

Зовнішній максимальний діаметр рулону, мм..... 1600

Зовнішній мінімальний діаметр рулону, мм..... 900

Температура змотки штаб товщиною від 1,7 до 7,0 мм, град..... 800

Швидкість змотки штаб, м/с.....від 6 до15

Заправна швидкість, м/с.....до 10

Діаметр барабана, мм 750

Довжина барабана, мм 2150

Тип привода барабана П2-800-175-8

Діаметр формуючих роликів, мм 320

Довжина бочки формуючих роликів, мм 1700

Тип привода формуючих роликів Д806

Кількість формуючих роликів, шт..... 4

Діаметр тягнучого верхнього ролика, мм 900

Діаметр тягнучого нижнього ролика, мм 400

Довжина бочки тягнучих роликів, мм 1700

Тип привода верхнього тягнучого ролика..... П2-500-141-5

Тип привода нижнього тягнучого ролика…… ...П2-400-124-5

Моталки № 4, 5, 6.

Моталки використаються для змотування прокатного металу в рулони і здійснюється формуючими роликами, щільно притиснутими до смузі на барабані моталки, але без натягу штаби барабаном моталки.

Призначені для змотки гарячекатаних штаб у рулони, призначені для порізу на листи в агрегаті поперечного різання з обов'язковим виправленням штаби в кліті та правильних машинах.

Тип.....ролико-барабані

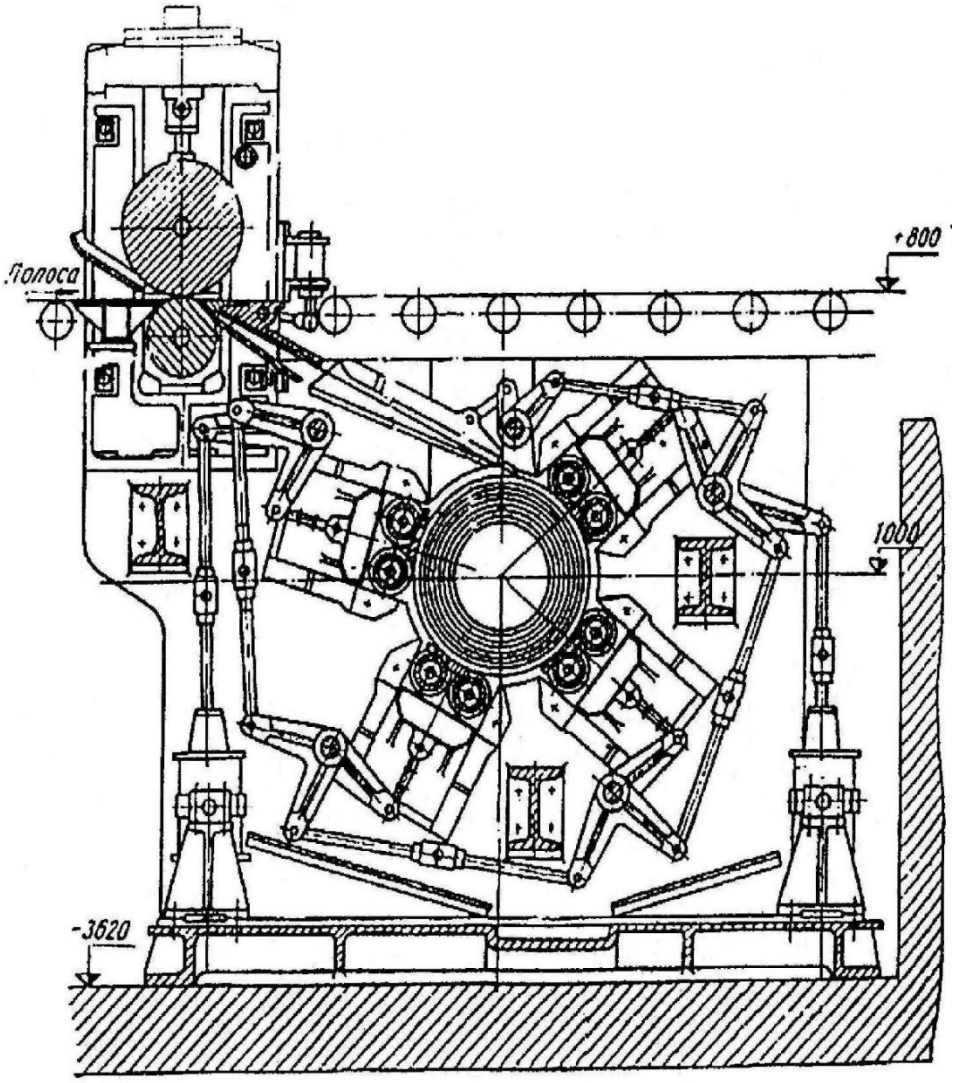


Рисунок1.4 - Моталка для змотування гарячої штаби

Товщина штаби, що змотується, мм ..... від 1,8 до 6,0

Ширина штаби, що змотується, мм .....від 600 до 1500

Максимальна вага рулону, кг 7500

Максимальний зовнішній діаметр, мм.....1200

Мінімальний зовнішній діаметр, мм..... 900

Тип привода тягнучих роликів.....МП-72

Тип привода барабана МП-82

Тип привода формуючих роликів МП-42

1.2 Розрахунок пропускної здатності агрегатів за хронометражними даними

Розрахунок виробляється для трьох профілів (важкий, середній, легкий):

$2 \times 1000 мм$;

$3 \times 1250 мм$;

$5 \times 1400 мм$.

1. Розрахунок темпу прокатки:

$$T = t_M _ t_n$$

$$t_M{}^2 = 59C; \quad t_n = 5C; \qquad T_2 = 59 + 5 = 64C$$

$$t_M{}^3 = 84C; \quad t_n = 5C; \qquad T_2 = 84 + 5 = 89C$$

$$t_M{}^5 = 80C; \quad t_n = 5C; \qquad T_2 = 80 + 5 = 85C$$

2. Маса рулонів, отриманих при прокатці:

$$G^2 = 5{,}9m$$

$$G^2 = 13{,}0m$$

$$G^2 = 13{,}8m$$

3. Продуктивність стана:

$$A = \frac{3600G}{T};$$

$$A_2 = \frac{3600 \cdot 5,9}{64} = 331,8 m/ч;$$

$$A_3 = \frac{3600 \cdot 13,0}{89} = 525,8 m/ч;$$

$$A_5 = \frac{3600 \cdot 13,8}{85} = 584,5 m/ч.$$

Результати розрахунків заносимо в таб.1.4.

Таблиця 1.4 – Дані з розрахунку пропускної здатності ШСГП 1680

Розміри заготовки, $H \times B \times L$, *мм*	Перетин штаби, *мм*	t_M, *с*	t_n, *с*	T, *с*	G, *т*	A, *т/ч*
150×985×4500	2×1000	59	5	64	5,9	331,8
150×1245×8900	3×1250	84	5	89	13,0	525,8
140×1405×9000	5×1400	80	5	85	13,8	584,5

Середньовзвішена продуктивність стана:

$$A_{ср} = A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + A_3 \cdot a_3;$$

де $a_1; a_2; a_3$ - питома вага кожного профілю в сортаменті стана;

$$A_{ср} = 331,8 \cdot 0,41 + 525,8 \cdot 0,32 \cdot 584,5 \cdot 0,21 = 428,5 m/ч.$$

Річна продуктивність стана:

$$A_г = A \cdot A_{гр};$$

де $A_{гр}$ - число робочих годин у році;

$$A_г = 428,5 \cdot 6472,2 = 2772366,87 m.$$

1.3 Аналіз «вузьких місць» до реконструкції

ШСГП1680 був пущений у роботу в 1937 році і за час роботи протерпів як моральний, так і фізичне зношування. У наслідку прогресу вироблялася часткова, поетапна реконструкція. На даний момент часу відбувається як планування, так і здійснення реконструкції на стані по аналізі «вузьких місць».

Основні «вузькі місця» на стані:

1) Різниця температури між хвостовою і головною частинами розкатів (температурний клин) за кліттю №4, погіршує умови точності прокату.

2) Гідросбиви, що служать для змиву окалини з поверхні металу на даний момент із низьким тиском води, 9-12 МПа, що приводить до поганої якості поверхні штаби і швидкому зношуванню валків.

3) Швидкість прокатки в чистовій групі клітей для стана гарячої прокатки дуже малі, що приводить до малої продуктивності стана.

4) Відсутність САРП штаби між клітями чистової групи приводить до зниження точності прокату і збільшенню навантажень по клітях.

5) Для змотки штаб різних товщини застосовуються моталки, у яких установлений зазор між тягнучими роликами усереднено для штаб різних товщини, що негативно впливає на якість змотки.

1.4 Заходи щодо реконструкції

Мета реконструкції: перехід на литті сляби.

Збільшення максимальної товщини сляба з 168 до 200 мм

1. Збільшення максимальної довжини сляба з 9,0 до 9,5 м
2. Необхідність редукування ширини на сумарну величину до 150 мм
3. Продуктивність 3,7 (4,7) млн. т/рік
4. Товщина підкату 18-28(30) мм зберігається
5. Температура кінця чорнової прокатки не менш 1040-1060°С

Заходи щодо реконструкції:

1. Підвищення обтискної здатності чорнової групи шляхом установки додаткової кліті або/і заміни існуючих клітей.
2. Установка нової реверсивної універсальної кліті з потужною вертикальною кліттю для редукування ширини і обтиснення сляба по товщині.

Установка додаткової універсальної кліті, що дозволить:

1. Створити можливість зменшення товщини сляба з 200 до 140 мм за один прохід.
2. Редукування ширини сляба на 150 мм за три реверсивних проходи.
3. Відстань до печі визначається з умови розміщення розкату і пічного гідрозбива.
4. Одержання розкату 18 х 1550 мм можливо зі сляба максимальною товщиною 180 мм. Для зняття обмеження потрібна заміна однієї з існуючих клітей.

Нова двоклітьова реверсивна безперервна група забезпечить:

1. Продуктивність більше 4,0 млн. т/рік
2. Необхідне обтиснення товщини за три здвоєних проходи
3. Одержання розкату заданої товщини і температури зі сляба максимальною товщиною 200 мм у всьому діапазоні ширин
4. Редукування ширини на 150 мм у перших двох реверсивних проходах
5. Відстань до печі визначається з умови розміщення розкату і пічного гідрозбива.

Опис технології

Ковш надходить на сталерозлівочний стенд із установленим шиберним затвором. Для швидкої і надійної зміни ковша передбачається стенд підйомно-поворотного типу із загальним поворотом, але з роздільним підйомом консолей. Передбачено автоматичний або напівавтоматичний маніпулятор захисної трубки.

Проміжний ківш прямокутної форми з достатнім обсягом і достатньою висотою для забезпечення спливання домішок використається також як проміжна ємність при заміні ковшів без зниження швидкості розливання. Проміжні ковші переміщаються між установкою підігріву і положенням розливання на двох візках. Регулювання потоку стали із проміжного ковша в кристалізатор здійснюється системою гідравлічного стопора або шиберного затвора, підключеної до системи автоматичного регулювання рівня рідкої сталі в кристалізаторі із пристроєм автоматичного запуску. У випадку збоїв

струмінь сталі відтинається додатковим аварійним шиберним затвором. Кристалізатор (патент ARVEDI) розрахований на товщину слябів до прибл. 90 мм, касетного типу з повністю автоматизованим гідравлічним регулюванням ширини, застосовуваним під час розливання або переналагодження. Товщина злитків, що відливають, вибирається залежно від продуктивності. При верхньому рівні товщини тонкого сляба продуктивність одного струмка досягає 1,5 - 1,6 млн. т/рік.

Рух кристалізатора здійснюється гідравлічним пристроєм хитання, що володіє повною гнучкістю по своїх робочих параметрах. У межах роликової проводки безперервнолитий злиток підтримується до закінчення затвердіння. Згинання і виправлення здійснюються по спеціальній кривій ФАІ, що гарантує найменші значення напруги. Для мінімізації витріщання у всіх секціях використаються ролики малого діаметра з невеликим кроком. Проміжні опори, що опираються на поперечні балки, забезпечують мінімальний прогин у поперечному напрямку. Для забезпечення максимальної гнучкості відносно товщини слябів на вході прокатного стана кожна секція обладнана повністю динамічною гідравлічною системою регулювання розчину для застосування обтиснення злитка з незатверділою серцевиною. При товщині на виході кристалізатора 75 мм обтиснення злитка з незатверділою серцевиною буде застосовуватися для забезпечення товщини сляба 55 мм на виході машини. При товщині на виході кристалізатора прибл. 90 мм система забезпечує будь-яку товщину слябів на виході до 70 мм. На початку розливання запал від'єднується від гарячого злитка за допомогою маятникових ножиців. При наступному переналагодженні запал уводиться знизу.

Сляб після МНЛЗ прокатується в блоці з високим ступенем обтиснення, що складає із трьох прокатних клітей сполучених із МНЛЗ. Товщина слябів зменшується до товщини підкату 10 і 25 мм у залежності марки сталі і необхідних кінцевих розмірів.

Технологія двоступінчастої прокатки вигідна для виробництва понад тонкої гарячекатаної штаби з кількох причин. Кліті блоку з високим ступенем обтиснення обладнані тими ж технологічними пакетами, що і кліті чистового стана: верхніми гідравлічними циліндрами AGC «довгого ходу» для регулювання розчину валків:

- Потужний противигин робочих валків у двох напрямках.
- Різне охолодження робочих валків.
- Малоінерційні гідравлічні петлеутворювачі.

Механічні ножиці маятникового типу служать для різання злитків на підкат необхідної довжини. Ножиці також використаються на початку серії або у випадку аварії. Різання запускається окремою системою виміру довжини. Після різання підкат нагрівається і температури вирівнюється під час проходу через індукційний нагрівач, установлений зверху рольганга чорнового стана гарячої прокатки і ножиців до температури не більше 1150 ^{o}C. Потім підкат змотується в рулони в спеціальній печі з моталкою, так званої печі «Кремона», теж патент ARVEDI. Піч служить як буфер між МНЛЗ і чистовим станом, де підкат може перебувати у випадку неготовності стана через заміну валків або інших короткочасних зупинок, що позначається на роботі МНЛЗ. Нагрівання печі здійснюється пальниками, що мають спеціальну конструкцію для роботи на природному газі. Печі «Кремона» складається із двох пристроїв, одне із яких звичайно використаються для розмотування підкату на чистовий стан, а друге - для змотки розкату після блоку з високим ступенем обтиснення. Наприкінці операції ці пристрої міняють своє призначення після повороту корпусів печі навколо осі барабана моталки. Після печі «Кремона» підкат проходить через правильний пристрій, окалинозламувач і задається в чистовий стан. Аварійні ножиці гідравлічного типу встановлені за піччю для відрізання дефектних передніх або задніх кінців

Стан гарячої прокатки призначений для виробництва високоякісної штаби широкого сортаменту типового для заводу з повним циклом. З іншого

боку, передбачена можливість прокатки низьковуглецевих марок сталі в понад тонку гарячекатану штабу або режиму феритної прокатки. На підставі попередніх рішень і з огляду на необхідний сортамент продукції пропонується наступний состав устаткування стана:

– одні (1) ножиці аварійного різання

– одна (1) чотирьохроликова гідравлічна правильна машина

– одна (1) камера для збиву окалини високого тиску із вхідними лінійками.

– п'ять (5) чотирьохвалкових чистових клітей

– один (1) рольганг, що відводить

– одна (1) система охолодження штаби

– одна (1) підпільна моталка

Підкат, що виходить із печі «Кремона» проходить через камеру збиву окалини струменями води високого тиску і прокатується на чистовому стані, що працює в тандемі з піччю.

Чистовий стан – це 5-клетевой компактний стан із трьома клітями, розрахованими на високі зусилля прокатки, а дві останні – оптимізовані для виробництва тонкої продукції. Повністю гідравлічна система AGC заснована на використанні довгих гідравлічних циліндрів без яких-небудь електромеханічних пристроїв. Конструкція і керування циліндрами має велике значення на міні станах, призначених для виробництва понад тонкий гарячекатаної штаби внаслідок високих зусиль прокатки і необхідності попередньої напруги, щонайменше, в останніх трьох клітях чистового стану. Це вимагає високих динамічних характеристик і дуже низького гістерезису. Для контролю стискальності масляної колонки застосовується концепція «Швидкої компенсації стискання масла».

На чистовому стані застосовується комплексне регулювання профілю і площинності штаби. Профилемер і система виміру площинності встановлені наприкінці стана для зворотного зв'язка із системою. Регулювання здійснюється за допомогою потужної системи противигину, що встановлена на всіх клітях. Для регулювання площинності тонкої штаби, що є чутливою щодо цього, система об'єднана з регулюванням теплової опуклості із

багатозонним охолодженням робочих валків. На всіх чистових клітях установлена система зсуву робочих валків для забезпечення можливості безпрограмної прокатки і для продовження терміну служби робочих валків. Стратегія зсуву також використається в системі регулювання профілю і площинності з обліком вихідної механічної обробки робочих валків. Регулювання міжклітьового натягу має важливе значення при прокатці тонкої штаби. Для виключення ушкодження штаби міжклетевий натяг повинен підтримуватися на постійному і низькому рівні. Це досягається за рахунок використання низькоінерційних гідравлічних петлеутворювачів для забезпечення найкращих динамічних характеристик. Застосовуються петлеутворювачі спеціальної конструкції з регульованими геометричними розмірами для різного міжклітьового натягу, гідростатичні гідравлічні циліндри для низького тертя, тензодатчики під роликами петлеобразователей для компенсації тертя і інерції. Із чистового стана штаба надходить на ділянку моталки. рольганг, що відводить, розрахований на безпечне транспортування штаби мінімальною товщиною 1.0 мм. Виконано оптимізацію довжини рольганга, що відводить, для забезпечення належної температури змотки для діапазону товщини, обговореного в сортаменті. Система охолодження рулонів виконана з урахуванням типового сортаменту. Загальна витрата води і її розподіл ураховує металургійні вимоги різних марок стали. Підпільна моталка обладнана низькоінерційним приводом і регулюванням розжаття оправлення. Ролики моталки низькоінерційного типу мають гідравлічний привід для забезпечення найкращої роботи моталки. При намотуванні перших витків застосовується система покрокового регулювання для роликів моталки з регулюванням по зусиллю й положенню. Гідравлічні бічні лінійки регулюються по зусиллю й положенню без механічного з'єднання двох сторін для забезпечення найвищих динамічних характеристик і гнучкості в роботі. Гідравлічний тягнучий ролик зі зрівноважуванням верхнього ролика для компенсації розчину й регулювання гідравлічного зусилля незалежно від двох сторін забезпечують точне настроювання й центрування штаби. Після завершення змотки рулон зв'язується, маркірується і передається на склад рулонів.

1.5 Загальна характеристика технологічного процесу

В Україні встановлені й працюють два безперервних широкоштабових стана (стан 1680 у м. Запоріжжя і стан 1700 у м. Маріуполі), на яких удосконаляться технологія виробництва штаб, забезпечується одержання штабової сталі з високою якістю поперечного профілю і механічних властивостей металу.

Безперервний стан 1680 гарячої прокатки штаб побудований в 30-і роки 20-го століття. На цьому стані прокочують штаби товщиною 1,5-8 мм, шириною 1000-1500 мм із маловуглецевих марок сталі. З нержавіючих і легованих марок сталей прокатують також штаби товщиною $h \rangle 3{,}5 мм$ і шириною $B \langle 1300 мм.$ Заготівля для стана служать сляби товщиною 120-160 мм, масою $G = 5{,}5 m$ і довжиною L $L_{сл} 4{,}5 - 4{,}7 м$ прокатують штаби товщиною $h \langle 2{,}5 мм \quad (B \approx 1000 мм)$, а зі сляба масою $G = 15 m$ й довжиною $L_{сл} = 9{,}5 м$ прокочують штаби товщиною $h \langle 2{,}5 мм$.

На стані встановлені п'ять методичних чотирьохзоних печей із глісажними трубами, з торцевою посадкою і видачею слябів. Печі опалюються сумішшю доменного, коксового і природного газів, калорійністю 1070-1350 ккал/м^3. Однак у зв'язку з переходом на транзитну (пряму) прокатку слябів використаються періодично 1-2 печі для прокатки зворотних або легованих (нержавіючих) слябів. Довжина печей 31,5 м, ширина 5,22 м. Холодні сляби надходять зі складу на стіл 1 і по рольгангу 2 до печі. Посадка слябів у печі 3,4 виконується штовхачами 5. Одночасно з печей видаються нагріті сляби на нижній грубний рольганг 6. На поверхні сляба завжди є товстий (4-6 мм) шар грубної окалини, виламування якої здійснюється у двохвалковому окалиноломателі. Розпушена окалина віддаляється з поверхні сляба гідросбивом, що подає на сляб воду з тиском 9-12 МПа.

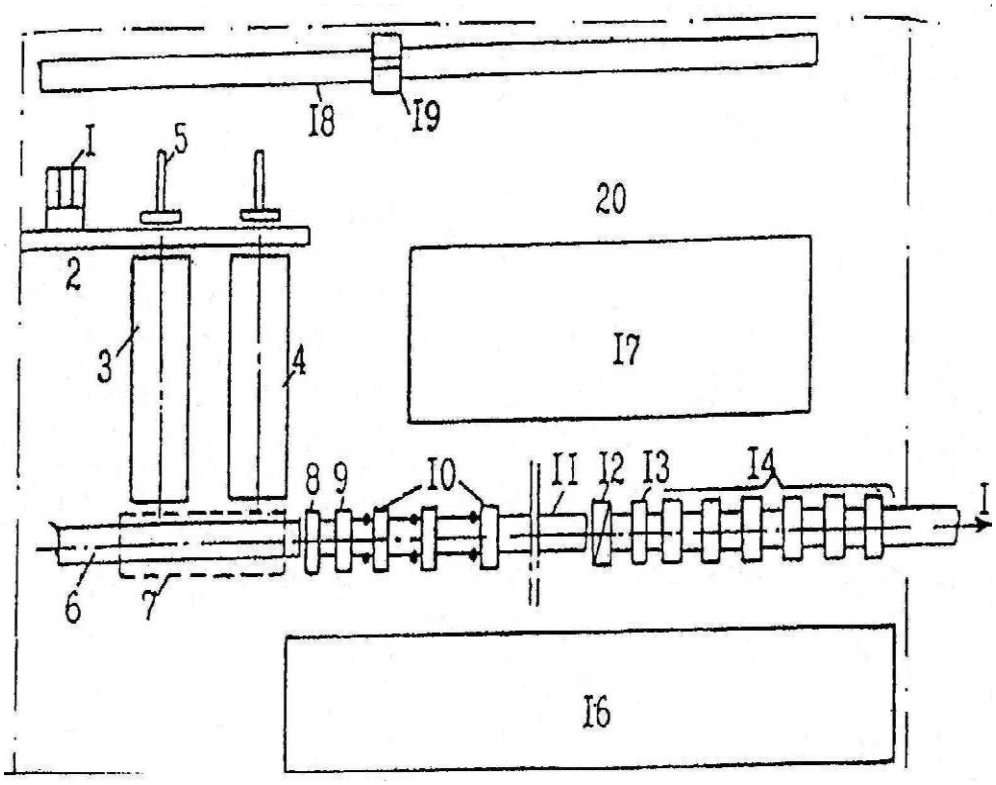


Рисунок1.5. Схема розташування встаткування ШСГП 1680:

1 – завантажувальний стіл для слябів; 2 – завантажувальний рольганг; 3,4 – нагрівальні печі; 5 – штовхачі слябів; 6 – рольганг від слябінга; 7 – теплові екрани; 8 – двохвалковий окалинозламувач; 9 – перша чорнова кліть кварто; 10 – чорнові кліті з вертикальними валками; 11 – проміжний рольганг; 12 – летучі ножиці; 13 – чистовий окалинозламувач; 14 – шість клітей кварто чистової групи; 15 – рольганг; 16 – машзал; 17 – вальцешлифовальна майстерня; 18 – рельсошлях від слябінга; 19 – візок; 20 – ділянка верстатів для зачищення слябів

У чорновій групі встановлені чотири кліті з робочими валками діаметром 940 мм і опорними 1320 мм; кліть 2 – з робочими валками діаметром 810 мм і опорними – 1240 мм; кліті 3,4 – з валками діаметром відповідно 580-590 і 1240 мм. Всі опорні валки і робочі валки клітей 1 і 2 виготовлені зі сталі марки Ст. 9×90. У клітях 3 і 4 робочі валки виготовлені із чавуну з вибіленою поверхнею. Ці валки відповідно до прийнятого на заводі маршрутом установки валків по клітях стана переходять після відпрацьовування до певного діаметра в чистовій групі клітей. Валки

вертикальних клітей діаметром 810 виготовлені з кованої сталі марок Ст. 50, Ст. 50. Потужність двигуна клітей з горизонтальними валками дорівнює: кліть 1 – 5-5400 кВт; 2-4 – по 4000 кВт, а окружна швидкість робочих валків клітей $4-V_4=2{,}2-2{,}5мм.$ У чорновій групі застосовується безперервна прокатка слябів довжиною 9-9,5 по такому режимі: окалинозламувач – кліть 1, кліті 2-3 і кліті 3-4. Розкат виходить повністю із кліті 1 і тільки потім прокатується в групі клітей 2-3. У кліті 4 розкат прокочують після виходу із кліті 2. При вході в кліть 1 температура розкату дорівнює 1150-1180° С, а в міру прокатки температура розкату зменшується й за кліттю 4 становить 1080-1100°С.

1.5.1 Вихідний метал

Безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки 1680 призначений для прокатки штаб товщиною від 2,0 до 6,0 мм і шириною від 900 до 1520 мм. Також допускається прокатка освоєного сортаменту штаб товщиною від 6,1 до 10,2 мм, і шириною від 850 до 900 мм.

При поставці прокату за ДСТ 16523-97 на поверхні гарячекатаного прокату не повинне бути полон, порізів, міхурів, заходів, вкатаної окалини, перетравов, недотравов, розшарувань.

При поставці прокату за ДСТ 14637-89 на поверхні гарячекатаного прокату не повинне бути рванин, наскрізних розривів, розкатаних пригару і скоринок, а також міхурів-здуттів, гармошки, тріщин, полон, забруднень і вкатаної окалини.

Вихідним металом для виробництва гарячекатаних штаб і листів з нержавіючої сталі служать передільні сляби, по розмірах, формі і якості поверхні, що задовольняють вимогам внутрішньозаводських технічних умов. Розміри слябів, призначених для переділу в тонколистовому цеху залежать від марки сталі і варіанта замовлення.

Фактичне граничне відхилення по ширині штаби не повинне перевищувати +20 мм при ширині штаб до 1000 мм (включно).

Відхилення від площинності штаб товщиною від 2,0 до 3,9 мм не повинне перевищувати 15 мм, а для штаб товщиною від 4,0 до 9,0 мм - 12 мм на довжині 1м стали, що поставляється в листах.

Телескопичність рулонів не повинна перевищувати 100 мм для штаб товщиною 2,0 - 2,5 мм і 70 мм для штаб товщиною 2,6-9,0 мм.

Поперечна різнотовщиність штаб, призначених для переділу на холоднокатаний лист, не повинна перевищувати 0,10 мм.

1.5.2 Прокатка слябів

Безперервні стани характеризуються тим, що метал при прокатці перебуває одночасно в декількох клітях, тому швидкість обертання валків у клітях повинна регулюватися і підбиратися так, щоб витрата металу в одиницю часу в будь-якій кліті був постійним і рівним.

Після проходження чорнового окалинозламувача (кліть ДУО) розкат проходить через інші кліті чорнової групи.

Максимальне обтиснення, що допускає, по клітях чорнової групи залежно від ширини сляба наведені в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Допустиме обтиснення по клітях чорнової групи.

№ Кліті	Максимальні обтиснення при прокатці вуглецевих і низьковуглецевих сталей, %	
	Ширина сляба до 1250 мм	Ширина сляба понад 1250 мм
Окалинозламувач "ДУО"	25	20
№1	37	35
№2	40	37
№3	40	37
№4	40	37

Розчин між вертикальними валками встановлюється більше номінальної ширини штаб, що прокатується, на величину, наведену в таблиці № 1.6

Таблиця 1.6 – Розчин між вертикальними валками залежно від ширини штаби

Номінальна ширина штаби, мм	Збільшення розчину вертикальних валків проти номінальної ширини штаби, мм	
	Вертикальна кліть №1	Вертикальні кліті №2, №3.
Від 780 до 1000	25	20
Від 1000 до 1300	30	25
Від 1300 до 1420	35	30

При виході із чорнових клітей розкат проходить під струменями води високого тиску, які видаляють окалину з його поверхні, потім відбувається змотування розкату на проміжну моталку: після розмотування його передній і задній кінець обрізається на летучих ножицях, установлених перед чистовим окалинозламувачем. Після цього розкат проходить через чистовий окалинозламувач і інші кліті.

Обтиснення, що допускає, у клітях чистової групи зазначено в таблиці № 1.7.

Таблиця 1.7 – Допустиме обтиснення у клітях чистової групи.

№ Кліті	Максимальні обтиснення при прокатці вуглецевої і низьковуглецевої сталей, %	
	До 1200	Від 1200 до 1500
5,6	50	45
7,8	40	35
9	25	25
10	15	15

Обтиснення в останній кліті чистової групи повинне бути в межах 5 - 15 % і встановлюється в кожному конкретному випадку з таким розрахунком,

щоб передній кінець штаби, що виходить із кліті №10, був підігнутий до верху на 50-100 мм.

З метою зниження енергосилових параметрів прокатки, зменшення застрявання штаб на гарячому рольгангу і у моталках прокатку нержавіючих сталей доцільно робити при швидкості 10-й кліті 410-440 м/хв.

Після кожної перебудови стана, а також прокатки нової плавки перевіряється фактична товщина перших прокачаних штаб і при необхідності виробляється підстроювання (табл. № 1.8).

Таблиця 1.8 – Допустиме відхилення від номіналу по задньому кінці штаби за показниками рентгенівського товщиноміра

Товщина штаби. мм	Відхилення, що допускають, залежно від ширини, мм	
	До 1000	Понад 1000
Від 3,0 до 3,9	+0,05 +0,10	+0,05 +0,10
Понад 3,9 до 5,0	-0,05 0,00	-0,10 -0,05
Понад 5,0 до 6,0	-0,10 -0,05	-0,15 -0,10

Забезпечення заданого температурного режиму прокатки досягається шляхом зміни товщини підкату і швидкості прокатки в клітях чистової групи в межах припустимих навантажень на двигуни клітей (табл. № 1.9).

Таблиця 1.9 – Припустимі навантаження на двигуни клітей стана

№ кліті	Тип двигуна	Номінальна потужність, кВт	Номінальний струм, А	Короткочасове припустиме навантаження потужності, кВт	Допустиме навантаження струму, А
ДУО	ДСЗ-1810-12	1840	207	2600	310
1	ДСЗ-1913-14	5400	675	7500	1000
2	ДСЗ-1913-12	3700	415	6800	625
3	ДСЗ-1913-12	3700	415	6500	625
4	ДСЗ-1913-12	3700	415	6200	625
5-10	МП- 6800-340	5000/4200	7050/6000		12000

Тиск води в насоса при одночасній роботі всіх колекторів повинне бути не менш 80 атм. Для безперебійного якісного збива окалини обов'язково включаються два насоси.

1.5.3 Змотка штаб у рулони

Гарячекатані штаби товщиною 3,0...5,2 мм, призначені для виробництва гарячекатаного листа, а також підкату на холоднокатаний лист і рулони, змотуються в рулони на свертних машинах №1-3 без затримки на рольгангу, що відводить.

Швидкість обертання роликів свертних машин і швидкість рольганга повинна бути вище окружної швидкості валків 10-й кліті на 10-20 м/хв. Перед змоткой штаб у рулони тиск стисненого повітря в повітрозбірниках свертних машин підвищується до 4,0-5,0 атм.

Для забезпечення рівної змотки рулонів, без телескопічності, прокатані штаби не повинні мати серповидності. Для забезпечення щільної змотки обов'язкова витримка рулонів у свертних машинах до розведення формуючих роликів менш 1,5 хв.

1.5.4 Поріз гарячекатаних штаб

Штаби, призначені для порізу на гарячекатаний лист у підкат для подальшої холодної прокатки в лінії безперервного тонколистового стана, передаються шлеперами з гарячого рольганга на ліві і правий рольганги, що відводять. Щоб уникнути травмування штаби захвати шлеперів повинні бути виставлені в одну лінію, всі ланцюги натягнуті на зірочки.

Поріз штаб, залежно від марки стали, товщини і температури, виробляється на летучі або гильотинних ножицях.

При прокатці штаб, що вимагають дотримання строгого температурного інтервалу порізу, темп прокатки необхідно знизити таким чином, щоб забезпечити поріз кожної штаби без затримок на рольгангах і холодильнику.

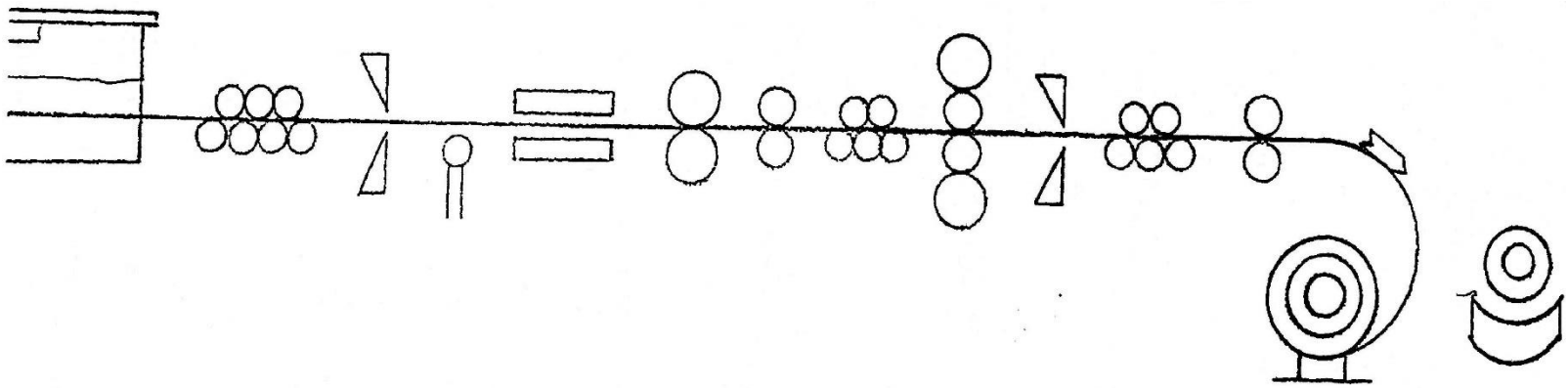


Рисунок 1.6 - Агрегат дресирування і поперечного різання

1 - похилий прийомний рольганг із холостими роликами; 2 - піднімальний стіл розмотувача; 3 - магнітний отгибатель; 4 - тягнучі ролики; 5-8 - пятироликові правильні машини; 6 - ножиці; 7 - дресирувальна кліть; 8 - тягнучі ролики; 10 - дискові ножиці; 11 - кромкокрошитель; 12 - петлеутворюючий ролик; 13 - летучі ножиці; 14 - складальна кишеня

1.6 Термічна обробка

На стані встановлено п'ять методичних чотирьохзонних печей із двостороннім нагріванням, дворядні з торцевою посадкою і видачею. Опалюються сумішшю доменного, коксового і природного газів, калорійністю від 1070 до 1350 ккал/м^3. Ширина печі 5220 мм, довжина 31,5 м. У кожній печі є чотири глисажні труби, які служать опорою для слябів, що нагрівають, при просуванні їх через піч. Повітря, необхідний для горіння, підігрівають до 500-550^o С у керамічному рекуператорі. Продукти горіння від всіх печей приділяється по кабанах у два димарі висотою по 85 м.

Величина тяги регулюється поворотним шибером, установленому в кабані за кожною піччю. Завантаження і пересування слябів через печі здійснюється двома штовхачами рейкового типу. Кожна теплова зона печі обладнана системою контролю і регулювання температури. У кожній зоні по ширині печі встановлені дві платино-радийплатинові термопари, ЕДС яким подається на потенціометр через перемикач. Посадка слябів у печі виробляється з відділенням слябів різних марок і розмірів. Сляби сідають у піч як у гарячому, так і в холодному стані. За винятком окремих марок низьколегованих і всіх високолегованих сталей, які сідають у піч тільки в холодному стані. Нагрівання слябів у методичних печах виробляється по встановлених режимах. У методичній зоні нагрівання здійснюється за рахунок тепла відпрацьованих газів. У міру просування слябів через піч їхня температура постійно зростає. Швидкість пересування слябів у печах і температура задаються. На кінцевому етапі нагрівання сляби проходять через томильну зону, де відбувається вирівнювання температури по перетині металу. При нагріванні металу необхідно забезпечити повне згоряння газу і виключити оплавлення поверхні слябів. Нагріті сляби подаються на нижній грубний рольганг і відтіля в стан. Нижній грубний рольганг складається з 94-х роликів, діаметром 400 мм і довжиною бочки 1700 мм. Рольганг обслуговується шістьома електродвигунами типу ДП-72 з потужністю 67 кВт кожний і швидкістю обертання.

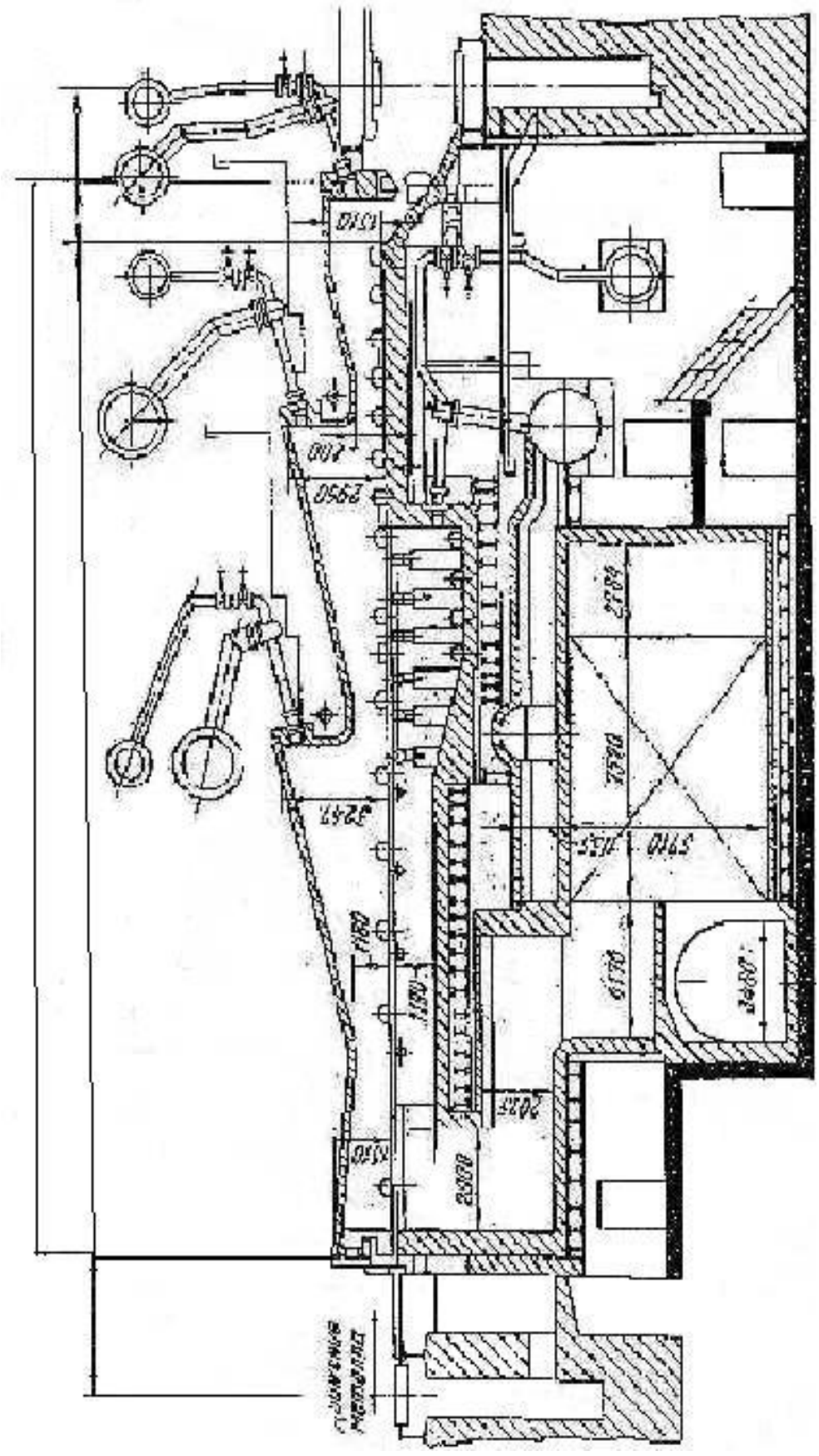


Рисунок 1.7 - Методична піч

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Завдання розробки режимів деформації

Технологія прокатки гарячекатаної штаби 3,2 х 1400 зі сталі 08пс рулон масою 16 тн на стані БТЛС 1680. Сталь 08пс містить: С - 0,06-0,12%, Si - 0,05-0,30%, Мп - 0,25-0,50%, Cr-0,3%, S - 0,05%, P-0,04%, N-0,01%.

Завданням розробки режимів деформації для якого-небудь прокатного стана є знаходження таких умов прокатки, які забезпечать максимальне виробництво стана (максимальні допустимі швидкості прокатки і величини обтиснення), висока якість поверхні листів (відсутність дефектів), висока якість поперечного і поздовжнього профілів штаби , висока якість форми (допустиме значення хвилястості і коробчатості), раціональні величини сил і потужності прокатки і т.п.

Основним завданням прокатки в чорнових клітях БШС є видалення окалини з поверхні слябів і одержання необхідних розмірів підкату для чистової групи.

До раціонального режиму обтиснень у чорновій групі БШС пред'являються наступні вимоги:

1. Сумарне обтиснення в чорновій групі повинне бути максимальним з урахуванням збереження найбільш високої температури розкату;

2. Кут захвату, сила прокатки і потужність двигуна головного привода не повинні перевищувати припустимі величини;

3. Діапазон товщини підкату після чорнової групи для всього сортаменту стана повинен бути мінімальним, щоб спростити перенастроювання чистові групи.

Кожна перебудова включає зміну розчину між валками на всіх або частини клітей, швидкості прокатки, а при зміні ширини - перебудову напрямних лінійок і моталок. Скорочення часу на перебудову чистової кліті

стана може бути досягнуте за рахунок зменшення кількості товщини підкату. Вона становить 23-28 мм.

Необхідною умовою нормального процесу прокатки в чистовій безперервній групі є сталість минаючих за секунду обсягів металу по клітях. При рівності ширини розкату у всіх клітях умова сталості цих обсягів запишеться у вигляді:

$$h_5 v_5 = h_6 v_6 = ... h_n v_n,$$

де h – товщина розкату;

v – швидкість виходу металу з валків.

Режим обтиснень у чистовій групі ШСГП буде раціональним, якщо продуктивність чистової групи буде максимальної при прокатці штаби даного типорозміру; штаб а має високу точність геометричних розмірів і форми, мікроструктура, міцні властивості і якість поверхні задовольняють ДСТ або ТУ; сила прокатки і потужність двигуна не перевищують припустимих величин;

Розподіл обтиснень і швидкостей прокатки по клітях забезпечують просте настроювання стана і перенастроювання чистової групи в мінімально короткий час. Продуктивність стана визначається при заданих розмірах сляба і листа, швидкістю прокатки в чистовій групі і паузами між їхнім завданням у чистову групу.

Розподіл обтиснень по клітях дозволяє у всіх клітях, крім двох останніх, зберігати постійної силу прокатки. У передостанній кліті величина сили прокатки становить 75% сили в попередніх клітях, а в останньої - 45%. Зниження сили прокатки в останніх клітях дозволяє (регулюванням обтиснення) поліпшити форму листів. Крім того, регулювання обтиснення в останніх клітях у межах 12%-20% сприяє одержанню листів з необхідними механічними властивостями.

Потрібно розрахувати параметри злитка, що прокатується, і режими деформації при прокатці штаби перетином 3,2 х 1400 мм у рулон масою 16 тн.

Стан 1680 має у своєму составі: чорнову групу із чотирьох клітей і чистову групу із семи клітей. Перша кліть кварто з діаметром валків: $Д_р$=880мм і $Д_{сп}$=1245 мм; діаметри опорних валків клітей 2-10 $Д_{рп}$=1170 мм. Діаметр валків 2 кліті $Д_р$=780 мм, 3 кліті – $Д_р$=580 мм, 4-11 клітей – $Д_р$=580 мм.

Вертикальні кліті мають валки діаметром: кліть №1 і 2 – $Д_в$=760 мм, кліть №3 – $Д_в$=570 мм.

Розрахунок параметрів злитка

Приймаємо максимальну товщину підкату для клітей чистової групи [9]:

$$h_к = 20 \text{ мм}$$

Уважаємо, що раз у завданні заданий метод прямої прокатки, то по існуючих технологічних схемах ширину сляба приймаємо рівної 1400 мм.

Товщину сляба визначимо по залежності:

$$h_{сл} = \frac{h_k}{1 - E_{\Sigma}} \qquad (2.1)$$

де h_k - мм-товщина підкату після чорнової групи;

E_{Σ} = 0,9-сумарне відносне обтиснення в частках одиниці [9];

$$h_{сл} = \frac{20}{1 - 0.9}$$

тоді знаючи масу одержуваного рулону знаходимо масу сляба:

$$G_{сл} = m_р \cdot k_{рт} = 16 \cdot 1.08 = 17.3 \text{ тн};$$

де $m_р$ = 16 тн - маса рулону*;*

$k_{рм}$= 1,08 - видатковий коефіцієнт [9];

У такий спосіб довжина сляба L = 7,9 м, тобто злиток має наступні параметри:

$$200 \cdot 1400 \cdot 7900 \text{ мм}$$

2.2 Розрахунок режимів обтиснень

Максимальна товщина підкату для клітей чорнової групи h = 19-20 мм.

Сумарне висотне обтиснення складе Δh_{Σ} = 200 - 3,2 = 197,8 мм.

Сумарне обтиснення в чистовій групі складе Δh_{Σ} =20 – 3,2=16,8 мм.

Сумарне обтиснення в чорновій групі складе Δh_{Σ} =200 - 20=180 мм.

Коефіцієнт тертя при захвату металу валками визначається по формулі [16].

$$F= 1,05 -0,0005t- 0,056V; \quad (2.2)$$

де t - температура розкату в кліті, °С

V - швидкість прокатки в кліті, м/с

Температурний інтервал прокатки в клітях чорнової групи відповідно до технологічної інструкції [7]:

$$1060 \le t \le 1120 \text{ °C}$$

Температуру розкату в кожній кліті беремо приблизно. Кліть "ДУО" (чорновий окалинозламувач): t= 1120°С

при V_{fl} = 0,63 м/с [7, стор. 85, табл. 47]

f_{∂} = 1,05-0,0005·1120 - 0,056·0,63 = 0,453

Кліть № 1

t = 1100°С

при V_1 = 1,02 м/с

f_1 = 1,05 - 0,0005• 1100 - 0,056·1.02 = 0,442

Кліть № 2

t =1090°С

при V_2 = 1,09м/с

f_2 = 1,05 - 0,0005 • 1090 - 0,056 ·1,09 = 0,443

Кліть № 3

t=1070°С

при V_3= 1,99м/с

f_3 = 1,05 - 0,0005 • 1070 - 0,056·1,99 = 0,403

Кліть № 4

t=1060°С при

V = 3,48 м/с

f_4 = 1,05 - 0,0005 • 1060 - 0,056 • 3,48 = 0,328

Умова захвату металу валками tg $\alpha \leq f$,

де α - кут захвату металу валками в радіанах.

Максимальний кут захвату визначимо по формулі:

$$\alpha_{max} = arctg \quad f; \tag{2.3}$$

$$\alpha_{max\ д} = arctg \quad 0{,}453 = 24{,}27^0$$

$$\alpha_{max\ 1} = arctg \quad 0{,}442 = 23{,}60^0$$

$$\alpha_{max\ 2} = arctg \quad 0{,}443 = 23{,}79^0$$

$$\alpha_{max\ 3} = arctg \quad 0{,}403 = 23{,}07^0$$

$$\alpha_{max\ 4} = arctg \quad 0{,}328 = 18{,}15^0$$

Величину максимально припустимих обтиснень по куті захвату визначимо по формулі:

$$\Delta h_{max} \leq \alpha^2 \cdot R_{p\ min} \tag{2.4}$$

де $R_{p\ min}$ - мінімальний робочий радіус валків, мм.

Відповідно до технологічної інструкції [8]:

$$R_{p\ min\ д} = 810/2 = 405 \text{ мм}$$

$$R_{p\ min\ 1} = 880/2 = 440 \text{ мм}$$

$$R_{p\ min\ 2} = 780/2 = 390 \text{ мм}$$

$$R_{p\ min\ 3} = 580/2 = 290 \text{ мм}$$

$$R_{p\ min\ 4} = 580/2 = 290 \text{ мм}$$

Отже величини максимально припустимих обтиснень по куті захвату будуть наступні:

$$\Delta h_{max\ д} = (0{,}453)^2 \cdot 405 = 83{,}10 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{max\ 1} = (0{,}442)^2 \cdot 440 = 85{,}96 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{max\ 2} = (0{,}443)^2 \cdot 390 = 76{,}53 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{max\ 3} = (0{,}403)^2 \cdot 290 = 47{,}09 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{\max\ 4} = (0{,}328)^2 \cdot 290 = 31{,}19 \text{ мм}$$

Розрахункові величини обтиснень по кожній із клітей згідно припустимих відносних обтиснень у клітях чорнової групи [табл. 2.9] наступні:

$$\Delta h_{p\max\ д} = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_д = 180 \cdot 0{,}19 = 35 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{p\max\ 1} = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_1 = 180 \cdot 0{,}35 = 63 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{p\max\ 2} = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_2 = 180 \cdot 0{,}19 = 35 \text{ мм}$$

$$\Delta h_{p\max\ 3} = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_3 = 180 \cdot 0{,}18 = 36 \text{ мм}$$

Оптимальне обтиснення в чорновому окалинолозламувачі 5-20 %. При менших обтисненнях шар окалини погано зламується, а при більших вдавлюється в поверхню сляба .

Приймемо $E_д$ = 19%

$\Delta h_д = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_д = 180 \cdot 0{,}19 = 35$ мм, приймаємо $\Delta h_д = 35$ мм $< h_{max\ д}$

нехай приймемо E_1 =35%

$\Delta h_1 = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_1 = 180 \cdot 0{,}35 = 63$ мм, приймаємо $\Delta h_1 = 63$ мм $< h_{max\ 1}$

нехай приймемо E_2 = 19%

$\Delta h_2 = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_2 = 180 \cdot 0{,}19 = 35$ мм, приймаємо $\Delta h_2 = 35$ мм $< h_{max\ 2}$

нехай приймемо E_3 = 18%

$\Delta h_3 = \Delta h_{\sum черн} \cdot E_2 = 180 \cdot 0{,}18 = 32$ мм, приймаємо $\Delta h_3 = 36$ мм $< h_{max\ 3}$

Тоді $\Delta h_4 = \Delta h_{\sum черн} - \Delta h_д - \Delta h_1 - \Delta h_2 - \Delta h_3 = 180 - 35 - 63 - 35 - 32 = 15$ мм

Звідси $$E_4 = \frac{\Delta h_4}{\Delta h_{\sum черн}} \cdot 100 = 10\%$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю №2.9

Таблиця 2.9 - Обтиснення у чорновій групі клітей

Кліть	Розрахункове обтиснення, мм	Максимально припустиме обтиснення по куті захвату, мм
ДУО	35	83,10

1	63	85,96
2	35	76,53
3	32	47,09
4	15	31,19

Відповідно до зробленої модернізації стана чорнову групу ділимо на дві безперервні підгрупи, у першу входять кліті "ДУО" і кліть № 1, у другу - кліті № 2, 3, 4.

З рівності сталості секундного обсягу й з обліком того, що в безперервній групі клітей $b_1h_1 = b_2h_2$, отримана залежність для розрахунку швидкості прокатки в кожній кліті без обліку випередження. Знаючи, що швидкості прокатки в клітях безперервної групи жорстко зв'язані умовою сталості секундних обсягів і з огляду на той фактор, що ширина штаби у всіх клітях практично однакова, то рівність можна записати:

$v_1h_1 = v_2h_2$;

Таким чином, якщо швидкість і товщина штаби в останній кліті задані, то швидкість прокатки в інших клітях визначається з вираження:

$$V_j = \frac{h_{j-1} \cdot v_{j-1}}{h_j} \quad ; \qquad (2.5)$$

де: h_{j-1} - товщина штаби на виході із кліті;

V_{j-1} - швидкість на виході із кліті;

h_j- товщина штаби на вході в кліть.

Оберти "ДУО" підбудовуємо під оберти кліті № 1, спочатку визначаємо швидкість у кліті № 1.

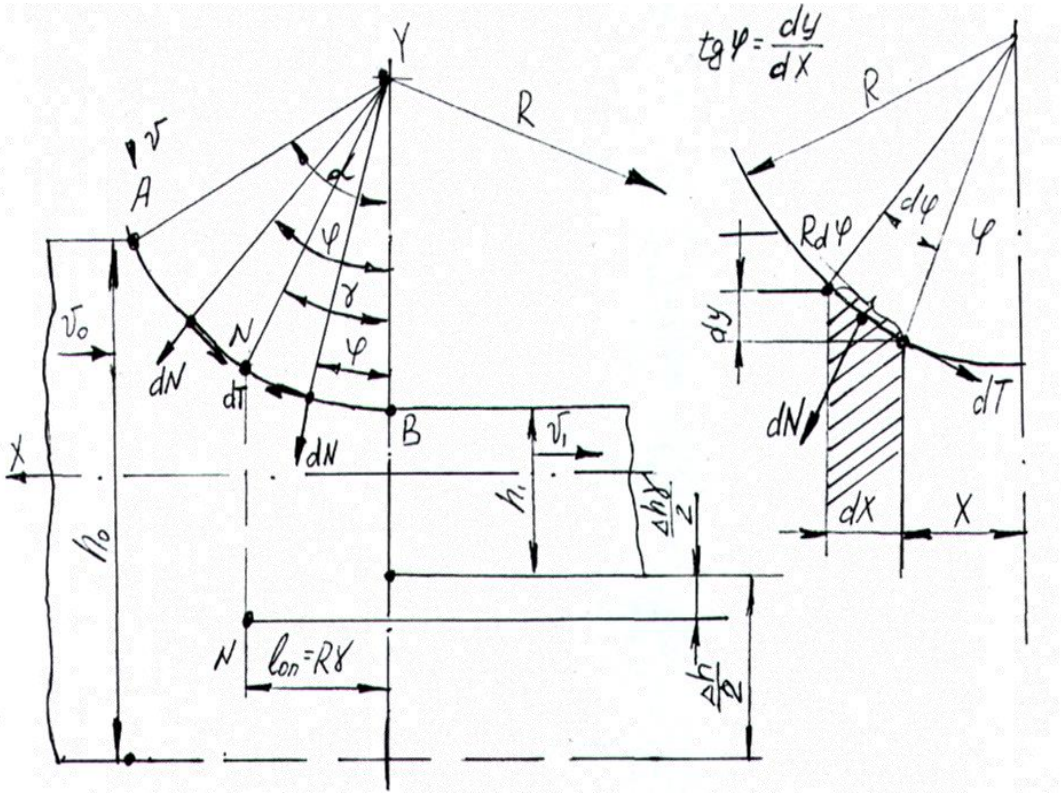


Рисунок 2.17 - Сили, що діють на метал у зоні відставання і у зоні випередження при сталому процесі прокатки

Швидкість прокатки в кліті № 1 буде дорівнює :

$$V_1 = \frac{\pi \cdot R_1 \cdot n_1}{30} \qquad (2.6)$$

де R_1 - радіус робочого валка, м

n_1 - число обертів валка, об/хв

$$V_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}440 \cdot 22{,}2}{30} = 1.02 \text{ м/с}$$

$$V_д = \frac{h_1 \cdot V_1}{h_д} = \frac{102 \cdot 1{,}02}{165} = 0{,}63 \text{ м/с}$$

Визначаємо швидкості прокатки для другої безперервної підгрупи чорнової групи клітей.

Підбудовуємо оберти під кліть № 2, тобто спочатку визначаємо швидкість прокатки для другої кліті.

$$V_д = \frac{\pi \cdot R_2 \cdot n_2}{30} \quad ;$$

де R_2- радіус робочого валка, м

n_2 - число обертів валка

$$V_2 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}39 \cdot 25{,}5}{30} = 1.04 \text{ м/с}$$

$$V_3 = \frac{h_2 \cdot V_2}{h_3} = \frac{67 \cdot 1{,}04}{35} = 1{,}99 \text{ м/с}$$

$$V_4 = \frac{h_3 \cdot V_3}{h_4} = \frac{35 \cdot 1{,}99}{20} = 3{,}48 \text{ м/с}$$

Певну в такий спосіб швидкість необхідно скорегувати на величину випередження. Швидкість виходу штаби визначають по формулі:

$$V = V_в(1+S); \qquad (2.7)$$

де V_B- швидкість отримана без обліку випередження, м/с

S - випередження

Відповідно до запропонованого Екелундом формулі [19]

$$S = \frac{\gamma^2}{2}\left(\frac{d}{h} - 1\right); \qquad (2.8)$$

де d - діаметр валків, м

γ - нейтральний кут, радий

h - товщина штаби на виході з валків, м

Нейтральний кут визначимо по залежності:

$$\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{2} - \frac{1-\cos\alpha}{2f}; \qquad (2.9)$$

де f - коефіцієнт тертя;

α - кут захвату, радіани.

Кут захвату визначається по формулі:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}; \qquad (2.10)$$

де Δh - абсолютне обтиснення

R - радіус валка, мм.

Для першої підгрупи визначаємо швидкість із урахуванням випередження для кліті "ДУО".

$$\alpha_д = \sqrt{\frac{\Delta h_д}{R_д}} = \sqrt{\frac{35}{405}} = 0{,}293 \text{ радий}$$

$$\sin\gamma_д = \frac{\sin 0{,}293}{2} - \frac{1-\cos 0{,}293}{2\cdot 0{,}453} = 0{,}0025$$

$$S_д = \frac{0{,}15^2}{2}\left(\frac{0{,}810}{0{,}165} - 1\right) = 0{,}04$$

Швидкість виходу металу з валків з урахуванням випередження:

$$V_t = 0{,}63\cdot(1 + 0{,}04) = 0{,}65 \text{ м/с}$$

Для другої підгрупи визначаємо випередження для кліті № 3, 4

Кут захвату для клітей № 3, 4:

$$\alpha_3 = \sqrt{\frac{\Delta h_3}{R_3}} = \sqrt{\frac{35}{290}} = 0{,}347 \text{ радий}$$

Розраховуємо приблизну довжину розкату після виходу з кожної кліті чорнової групи:

Розміри сляба: H = 0,2 м , B = 1,4 м, L = 7,9 м.

$V_{сляба}$ = Н·В·L = 0,2·1,4·7,9 = 2,21 м^3

2.3 Розрахунок силових параметрів прокатки

Визначаємо середню товщину підкату:

Визначаємо середню товщину підкату:

$$h_{ср} = \frac{h_i + h_{i+1}}{2}; \qquad (2.11)$$

де h_i - товщина підкату на вході в кліть, мм

h_{i+1} - товщина підкату на виході із кліті, мм

$h_{срд} = \frac{200+165}{2} = 183$ мм	$h_{ср1} = \frac{165+102}{2} = 134$ мм	$h_{ср2} = \frac{102+67}{2} = 85$ мм
$h_{ср3} = \frac{67+35}{2} = 51$ мм	$h_{ср4} = \frac{35+20}{2} = 28$ мм	

Довжину дуги захвату згідно [14] визначимо по формулі:

$$l = \sqrt{R\Delta h}; \qquad (2.12)$$

$l_д = \sqrt{405 \cdot 35} = 119{,}05$ мм	$l_1 = \sqrt{440 \cdot 63} = 166{,}5$ мм	$l_2 = \sqrt{390 \cdot 35} = 116{,}83$ мм
$l_3 = \sqrt{290 \cdot 32} = 96{,}33$ мм	$l_4 = \sqrt{290 \cdot 15} = 65{,}95$ мм	

Визначаємо відношення довжини дуги захвату до середньої товщини підкату:

$\frac{l_д}{h_{срд}} = \frac{119{,}05}{183} = 0{,}65$	$\frac{l_1}{h_{ср1}} = \frac{166{,}5}{134} = 1{,}24$	$\frac{l_2}{h_{ср2}} = \frac{116{,}83}{835} = 1{,}37$
$\frac{l_3}{h_{ср3}} = \frac{96{,}33}{51} = 1{,}88$	$\frac{l_4}{h_{ср4}} = \frac{65{,}95}{28} = 2{,}35$	

Відносне обтиснення по клітях:

$$E_i = \frac{\Delta h_i}{h_i} \cdot 100\% \quad ; \qquad (2.13)$$

$E_д = \frac{35}{165} \cdot 100\% = 21{,}2\%$	$E_1 = \frac{63}{102} \cdot 100\% = 61{,}7\%$	$E_2 = \frac{35}{67} \cdot 100\% = 52{,}2\%$
$E_3 = \frac{32}{35} \cdot 100\% = 91{,}4\%$	$E_4 = \frac{15}{20} \cdot 100\% = 75\%$	

Згідно даним Целікова [15] для визначення середнього контактного тиску використаються наступні формули:

Для кліті "ДУО" при $\frac{l}{h_{ср}} = 0{,}57$

$$P_{ср} = 1{,}15\sigma_T \left(1 + \frac{l_д}{6h_{срд}}\right)\left(\frac{l_д}{h_{срд}}\right)^{0{,}4} \quad ; \qquad (2.14)$$

де σ_T - границя текучості металу, що прокатується, відповідним реальним умовам обробки.

Згідно [14]:

$$\sigma_T = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_E \cdot k_u \; ; \qquad (2.15)$$

де σ_0 - базисний опір деформації,

k_t, k_E, k_u - термомеханічні коефіцієнти відповідно враховуючу температуру, ступінь і швидкість деформації.

Базисне значення σ_0 й коефіцієнтів k_t, k_E, k_u наведені в літературі [14].

Для сталі 08пс σ_0 = 85 МПа

При t = 1120°С κ_t=0,62

E = 21,2% κ_E=1,25

Для визначення середньої швидкості деформації застосовуємо формулу Екелунда [14]:

$$U_{cp\partial} = \frac{V_\partial \cdot \alpha_\partial}{l_\partial}; \qquad (2.16)$$

$U_{cp\partial} = \frac{0,65 \cdot 0,293}{0,119} = 1,6c^{-1}$; κ_u = 0,84 σ_T=85·0,62·1,25·0,84=55,33 МПа

$$P_{cp} = 1,15 \cdot 55,33\left(1 + \frac{119,05}{6 \cdot 183}\right)\left(\frac{119,05}{183}\right)^{0,4} = 59,22 \text{ МПа}$$

Повне зусилля прокатки визначаємо по формулі:

$$P = P_{cp} \cdot B \cdot l_\partial; \qquad (2.17)$$

де B - ширина матеріалу, що прокатується, м

$$P_\partial = 59,22 \cdot 1,4 \cdot 0,11905 = 9,87 \text{ МН}$$

Для кліті № 1 при $\frac{l_1}{h_{cp1}}$ = 1,24

$$P_{cp} = 1,15\alpha_T\left(1 + \frac{l}{6h_{cp}}\right); \qquad (2.18)$$

$$\sigma_T = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_E \cdot k_u; \qquad (2.19)$$

При t = 1100^{0}С κ_t=0,65 E=61,7% κ_E=1,24

$$U_{cp1} = \frac{V_1 \cdot \alpha_1}{l_1};$$

$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{63}{440}} = 0.369$ рад $U_{cp\partial} = \frac{1.02 \cdot 0,369}{0,1665} = 2.31c^{-1}$ κ_u = 0,86

σ_T=85·0,65·1,24·0,86=58,91 МПа $P_{cp1} = 1,15 \cdot 58,91\left(1 + \frac{166,5}{6 \cdot 134}\right) = 81,77$ МПа

$$P_1 = 81,77 \cdot 1,4 \cdot 0,1665 = 19,06 \text{ МН}$$

Для кліті №2 при $\frac{l_2}{h_{cp2}}$ = 1,37

$$P_{cp} = 1{,}15\alpha_T\left(1+\frac{l}{6h_{cp}}\right); \qquad (2.20)$$

$$\sigma_T = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_E \cdot k_u; \qquad (2.21)$$

При t = 1090^{0}С κ_t=0,7 E=52,2% κ_E=1,22

$$U_{cp2} = \frac{V_2 \cdot \alpha_2}{l_2}; \qquad (2.22)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{35}{390}} = 0.3\,\text{рад} \qquad U_{cp2} = \frac{1{,}04 \cdot 0{,}3}{0{,}11683} = 2{,}67c^{-1} \quad \kappa_u = 0{,}9$$

σ_T=85·0,7·1,22·0,9=65,33 МПа $P_{c2p} = 1{,}15 \cdot 65.33\left(1+\frac{116{,}83}{6 \cdot 85}\right) = 92{,}33$ МПа

$$P_2 = 92{,}33 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}11683 = 15{,}09 \text{ МН}$$

Для кліті №3 при $\frac{l_3}{h_{cp3}}$ = 1,88

$$P_{cp} = 1{,}15\alpha_T\left(1+\frac{l}{6h_{cp}}\right); \qquad (2.23)$$

$$\sigma_T = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_E \cdot k_u; \qquad (2.24)$$

При t = 1070^{0}С κ_t=0,75 E=91,4% κ_E=1,21

$$U_{cp3} = \frac{V_3 \cdot \alpha_3}{l_3}; \qquad (2.25)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h_3}{R_3}} = \sqrt{\frac{35}{385}} = 0.299 \text{ рад} \qquad U_{cp3} = \frac{1{,}99 \cdot 0{,}299}{0{,}09633} = 6{,}17c^{-1} \quad \kappa_u = 0{,}95$$

σ_T=85·0,75·1,21·0,95=73.28 МПа $P_{cp3} = 1{,}15 \cdot 73{,}28\left(1+\frac{96{,}33}{6 \cdot 51}\right) = 110{,}73$ МПа

$$P_3 = 110{,}73 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}09633 = 14{,}88 \text{ МН}$$

Для кліті №4 при $\frac{l_4}{h_{cp4}}$ = 2,35. Розрахунок середнього контактного тиску виконуємо по формулі Бровмана [15] тому що $\frac{l}{h_{cp}}$>2

$$P_{cp} = 1{,}15 \cdot \sigma_T\left(0{,}75+\frac{0{,}25}{h_{cp}}\right); \qquad (2.26)$$

$$\sigma_T = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_E \cdot k_u; \qquad (2.27)$$

При t = 1060^{0}С κ_t=0,81 E=75% κ_E=1,20

$$U_{cp4} = \frac{V_4 \cdot \alpha_4}{l_4} \quad ; \qquad (2.28)$$

$\alpha_4 = 0{,}288$ рад $U_{cp4} = \frac{3{,}48 \cdot 0{,}288}{0{,}0659} = 15{,}2c^{-1}$ κ_u = 1,09

σ_T =85·0,81·1,20·1,09=90.05 МПа $P_{cp4} = 1{,}15 \cdot 90{,}05(0{,}75 + 0{,}25 \cdot 2{,}35) = 110{,}71$МПа

$$P_4 = 110{,}71 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}0659 = 10{,}21 \text{ МН}$$

Згідно довідковим даним [12] значення напруг, що допускають, наступні:

ДУО - матеріал валків 50ХН $[\sigma]_з$= 150 МПа

Кліть № 1 - матеріал валків 9ХФ $[\sigma]_з$ = 160 МПа

Кліть № 2 - матеріал валків 9ХФ $[\sigma]_з$ = 160 М Па

Кліть № 3 - матеріал валків високолегований чавун $[\sigma]_з$ = 90 МПа

Кліть № 4 - матеріал валків високолегований чавун $[\sigma]_з$ = 90 МПа.

Допускні зусилля прокатки для двовалкової кліті згідно [19] розраховуємо по формулі :

$$[P] = \frac{0{,}8d^3 \cdot [\sigma]_{из}}{2a - b} \quad ; \qquad (2.29)$$

де d - діаметр валка, м

a - відстань між осями натискних гвинтів, м

b - ширина прокатаної штаби, м

$[P] = \frac{0{,}8 \cdot 0{,}81^3 \cdot 150}{2 \cdot 2{,}7 - 1{,}4} = 15{,}94$ МН $P_д < [P]$

Для чотирьох валкової кліті допускне зусилля прокатки визначаємо:

1) З умови міцності бочки опорних валків:

$$[P] = \frac{0{,}8{d_{оп}}^3 \cdot [\sigma]_{из}}{2a - L_{б.оп}} \quad ; \qquad (2.30)$$

де: $L_{б.оп}$ - довжина бочки опорного валка, м

$d_{оп}$ - діаметр бочки опорного валка, м

Для сталевих валків 9ХФ

$$[P] = \frac{0{,}8 \cdot 1{,}17^3 \cdot 160}{2 \cdot 2{,}7 - 1{,}68} = 55{,}1\,\text{МН}$$

2) З умови міцності шейки опорного валка

$$[P] = \frac{0{,}4 d_{ш.оп}{}^3 \cdot [\sigma]_{из}}{L_{ш.оп}}; \qquad (2.31)$$

де: $d_{ш.оп}$ і $L_{ш.оп}$ - відповідно діаметр і довжина шейки опорного валка

$$[P] = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}65^3 \cdot 160}{0{,}75} = 23{,}4 \text{ МН} \qquad P < [\text{P}]$$

2.4 Розрахунок крутних моментів прокатки

Крутний момент, створюваний силоміць Р дорівнює:

$$M_{пр} = P\,a \qquad (2.32)$$

де а - плече рівнодіючої сили Р щодо центра валка (рис. 2.2)

Плече а прийняте визначати як деяку частину довжини осередку деформації:

$$a = \varphi \cdot l; \qquad (2.33)$$

де φ - коефіцієнт плеча моменту або коефіцієнт плеча зусилля прокатки

У такий спосіб:

$$M_{пр} = P;\ \varphi \cdot l \qquad (2.34)$$

Згідно експериментальним даним Клименко [14]:

Для кліті "ДУО" при $\frac{l_д}{h_{ср.д}} = 0{,}65$ $\varphi = 0{,}47$

Для кліті № 1 при $\frac{l_1}{h_{ср.1}} = 1{,}24$ $\varphi = 0{,}55$

Для кліті № 2 при $\frac{l_2}{h_{ср.2}} = 1{,}37$ $\varphi = 0{,}56$

Для кліті № 3 при $\frac{l_3}{h_{ср.3}} = 1{,}88$ $\varphi = 0{,}60$

Для кліті № 4 при $\frac{l_4}{h_{ср.4}}$ =2,35 φ = 0,70

Відповідно до вище наведеного:

$$M_{пр\ д} = 9,87 \cdot 0,47 \cdot 0,11905 = 0,55 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{пр\ 1} = 19,06 \cdot 0,55 \cdot 0,1665 = 1,74 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{пр\ 2} = 15,09 \cdot 0,56 \cdot 0,11683 = 0,98 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{пр\ 3} = 14,88 \cdot 0,6 \cdot 0,09633 = 0,86 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{пр\ 4} = 10,21 \cdot 0,7 \cdot 0,6595 = 0,47 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

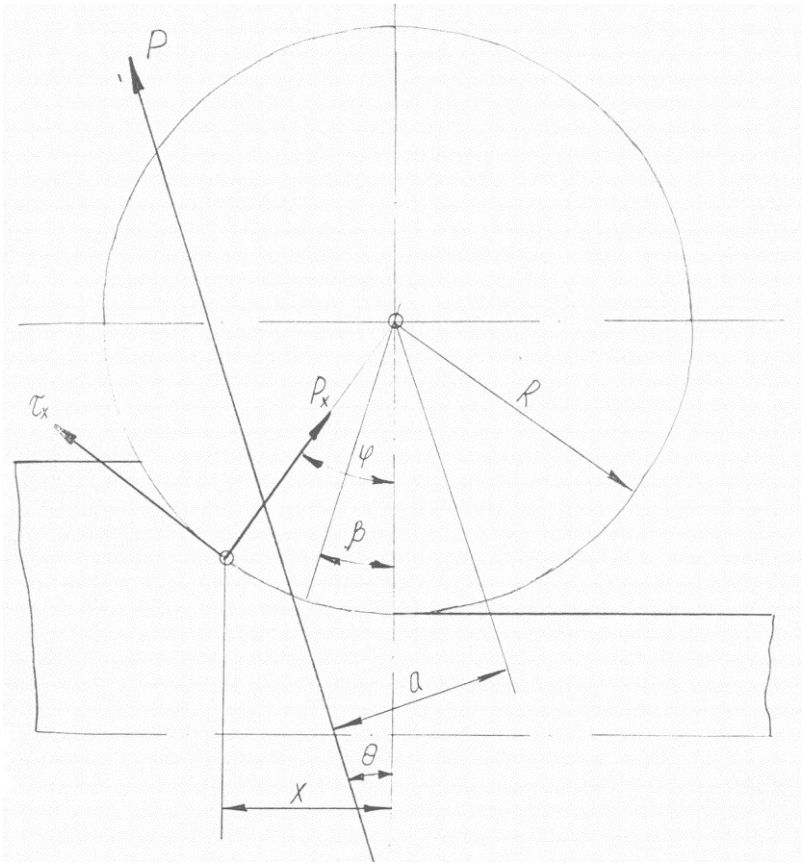


Рисунок 2.18 - Схема дії сил на валок

Припустимий крутний момент визначаємо по формулі:

$$[Mпр] = 2 \cdot [P] \cdot \varphi \cdot I$$

Для кліті "ДУО" $[M_{пр}] = 2 \cdot 15,94 \cdot 0,47 \cdot 0,11905 = 1,78$ МН · м

Для кліті № 1 $[M_{пр}] = 2 \cdot 23,4 \cdot 0,55 \cdot 0,1665 = 4,28$ МН· м

Для кліті № 2 $[M_{пр}] = 2 \cdot 23,4 \cdot 0,56 \cdot 0,11683 = 3,06$ МН· м

Для кліті № 3 $[M_{пр}]$ = 2· 23,4· 0,6· 0,09633 = 2,7 МН· м

Для кліті № 4 $[M_{пр}]$ = 2· 23,4· 0,7· 0,06595 = 2,16 МН· м

$$M_{пр} < [M_{пр}]$$

2.5 Температурний режим прокатки

Для розрахунку температурного режиму прокатки товстих штаб і аркушів можна обмежитися обліком втрат тепла тільки випромінюванням або випромінюванням і конвекцією. Розрахунок спаду температури прокатки в чорнових клітях виконаємо використовуючи рівняння [9].

$$\Delta t = 0.0021\left(T_0 + \frac{273}{100}\right)^4 \tau / h_i; \qquad (2.35)$$

де T_0 - температура початку охолодження, до τ - час охолодження, с;

h - товщина штаби, мм.

Час знаходження розкату в кліті визначимо легко, по його довжині після виходу із кліті і швидкості прокатки:

$$\tau = \frac{L}{V}; \qquad (2.36)$$

$$\tau_д = \frac{L_д}{V_д} = \frac{9{,}1}{0{,}63} = 14{,}4c \qquad \tau_1 = \frac{L_1}{V_1} = \frac{14}{1{,}02} = 13{,}72c$$

$$\tau_2 = \frac{L_2}{V_2} = \frac{20}{1{,}04} = 18{,}34c \qquad \tau_3 = \frac{L_3}{V_3} = \frac{28{,}8}{1{,}99} = 14{,}47c \qquad \tau_4 = \frac{L_4}{V_4} = \frac{78{,}9}{3{,}48} = 22{,}67c$$

Отже:

$$\Delta t_д = 0{,}0021\left(1120 + \frac{273}{100}\right)^4 \frac{14{,}4}{165} = 7{,}86^0 C \qquad \Delta t_1 = 0{,}0021\left(1120 + \frac{273}{100}\right)^4 \frac{13{,}72}{102} = 12{,}1^0 C$$

$$\Delta t_2 = 0{,}0021\left(1120 + \frac{273}{100}\right)^4 \frac{18{,}34}{67} = 23{,}2^0 C \qquad \Delta t_3 = 0{,}0021\left(1120 + \frac{273}{100}\right)^4 \frac{14{,}4}{35} = 44{,}4^0 C$$

$$\Delta t_4 = 0{,}0021\left(1120 + \frac{273}{100}\right)^4 \frac{22{,}67}{20} = 86{,}2^0 C$$

Величина обтиснень у вертикальних валках універсальних клітей вибирається такий, щоб ліквідувати розширення, отримані при прокатці в горизонтальних валках. Результати розрахунків зводимо в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 - Режим деформацій у клітях чорнової групи

№ кліті	Температура прокатки, °С	Швидкість прокатки, м/с	Кут захвату, рад	Абсолютне обтиснення мм	Відносне обтис-нення %	Довжина розкату, м	Довжина осередку деформації, мм	Середній питомий тиск, МПа	Повний тиск металу на валки, МН	Крутний момент на один валок, МН·м
ДУО	1112,14	0,63	0,453	35	21,2	9,1	119,05	59,22	9,87	0,55
1	1087,9	1,02	0,442	63	61,7	14	166,5	81,77	19,06	1,74
2	1066,8	1,04	0,443	35	52,2	20	116,83	92,33	15,09	0,98
3	1025,6	1,99	0,403	32	91,4	34,3	96,33	110,73	14,88	0,86
4	973,8	3,48	0,328	15	75	78,9	65,95	110,71	10,21	0,47

2.6 Технологія прокатки в чистовій групі

Розрахунок режимів обтиснень

Температура підкату перед входом у чистову групу становить t =1070°С.

Температура кінця прокатки $t_к$ = 950 °С.

При розробці режимів обтиснень у клітях чистової групи використаємо формулу, виведену з умови рівномірного завантаження клітей № 4, 5 і зменшень завантаження двигунів в останніх клітях.

$$h_t = \frac{h_n \cdot h_k}{\left(v_t \cdot h_n^m + (1 - v_t) h_k^m\right)^{\frac{1}{m}}}; \qquad (2.37)$$

де h_i - товщина штаби на виході з *i-oї* кліті, мм

h_n - товщина підкату перед чистовою групою, мм

h_k - кінцева товщина штаби , мм

v_i - коефіцієнт завантаження клітей

m - коефіцієнт, що розраховує по емпіричній формулі:

$$m = 0{,}3 + \frac{0{,}21}{h_k} = 0{,}3 + \frac{0{,}21}{3{,}2} = 0{,}36$$

Коефіцієнт v_i вибираємо виходячи з умови, що потужність N, що витрачає на прокатку в перших чотирьох клітях однакова, а в інших двох становить 0,75N і 0,68N.

$v_5 = 0{,}149$ $v_6 = 0{,}331$ $v_7 = 0{,}555$ $v_8 = 0{,}736$ $v_9 = 0{,}874$ $v_{10} = 1$

Отже:

$$h_5 = \frac{20 \cdot 3{,}2}{\left(0{,}149 \cdot 20^{0{,}36} + (1 - 0{,}149) \cdot 3{,}2^{0{,}36}\right)^{\frac{1}{0{,}36}}} = 13{,}94 \text{ мм}$$

$$h_6 = \frac{20 \cdot 3{,}2}{\left(0{,}331 \cdot 20^{0{,}36} + (1 - 0{,}331) \cdot 3{,}2^{0{,}36}\right)^{\frac{1}{0{,}36}}} = 10{,}03 \text{ мм}$$

$$h_7 = \frac{20 \cdot 3{,}2}{\left(0{,}552 \cdot 20^{0{,}36} + (1 - 0{,}552) \cdot 3{,}2^{0{,}36}\right)^{\frac{1}{0{,}36}}} = 6{,}75 \text{ мм}$$

$$h_8 = \frac{20 \cdot 3{,}2}{\left(0{,}736 \cdot 20^{0{,}36} + (1 - 0{,}736) \cdot 3{,}2^{0{,}36}\right)^{\frac{1}{0{,}36}}} = 4{,}69 \text{ мм}$$

$$h_9 = \frac{20 \cdot 3{,}2}{\left(0{,}874 \cdot 20^{0{,}36} + (1 - 0{,}874) \cdot 3{,}2^{0{,}36}\right)^{\frac{1}{0{,}36}}} = 3{,}84 \text{ мм}$$

$$h_{10} = \frac{20 \cdot 3{,}2}{\left(1 \cdot 20^{0{,}36} + (1 - 1) \cdot 3{,}2^{0{,}36}\right)^{\frac{1}{0{,}36}}} = 3{,}2 \text{ мм}$$

Абсолютне обтиснення по клітях визначимо по формулі:

$$\Delta h_i = h_0 - h_i \qquad (2.38)$$

де h_0 - товщина підкату на вході в кліть, мм

h_i - товщина підкату на виході з *i-oї* кліті, мм

$\Delta h_5 = 20 - 13{,}94 = 6{,}06$ мм $\quad \Delta h_6 = 13{,}94 - 10{,}03 = 3{,}91$ мм

$\Delta h_7 = 10{,}03 - 6{,}75 = 3{,}28$ мм $\quad \Delta h_8 = 6{,}75 - 4{,}69 = 2{,}06$ мм

$\Delta h_9 = 4{,}69 - 3{,}84 = 0{,}85$ мм $\quad \Delta h_{10} = 3{,}84 - 3{,}2 = 0{,}64$

Відносні обтиснення по клітях визначимо по формулі:

$$E_i = \frac{\Delta h_i}{h_0} \cdot 100\% \quad ; \qquad (2.39)$$

$$E_5 = \frac{6{,}06}{20} \cdot 100\% = 30{,}3\% \quad E_6 = \frac{3{,}91}{13{,}94} \cdot 100\% = 28\% \quad E_7 = \frac{3{,}28}{10{,}03} \cdot 100\% = 32{,}7\%$$

$$E_8 = \frac{2{,}06}{6{,}75} \cdot 100\% = 30{,}5\% \quad E_9 = \frac{0{,}85}{4{,}69} \cdot 100\% = 18{,}1\% \quad E_{10} = \frac{0{,}64}{3{,}84} \cdot 100\% = 16{,}6\%$$

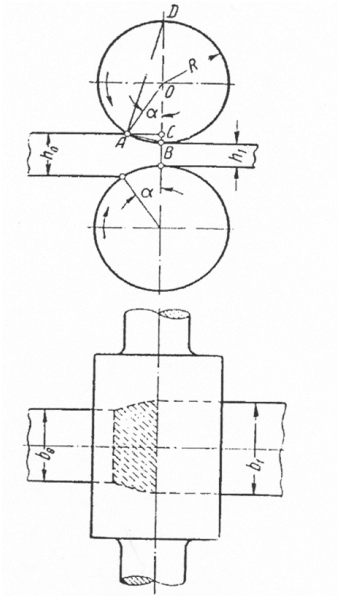


Рисунок 2.18 - Схема прокатки металу у валках

З рівності сталості секундного обсягу і з обліком того, що в безперервній групі клітей $b_1h_1 = b_2h_2$, отримана залежність для розрахунку швидкості прокатки в кожній кліті без обліку випередження.

$$V_{i-1} = \frac{h_i \cdot V_i}{h_{i-1}}; \qquad (2.40)$$

При $V_{10} = 7$ м/с одержимо: $V_9 = \frac{h_{10} \cdot V_{10}}{h_9} = \frac{3{,}2 \cdot 7}{3{,}84} = 5{,}83$ м/с

$$V_8 = \frac{h_9 \cdot V_9}{h_8} = \frac{3{,}84 \cdot 5{,}83}{4{,}69} = 4{,}78 \text{ м/с} \quad V_7 = \frac{h_8 \cdot V_8}{h_7} = \frac{4{,}69 \cdot 4{,}78}{6{,}75} = 3{,}32 \text{ м/с}$$

$$V_6 = \frac{h_7 \cdot V_7}{h_6} = \frac{6{,}75 \cdot 3{,}32}{10{,}03} = 2{,}23 \text{ м/с} \quad V_5 = \frac{h_6 \cdot V_6}{h_5} = \frac{10{,}03 \cdot 2{,}23}{13{,}94} = 1{,}6 \text{ м/с}$$

Певно в такий спосіб швидкість необхідно скорегувати на величину випередження. Швидкість виходу штаби визначають по формулі:

$$V = V_в(1 + S); \qquad (2.41)$$

де $V_в$ - швидкість отримана без обліку випередження, м/с;

S – випередження.

Відповідно до запропонованого Екелундом формулі [19]

$$S = \frac{\gamma^2}{2}\left(\frac{d}{h} - 1\right); \qquad (2.42)$$

де d - діаметр валків, м; γ - нейтральний кут, рад;

h - товщина штаби на виході з валків, м

Нейтральний кут визначимо по залежності:

$$\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{2} - \frac{1 - \cos\alpha}{2f}; \qquad (2.43)$$

де f – коефіцієнт тертя; α - кут захвату, рад.

Кут захвату визначається по формулі:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}; \qquad (2.44)$$

де Δh - абсолютне обтиснення; R - радіус валка, мм.

d = 580 мм, отже R = 290 мм

$$\alpha_5 = \sqrt{\frac{6,06}{290}} = 0,144\,\text{рад} \quad \alpha_6 = \sqrt{\frac{3,91}{290}} = 0,116\,\text{рад} \quad \alpha_7 = \sqrt{\frac{3,28}{290}} = 0,106\,\text{рад}$$

$$\alpha_8 = \sqrt{\frac{2,06}{290}} = 0,084\,\text{рад} \quad \alpha_9 = \sqrt{\frac{0,85}{290}} = 0,054\,\text{рад} \quad \alpha_{10} = \sqrt{\frac{0,64}{290}} = 0,046\,\text{рад}$$

Розрахунок коефіцієнта тертя ведемо по формулі Екелунда [9]

$$\mu = 0,8(1,05 - 0,0005t); \qquad (2.45)$$

де t – температура прокатки, ^{0}C

Температурами розкатів у кожній кліті задаємося приблизно до діючого процесу прокатки з інтервалу 1070 - 950°С.

Кліть № 5 - 1070 °С Кліть № 6 - 1050 °С Кліть №7-1020 °С

Кліть №8-1000 °С Кліть № 9 - 975 °С Кліть №10-950 °С

Підставляючи дані у формулу (2.45) одержимо:

$$\mu_5 = 0,8(1,05 - 0,0005 \cdot 1070) = 0,41 \quad \mu_6 = 0,8(1,05 - 0,0005 \cdot 1050) = 0,42$$

$$\mu_7 = 0,8(1,05 - 0,0005 \cdot 1020) = 0,43 \quad \mu_8 = 0,8(1,05 - 0,0005 \cdot 1000) = 0,44$$

$$\mu_9 = 0,8(1,05 - 0,0005 \cdot 975) = 0,45 \quad \mu_{10} = 0,8(1,05 - 0,0005 \cdot 950) = 0,46$$

Підставляючи у формулу (2.43) значення кутів захвату і коефіцієнтів тертя одержимо:

$$\sin\gamma_5 = \frac{\sin 0,144}{2} - \frac{1 - \cos 0,144}{2 \cdot 0,41} = 0,00126 \quad \sin\gamma_6 = \frac{\sin 0,116}{2} - \frac{1 - \cos 0,116}{2 \cdot 0,42} = 0,001$$

$$\sin\gamma_7 = \frac{\sin 0,106}{2} - \frac{1 - \cos 0,106}{2 \cdot 0,43} = 0,00092 \quad \sin\gamma_8 = \frac{\sin 0,084}{2} - \frac{1 - \cos 0,084}{2 \cdot 0,44} = 0,00073$$

$$\sin\gamma_9 = \frac{\sin 0,054}{2} - \frac{1 - \cos 0,054}{2 \cdot 0,45} = 0,00047 \quad \sin\gamma_{10} = \frac{\sin 0,046}{2} - \frac{1 - \cos 0,046}{2 \cdot 0,46} = 0,0004$$

Звідси: $\gamma_5 \approx 0,072$ $\gamma_7 \approx 0,052$ $\gamma_9 \approx 0,026$

$\gamma_6 \approx 0,057$ $\gamma_8 \approx 0,041$ $\gamma_{10} \approx 0,022$

Підставляючи отримані дані у формулу (2.42) одержимо випередження:

$$S_5 = \frac{0,072^2}{2}\left(\frac{0,58}{0,01394} - 1\right) = 0,105 \quad S_6 = \frac{0,057^2}{2}\left(\frac{0,58}{0,01003} - 1\right) = 0,092$$

$$S_7 = \frac{0,052^2}{2}\left(\frac{0,58}{0,00675} - 1\right) = 0,114 \quad S_8 = \frac{0,041^2}{2}\left(\frac{0,58}{0,00469} - 1\right) = 0,103$$

$$S_9 = \frac{0{,}026^2}{2}\left(\frac{0{,}58}{0{,}00384}-1\right) = 0{,}0507 \quad S_{10} = \frac{0{,}022^2}{2}\left(\frac{0{,}58}{0{,}0032}-1\right) = 0{,}04$$

Тоді швидкість виходу штаби з урахуванням ковзання:

$$V_5 = 1{,}6(1+0{,}105) = 1{,}76\,\text{м/с} \quad V_6 = 2{,}23(1+0{,}092) = 2{,}43\,\text{м/с}$$

$$V_7 = 3{,}32(1+0{,}114) = 3{,}69\,\text{м/с} \quad V_8 = 4{,}78(1+0{,}103) = 5{,}27\,\text{м/с}$$

$$V_9 = 5{,}83(1+0{,}0507) = 6{,}12\,\text{м/с} \quad V_{10} = 7(1+0{,}04) = 7{,}28\,\text{м/с}$$

Розрахунок енергосилових параметрів прокатки

Визначаємо середню товщину підкату:

$$h_{ср} = \frac{h_i + h_{i+1}}{2}; \qquad (2.46)$$

де h_i - товщина підкату на вході в кліть, мм

h_{i-1} - товщина підкату на виході із кліті, мм

$$h_{ср5} = \frac{20+13{,}94}{2} = 16{,}97\,\text{мм} \quad h_{ср6} = \frac{13{,}94+10{,}03}{2} = 11{,}98\,\text{мм} \quad h_{ср7} = \frac{10{,}03+6{,}75}{2} = 8{,}39\,\text{мм}$$

$$h_{ср8} = \frac{6{,}75+4{,}69}{2} = 5{,}72\,\text{мм} \quad h_{ср9} = \frac{4{,}69+3{,}84}{2} = 4{,}26\,\text{мм} \quad h_{ср10} = \frac{3{,}84+3{,}2}{2} = 3{,}52\,\text{мм}$$

Довжину дуги захвату згідно[14] визначимо по формулі:

$$l = \sqrt{R\Delta h}; \qquad (2.47)$$

$$l_5 = \sqrt{290 \cdot 6{,}06} = 41{,}92\,\text{мм} \quad l_6 = \sqrt{290 \cdot 3{,}91} = 33{,}67\,\text{мм} \quad l_7 = \sqrt{290 \cdot 3{,}28} = 30{,}84\,\text{мм}$$

$$l_8 = \sqrt{290 \cdot 2{,}06} = 24{,}44\,\text{мм} \quad l_9 = \sqrt{290 \cdot 0{,}85} = 15{,}7\,\text{мм} \quad l_{10} = \sqrt{290 \cdot 0{,}64} = 13{,}62\,\text{мм}$$

Визначаємо відношення довжини дуги захвату до середньої товщини підкату:

$\frac{l_5}{h_{ср5}} = \frac{41{,}92}{16{,}97} = 2{,}47$	$\frac{l_7}{h_{ср7}} = \frac{30{,}84}{8{,}39} = 3{,}67$	$\frac{l_9}{h_{ср9}} = \frac{15{,}7}{4{,}26} = 3{,}68$
$\frac{l_6}{h_{ср6}} = \frac{33{,}67}{11{,}98} = 2{,}81$	$\frac{l_8}{h_{ср8}} = \frac{24{,}44}{5{,}72} = 4{,}27$	$\frac{l_{10}}{h_{ср10}} = \frac{13{,}92}{3{,}52} = 3{,}95$

Розрахунок енергосилових параметрів 5-ої кліті:

Для кліті №5 при $\frac{l_5}{h_{ср5}} = 2{,}47$. Розрахунок середнього контактного тиску виконуємо по формулі Бровмана [15] тому що $\frac{l}{h_{ср}} > 2$.

$$P_{ср} = 1{,}15\sigma_T\left(0{,}75 + 0{,}25\frac{l}{h_{ср}}\right); \qquad (2.48)$$

де σ_T - границя текучості металу, що прокатується, відповідним реальним умовам обробки.

Згідно [9]

$$\sigma_T = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_E \cdot k_u; \qquad (2.49)$$

де σ_0 - базисний опір деформації,

$k_t \cdot k_E \cdot k_u$ - термомеханічні коефіцієнти відповідно враховуючу температуру, ступінь і швидкість деформації.

Базисне значення σ_0 й коефіцієнтів $k_t \cdot k_E \cdot k_u$ наведені в літературі [14].

Для сталі Ст 1 σ_0 = 85 МПа

При t= 1070 °С k_t=0,81 E = 30,3% k_E=1,21

Для визначення середньої швидкості деформації застосовуємо формулу Екелунда [14]:

$$U_{ср} = \frac{V \cdot \alpha}{l}; \qquad (2.50)$$

Тоді формула (2.50) прийме вид:

$$U_{ср5} = \frac{V_5 \cdot \alpha_5}{l_5}, \qquad (2.51)$$

$\alpha_5 = 0{,}144$ рад

де V_5 = 1,76 м/с l_5 = 41,92 мм

$U_{ср5} = \frac{1{,}76 \cdot 0{,}144}{0{,}04192} = 6{,}04c^{-1}$ k_u = 0,95

$\sigma_T = 85 \cdot 0{,}81 \cdot 1{,}21 \cdot 0{,}95 = 79{,}14$ МПа

$P_{ср}$ = 1,15· 79,14· (0,75+0,25· 2,47) = 124,45 МПа.

Вплив натягу кінців штаби на тиск урахуємо додатково за допомогою формули:

$$P_{ср} = P'_{ср}\left(1 - \frac{\delta_0 + \delta_1}{2P'_{ср}}\right); \qquad (2.52)$$

де Р’$_{ср}$ - середній контактний тиск розраховане без обліку натягу, МПа

δ_0 і δ_1 - відповідно задній і передні питомий натяг, МПа

Однак в 5-ої кліті задні натяг відсутнє, а передні невелико, тому можна їм зневажити.

Повне зусилля прокатки визначаємо по формулі:

$$P = P_{ср} \cdot B \cdot l_{\partial} ; \qquad (2.53)$$

де В - ширина матеріалу, що прокатується, м

$$P_5 = 124{,}45 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}04192 = 7{,}3 МН$$

Крутний момент, створюваний силоміць Р дорівнює:

$$M_{пр} = P \cdot a ; \qquad (2.54)$$

де а - плече рівнодіючої сили Р щодо центра валка (рис. 2.2).

Плече а прийняте визначати як деяку частину довжини вогнища деформації:

$$a = \varphi \cdot l ; \qquad (2.55)$$

де φ - коефіцієнт плеча моменту або коефіцієнт плеча зусилля прокатки

У такий спосіб:

$$M_{пр} = P \cdot \varphi \cdot l ; \qquad (2.56)$$

φ - коефіцієнт плеча моменту згідно [13] визначимо по формулі:

$$\varphi = 0.498 - 0.028 \frac{l}{h_{ср}} ;$$

Тоді підставляючи чисельні значення у формулу одержимо:

$$\varphi = 0{,}498 - 0{,}028 \cdot 2{,}47 = 0{,}42$$

Отже $M_{пр5} = 7{,}3 \cdot 0{,}42 \cdot 0{,}04192 = 0{,}12 МН \cdot м$

Розрахунок енергосилових параметрів в інших клітях чистової групи ведемо аналогічно 5-ої кліті але з обліком переднього й заднього натягу штаби.

Кліть №6:

Натяги δ_0 й δ_1 наведені в [18]:

$$\delta_0 = 1{,}7 МПа \qquad \delta_0 = 4{,}3 МПа$$

Температуру прокатки визначимо по формулі :

$$t = t_{пк} - \frac{(t_{пк} - t_к)h_к}{h_п - h_к}\left(\frac{h_п}{h} - 1\right); \qquad (2.57)$$

де $t_{пк}$ - температура підкату, °С; $t_к$ - температура кінця прокатки, °С

$h_п$ - товщина підкату, мм; $h_к$ - товщина кінця прокатки, мм

$$t_б = 1070 - \frac{(1070 - 950)3{,}2}{20 - 3{,}2}\left(\frac{20}{10{,}03} - 1\right) \approx 1047^0 C \qquad K_t=0{,}9$$

$$E=28\% \qquad K_E=1{,}1 \qquad U_{срб} = \frac{2{,}43 \cdot 0.116}{0{,}03367} = 7{,}68 c^{-1} \qquad K_u=0{,}98$$

$$\sigma_T = 85 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}99 = 83{,}3 МПа \quad P'_{срб} = 1{,}15 \cdot 83{,}3(0{,}75 + 0{,}25 \cdot 2{,}81) = 139{,}14 МПа$$

$$P_{ср} = 139{,}14\left(1 - \frac{1{,}7 + 4{,}3}{2 \cdot 139{,}14}\right) = 136{,}14 МПа \qquad P_б = 136{,}14 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}03367 = 6{,}41 МН$$

$$\varphi = 0{,}498 - 0{,}028 \cdot 2{,}81 = 0{,}41$$

Кліть № 7:

$\delta_0 = 4{,}3 МПа \qquad \delta_0 = 5{,}2 МПа$

$$t_7 = 1070 - \frac{(1070 - 950)3{,}2}{20 - 3{,}2}\left(\frac{20}{6{,}75} - 1\right) = 1025{,}1^0 C \qquad K_t=0{,}97$$

$$E=32{,}7\% \qquad K_E=1{,}19$$

$$U_{ch7} = \frac{3{,}69 \cdot 0{,}107}{0{,}03084} = 12{,}8 c^{-1} \qquad K_u=1{,}04$$

$$\sigma_T = 85 \cdot 0{,}97 \cdot 1{,}19 \cdot 1{,}04 = 102{,}04 МПа \quad P'_{ср7} = 1{,}15 \cdot 102{,}04(0{,}75 + 0{,}25 \cdot 3{,}67) = 195{,}67 МПа$$

$$P_{ср} = 195{,}67\left(1 - \frac{4{,}3 + 5{,}2}{2 \cdot 195{,}67}\right) = 191{,}17 МПа \quad P_7 = 191{,}17 \bullet 1{,}4 \bullet 0{,}0367 = 9{,}82 \text{ МН}$$

$$\varphi = 0{,}498 - 0{,}028 \cdot 3{,}67 = 0{,}395 \qquad M_{пр7} = 9{,}82 \cdot 0{,}395 \cdot 0{,}0367 = 0{,}142 мН \cdot м$$

Кліть № 8:

$\delta_0 = 5{,}2 МПа \quad \delta_0 = 9{,}4 МПа$

$$t_8 = 1070 - \frac{(1070-950)3,2}{20-3,2}\left(\frac{20}{4,69}-1\right) = 995,3^0 C \qquad K_t=1,07$$

$$E = 30,5\% \qquad K_E=1,18 \qquad U_{ch8} = \frac{5,27 \cdot 0,076}{0,0244} = 16,41c^{-1} \qquad K_u=1,09$$

$$\sigma_T = 85 \cdot 1,07 \cdot 1,18 \cdot 1,09 = 116,97МПа \quad P'_{cp8} = 1,15 \cdot 116,97(0,75 + 0,25 \cdot 4,27) = 244,48МПа$$

$$P_{cp} = 244,48\left(1 - \frac{5,2+9,4}{2 \cdot 244,48}\right) = 237,11МПа \quad P_8 = 237,11 \bullet 1,4 \bullet 0,02444 = 8,11 \text{ МН}$$

$$\varphi = 0,498 - 0,028 \cdot 4,27 = 0,378 \qquad M_{np8} = 8,11 \cdot 0,378 \cdot 0,02444 = 0,07мН \cdot м$$

Кліть № 9:

$$\delta_0 = 9,4МПа \quad \delta_0 = 4,6МПа$$

$$t_9 = 1070 - \frac{(1070-950)3,2}{20-3,2}\left(\frac{20}{3,84}-1\right) = 973^0 C \qquad K_t=1,2$$

$$E = 18,1\% \qquad K_E=1,02 \qquad U_{ch9} = \frac{6,12 \cdot 0,064}{0,0157} = 24,94c^{-1} \qquad K_u=1,12$$

$$\sigma_T = 85 \cdot 1,2 \cdot 1,12 \cdot 1,02 = 116,52МПа \quad P'_{cp9} = 1,15 \cdot 116,52(0,75 + 0,25 \cdot 3,68) = 223,77МПа$$

$$P_{cp} = 223,77\left(1 - \frac{9,4+4,6}{2 \cdot 223,77}\right) = 216,77МПа \quad P_9 = 216,77 \bullet 1,4 \bullet 0,0157 = 4,76\text{МН}$$

$$\varphi = 0,498 - 0,028 \cdot 3,68 = 0,394 \quad M_{np9} = 4,76 \cdot 0,394 \cdot 0,0157 = 0,029мН \cdot м$$

Кліть № 10:

$$\delta_0 = 4,6МПа \quad \delta_0 = 0$$

$$t_{10} = 1070 - \frac{(1070-950)3,2}{20-3,2}\left(\frac{20}{3,2}-1\right) = 950^0 C \qquad K_t=1,18$$

$$E = 16,6\% \qquad K_E=1,0 \qquad U_{ch10} = \frac{7,28 \cdot 0,030}{0,01362} = 16,03c^{-1} \qquad K_u=1,117$$

$$\sigma_T = 85 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 1,117 = 112,03МПа$$

$$P'_{cp10} = 1,15 \cdot 112,03(0,75 + 0,25 \cdot 3,95) = 223,84МПа$$

$$P_{cp} = 223,84\left(1 - \frac{4,6}{2 \cdot 223,84}\right) = 221,5МПа$$

$$P_{10} = 221,5 \bullet 1,4 \bullet 0,01362 = 4,22\text{МН}$$

$$\varphi = 0,498 - 0,028 \cdot 3,95 = 0,38$$

$$M_{np10} = 4,22 \cdot 0,38 \cdot 0,01362 = 0,021мН \cdot м$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.12 – Режим деформацій у клітях чистової групи

№ кліті	Температура прокатки, °С	Швидкість прокатки, м/с	Кут захвату рад.	Абсолютний обтиск, мм	Відносний обтиск, %	Довжина осередку деформації, мм	Середній питомий тиск, МПа	Повний тиск металу на валки, МН	Крутний момент на один валок, МН · м
5	1070	1,76	0,1	6,06	30,3	41,92	124,45	7,3	0,12
6	1047	2,43	0,1 16	3,91	28	33,67	136,14	6,41	0,122
7	1025,1	3,69	0,1	3,28	32,7	30,84	191,17	9,82	0,142
8	995,3	5,27	0,0	2,06	30,5	24,44	237,11	8,4	0,07
9	973	6,12	0,0	0,85	18,1	15,7	216,77	4,6	0,029
10	950	7,28	0,0	0,64	16,6	13,62	221,5	4,22	0,021

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальна характеристика устаткування лінії робочої кліті

Основним робочим органом (інструментом) кожного прокатного стану є валки, що обертаються в підшипниках, установлених у робочих клітях. Привід валків здійснюється електродвигуном через проміжні механізми і пристрої. Устаткування, призначене для обертання валків, а також для сприйняття виникаючих при пластичній деформації (обтисненні) металу й крутних моментів, становить робочу лінію кліті (рис.3.1).

Устаткування, що входить у робочу лінію, можна розділити на три основні групи: робочу кліть 1, передавальні механізми 2, 4, 5, 6 і 7 і головний електродвигун 3.

Робоча кліть являє собою дві масивні литі станини 12, установлені на плиті 13, прикріплені до фундаменту анкерними болтами 14. У станинах змонтовані подушки з підшипниками 9, 10, 11, а також пристрою для переміщення верхнього валка по висоті і його осьовій фіксації, що направляють проводки для металу і т.д.

Передавальні механізми й пристрої залежно від призначення й конструкції прокатного стану можуть бути різними. На великих станах (обтискних, товстолистових), а також на станах, що прокочують метал з великою швидкістю, застосовують індивідуальний привід робочих валків від окремих електродвигунів: у цьому випадку передатним пристроєм є універсальні шпинделі 2, проміжні вали 15 і муфти (рис. 3.1, а). I варіант має перевага перед II (див. ліву частину рисунка), тому що при демонтажі якоря двигуна для ремонту не потрібно знімати вал 15). На інших станах передбачений загальний привід робочих валків від шестеренної кліті 4 з передаточним числом; у цьому випадку між електродвигуном і робочою кліттю в одну лінію розташована моторна муфта 6, шестеренна кліть 4 і універсальні шпинделі 2 (рис. 3.1, б).

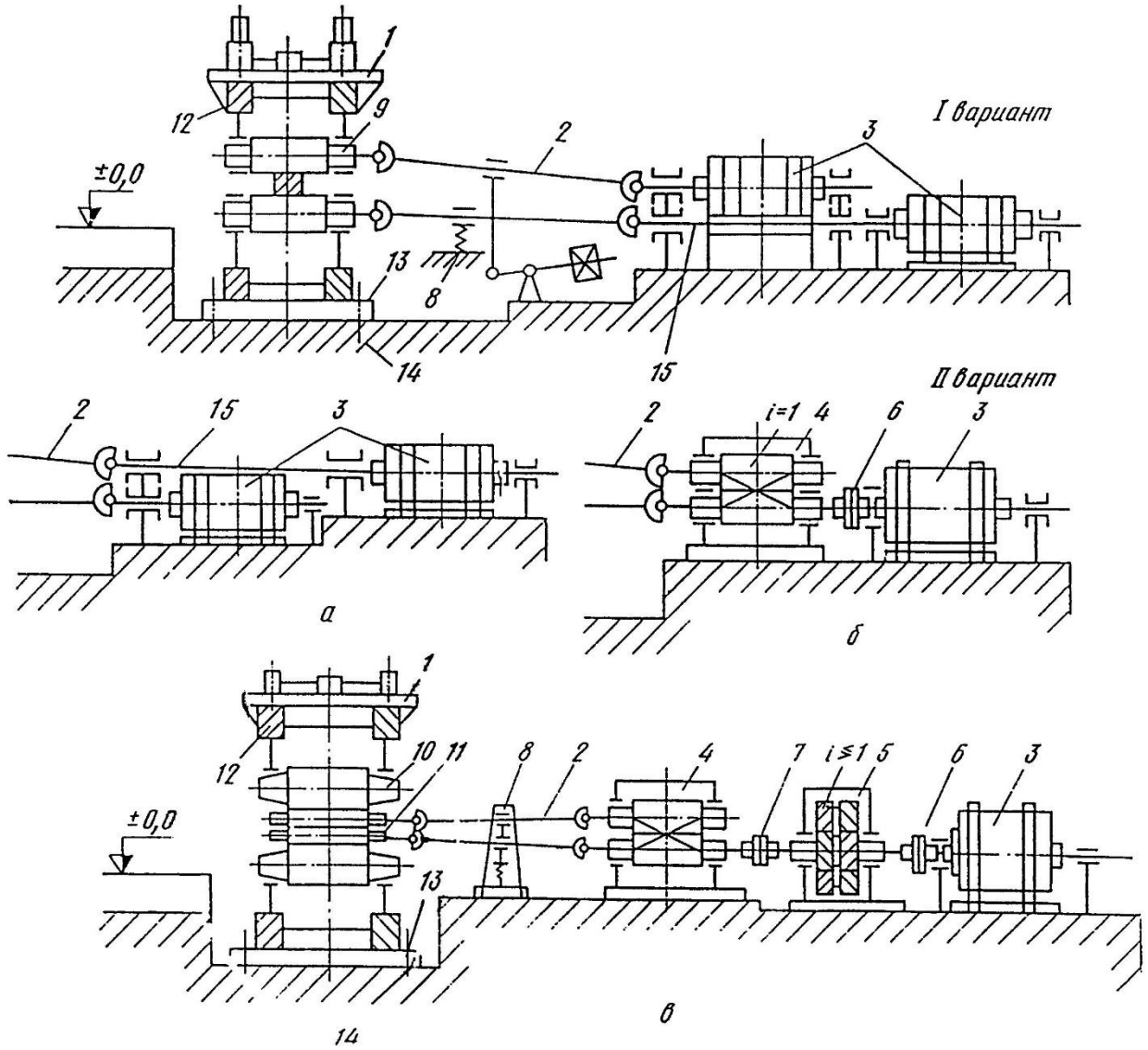


Рисунок 3.1 - Схеми головних ліній робочої кліті із приводом валків:
а – від головних електродвигунів; б – від електродвигуна через шестеренну кліть; в - від електродвигуна через редуктор і шестеренну кліть

Якщо кутова швидкість обертання електродвигуна не відповідає швидкості обертання валків, то в лінії приводу валків установлюють редуктор 5 і корінну зубчасту муфту (рис. 3.1, в).

Головний електродвигун прокатного стану є двигуном спеціального (металургійного) типу з повітряним охолодженням. Для станів з регульованою швидкістю прокатки використають двигуни постійного струму, що живляться від спеціальних перетворювачів або випрямлячів.

3.2 Розрахунок на міцність деталей кліті

3.2.1 Розрахунок на міцність валків

При прокатці штаби між робочими валками згибаються як опорні, так і робочі валки (рис.3.2).

Приймаємо з розрахункових даних: зусилля прокатки $P = 19{,}06 МН (1906 Т),$ максимальний момент, що крутиться $M_{кр}\, 4{,}28 МНм (4280 Т \cdot м)$, різниця натягу $T = 200 КН (20 Т)$.

3.2.2 Розрахунок виконується для кліті №2, чорнової групи клітей.

Визначаємо розподіл зусилля між робочим і опорним валками по формулі: $\left(\frac{P_{оп}}{D_p}\right)^4 = \left(\frac{1170}{580}\right)^4 = 17{,}752;\ P_p = \frac{P}{1+\left(\frac{P_{оп}}{D_p}\right)^4} = \frac{19{,}06}{1+17{,}752} = 1{,}01 МН (101 Т)$;

$P_{оп} = P - P_p = 19{,}06 - 1{,}01 = 18{,}05 МН (1805 Т)$.

Таким чином, робочі валки сприймають тиск:

$\frac{1{,}01}{19{,}06} = 0{,}052 (5{,}2\%)$.

$a' = 2230 мм$, де a - відстань між осями натяжних гвинтів.

Максимальний згинальний момент

$M_p = \frac{P_p \cdot a}{8} = \frac{1{,}01 \cdot 2{,}23}{8} = 0{,}28 МН \cdot м$.

Максимальний згинальний момент від різниці горизонтальних натягів штаби (для одного валка)

$$M_T = \frac{1}{2} \cdot \frac{T}{4}\left(a' - \frac{b}{2}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{200}{4}\left(2{,}23 - \frac{1{,}25}{2}\right) = 40{,}125 кНм,$$

де b - ширина штаби.

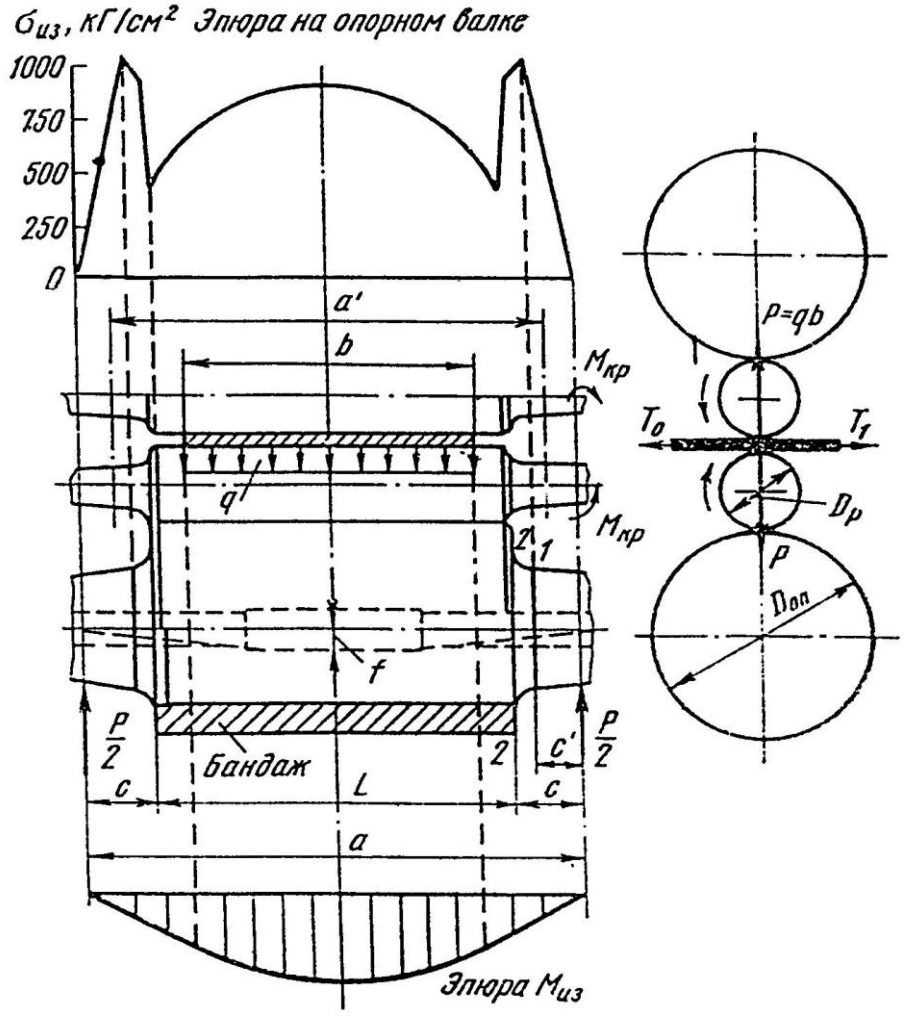


Рисунок 3.2 - До розрахунку валків чотирьохвалкового стану (нижній опорний валок складовий бандажований)

Результуючий згинальний момент по середині бочки робочого валка

$$M_{раб} = \sqrt{M_p{}^2 + M_T{}^2} = \sqrt{200^2 + 40{,}125^2} = 204 kHм .$$

Максимальна напруга вигину посередині бочки валка

$$\sigma = \frac{M_{раб}}{0{,}1D_p{}^3} = \frac{204 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{0{,}1 \cdot 570^3} = 11{,}02 H/мм^2 (110 kГ/см^2) .$$

Напруга крутіння на шейку валка

$$\iota = \frac{M_{кр}\psi}{0{,}2d_{шр}{}^3} = \frac{4280 \cdot 10^5 \cdot 2{,}1}{0{,}2 \cdot 395^3} = 72{,}91 H/мм^2 (729 kГ/см^2 ,$$

де $\psi = 2{,}1$ - коефіцієнт концентрації напруг.

3.2.3 Напруги в опорному валку

Максимальний згинальний момент і напруга по середині бочки, при вигині

$$M_{оп} = \frac{P_{оп}}{4}\left(a - \frac{b}{2}\right) = \frac{18{,}05}{4}\left(2{,}7 - \frac{1{,}25}{2}\right) = 9{,}36 МНм (9360 Тм),$$

$$\sigma = \frac{M_{оп}}{0{,}1 P_{оп}^{\ 3}} = \frac{9{,}36}{0{,}1 \cdot 18{,}05^3} = 41{,}4 Н/мм^2 (414 кГ/см^2).$$

Напруга вигину в перетині 1-1

$$\sigma = \frac{P/2 \cdot C}{0{,}1 d^3} = \frac{(18{,}05/2 \cdot 0{,}35)}{0{,}1 \cdot 0{,}65^3} = 87{,}19 Н/мм^2 (87{,}19 кГ/см^2)$$

у перетині 2-2

$$\sigma = \frac{(18{,}05/2) \cdot 0{,}51}{0{,}1 \cdot 0{,}75^3} = 109{,}10 Н/мм^2 (772 кГ/см^2)$$

Коефіцієнт запасу міцності в небезпечному перерізі

$$n = \frac{\lfloor \sigma_ф \rfloor}{\sigma} = \frac{450}{87{,}19} = 5{,}16 \rangle [n] = 5,$$

тому розрахунок валка на витривалість не робимо.

3.2.4 Контактна напруга в поверхневому шарі валків

Наведений модуль пружності

$$E_{пр} = 2 \cdot E_р \cdot E_{оп} / (E_р + E_{оп}) = 1{,}4 \cdot 10^5 кН/мм^2.$$

Контактна напруга

$$\sigma_{конт} = 0{,}58 \sqrt{q \frac{E_{пр}}{R_{пр}}} = 0{,}58 \sqrt{\frac{10208 \cdot 1{,}4 \cdot 10 \cdot 5}{192}} = 1582{,}4 Н/мм^2;$$

$$R_{пр} = \frac{R_{оп} \cdot R_р}{R_{оп} \cdot R_р} = \frac{585 \cdot 285}{585 + 285} = 192 мм;$$

$$q = P_{оп}/b = 18{,}05 \cdot 10^6 / 1400 = 12900 Н/мм^2.$$

3.2.5 Визначаємо прогин опорного валка

$$J_1 = \pi D_4 / 64 = 3{,}14 \cdot 1{,}17 / 64 = 0{,}09 м^4.$$

$$\left(\frac{J_1}{J_2}\right) = \left(\frac{P_{оп}}{d_ш}\right)^4 = \left(\frac{1{,}17}{0{,}65}\right)^4 = 10{,}5; \quad \left(\frac{D_{оп}}{d_ш}\right)^2 = \left(\frac{1{,}17}{0{,}65}\right)^2 = 3{,}24;$$

$E_1 = 2{,}15 \cdot 10^{11} H/мм^2$; $G = 0{,}82 \cdot 10^{11} H/мм_2$;

$$f_1 = \frac{P}{384EJ_1}\left(8a^3 - 4ab^2 + b^3 + 64c^2\left(\frac{J_1}{J_2} - 1\right)\right);$$

$$f_2 = \frac{P}{\pi GD^2}\left(a - \frac{b}{2} + 2c\left(\frac{D^2}{d^2} - 1\right)\right);$$

$$f_1 = \frac{18{,}05 \cdot 10^6}{384 \cdot 2{,}15 \cdot 10^{11} \cdot 0{,}09}\left(8 \cdot 2{,}7^3 - 4 \cdot 2{,}7 \cdot 1{,}25^2 1{,}25^3 + 6{,}4 \cdot 0{,}51^2(10{,}5 - 1)\right) =$$
$$= 0{,}00051мм;$$

$$f_2 = \frac{18{,}05 \cdot 10^6}{3{,}14 \cdot 0{,}82 \cdot 10^4 \cdot 1{,}17^2}\left(2{,}7 - \frac{1{,}25}{2} + 2 \cdot 0{,}51(3{,}24 - 1)\right) = 0{,}00016мм;$$

$$\Delta f = \frac{P \cdot b}{2\pi GD^2}\left(1 + \frac{b}{80^2}(12a - 7b)\right) =$$
$$\frac{18{,}05 \cdot 10^6 \cdot 1{,}25}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}82 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}17^2}\left(1 + \frac{1{,}25}{8 \cdot 1{,}17^2}(12 \cdot 2{,}7 - 7 \cdot 1{,}25)\right) = 0{,}00008мм$$

Сумарний прогин валка по середині бочки

$f = f_1 + f_2 = 0{,}00051 + 0{,}00016 = 0{,}00067мм.$

3.2.6 Пружне сплющування в місці контакту опорного й робітника валків

$\delta_k = (1{,}3 \cdot q / E_{пр}) \cdot l_g\left(1{,}65(D_1 + D_2)E_{пр}/q\right) =$
$(1{,}3 \cdot 12900/1{,}4 \cdot 10^5) l_g\left(1{,}65(1170 + 570)2{,}15 \cdot 10^5/12900\right) = 0{,}29мм.$

3.2.7 Сумарне пружне радіальне контактне сплющування двох пар валків робочої кліті

$\delta_k = 2\delta = 2 \cdot 0{,}29 = 0{,}58мм.$

3.3 Розрахунок на міцність натискних гвинтів і гайок

Задано: різьблення натискного гвинта УП $430 \times 10мм$; зовнішній діаметр $d = 430мм$; середній $d = 425мм$; внутрішній $d = 419мм$.

Максимальне зусилля під гвинт

$$Y = \frac{P}{2} = \frac{19{,}06}{2} = 9{,}53МН.$$

3.3.1 Кут підйому різьблення

$$\alpha = arctg\frac{S}{\pi d_{ср}} = arctg\frac{10}{3{,}14\cdot 425} = 0°26'$$

3.3.2 Натискний гвинт

Напруга стиску в перетині нижнього опорного кінця гвинта, що має $d = 390мм$:

$$\sigma = \frac{4Y}{\pi d_н^{\,2}} = \frac{4\cdot 9{,}53\cdot 10^6}{3{,}14\cdot 390^2} = 311{,}28Н/мм^2$$

Момент, необхідний для обертання гвинта:

$$M_в = Y'\left(\mu_п\frac{d_п}{3} + \frac{d_{ср}}{2}\left(tg(\alpha\varphi)\right)\right) =$$

$$150\left(\frac{0{,}430}{3} + 0{,}1 + \frac{0{,}425}{2}tg\left(26'+5^\circ 40'\right)\right) = 5{,}56МНм$$

при $Y' = 150kH, \mu_п = 0{,}1; \varphi = 5^\circ 40'; M_в = 5{,}56МНм.$

$$\tau = \frac{M_и'}{0{,}2d_п^{\,3}} = \frac{5{,}56\cdot 10^6}{0{,}2\cdot 390^3}0{,}468Н/мм^2.$$

3.3.3 Натискна гайка

Висота гайки $H = 460мм;\ \ D = 670мм.$

Кількість витків різьблення $\kappa = H/S = 450/10 = 46$.

Напруга зминання між витками гвинта й гайки

$$\sigma_{см} = \frac{4Y}{\pi\left(d^2 - d_1^{\,2}\right)\kappa} = \frac{4\cdot 19{,}06\cdot 10^6}{3{,}14\left(430^2 - 419^2\right)\cdot 46} = 20Н/мм^2.$$

Напруга зминання по площі зіткнення гайки зі станиною

$$\sigma_{см} = \frac{4Y}{\pi\left(D^2 - d^2\right)} = \frac{4\cdot 6{,}75\cdot 10^6}{3{,}14\left(670^2 - 430^2\right)} = 32{,}55Н/мм^2.$$

3.3.4.Момент на натискному гвинті при прокатці

При $\mu_р = 0{,}1$ и $\varphi = 5^\circ 40'$

$$M_В = Y\left(\mu_р\frac{d_п}{3} + \frac{d_{ср}}{2}tg(\alpha+\varphi)\right) =$$

$$= 6{,}75\left(0{,}1\frac{0{,}43}{3} + \frac{0{,}425}{2}tg\left(26'+5^\circ 40'\right)\right) = 2{,}50МНм\left(250кГм\right)$$

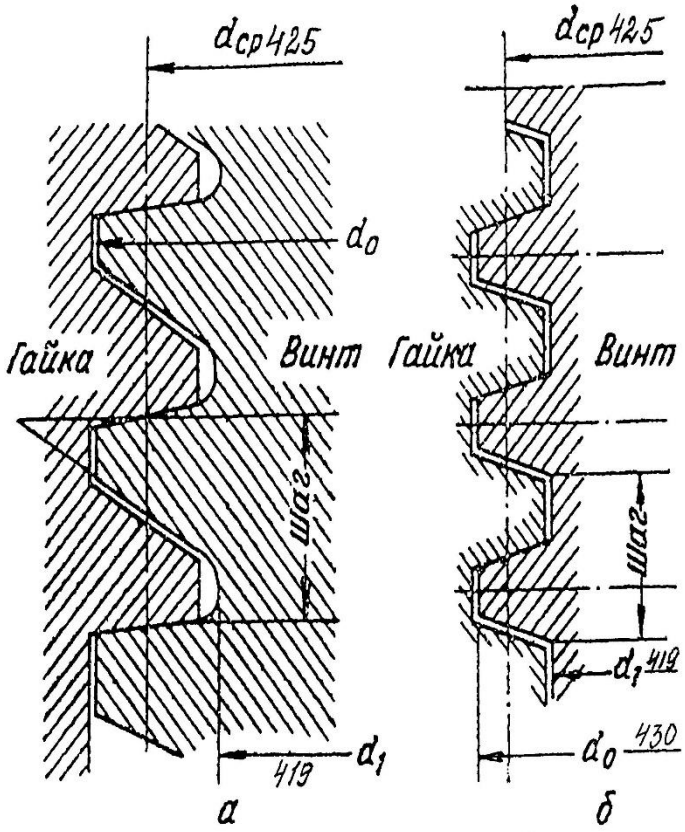


Рисунок 3.3 - Профіль різьби натискних гвинтів та гайок

3.3.5 Статичний момент обертання

$$M_{ст} = 2M_B / i\eta$$

Приймаємо: передаточне число двох глобоідних пара черв'ячної передачі між електродвигуном і натискним гвинтом: $i = 1122;$ КПД редукторів $\eta = 0,7$

$$M_{ст} = \frac{2 \cdot 250}{1122 \cdot 0,7} = 0,63 кНм (63 кГГ).$$

3.3.6 Номінальний момент електродвигуна

$$M_н = 9,56 \frac{N_н}{n_н} = 9,56 \frac{2 \cdot 46}{625} = 1,41 кНм (141 кГГ)$$

Таким чином, $M_н \rangle M_{ст};$ є запас по моменту проктки

$$\frac{1,41 - 0,63}{1,41} \cdot 100 = 55,3\%$$

3.3.7 Пружна деформація гвинта

$$f_в = \frac{4Yh}{\pi d_в{}^2 E} = \frac{46,75 \cdot 10^6 \cdot 500}{3,14 \cdot 419^2 \cdot 2,15 \cdot 10^5} = 0,13 мм,$$

де h - найбільша деформуюча довжина гвинта від підп'ятника до натискної гайки;

$h = 500 мм;$ $E = 1 \cdot 10^5 H / мм^2$

3.3.8 Пружна деформація гайки

$$f_Г = \frac{4YH}{\pi\left(D_м^{\ 2} - d_п^{\ 2}\right)E} = \frac{4 \cdot 6{,}75 \cdot 10_6 \cdot 460}{3{,}14\left(670^2 - 430^2\right) \cdot 10^5} = 0{,}13 мм$$

3.3.9 Сумарна пружна деформація натискної системи гвинт-гайка

$$f_c = k\left(f_B + f_Г\right) = 1{,}1\left(0{,}13 + 0{,}13\right) = 0{,}280,$$

де $k = 1{,}1$ - ураховує деформацію підп'ятника (10%).

3.4 Розрахунок на міцність станини

Побудова нейтральної лінії А-А

Площа перетину

$$F = BH - b_1 h_1 - b_2 h_2 = F_1 - F_2 - F_3 =$$
$$= 2{,}1 \cdot 1{,}17 - 0{,}67 \cdot 0{,}46 - 0{,}44 \cdot 0{,}71 = 1{,}9 M^2$$

Статичний момент

$$S = F_1 \frac{H}{2} - F_2 \frac{h_1}{2} - F_3\left(\frac{h_2}{2} + h_1\right) =$$
$$= 2{,}5 \cdot 0{,}585 - 0{,}3 \cdot 0{,}23 - 0{,}3 \cdot 0{,}815 = 1{,}149 м^3;$$

Ордината центра ваги

$$y_c = \frac{S}{F} = \frac{1{,}149}{1{,}9} 0{,}6 м = 600 мм; \quad У_A = У_1 - У_2 - У_3;$$

$$У_1 = BH\left(\frac{H^2}{12} + \left(y_c - \frac{H}{2}\right)^2\right) = 2{,}5\left(\frac{1{,}17^2}{12} + \left(0{,}6 - 0{,}585\right)^2\right) = 0{,}29 м^4$$

$$У_2 = b_1 h_1\left(\frac{h_1^{\ 2}}{12} + \left(y_c - \frac{h_1}{2}\right)^2\right) = 0{,}3\left(\frac{0{,}46^2}{12} + \left(0{,}6 - 0{,}23\right)^2\right) = 0{,}05 м^4$$

$$У_3 = b_2 h_2\left(\frac{h_2^{\ 2}}{12} + \left(y_c - \frac{h_2}{2}\right)^2\right) = 0{,}3\left(\frac{0{,}71^2}{12} + \left(0{,}6 - 0{,}355\right)^2\right) = 0{,}03 м^4$$

$$У_A = 0{,}29 - 0{,}05 - 0{,}03 = 0{,}21 м^4$$

Мінімальний момент опору

$W_A = \frac{У_A}{y_C} = \frac{0,21}{0,6} = 0,35м^3$ [6].

Перетин У нижньої поперечки $F = BH = 0,74 \cdot 0,99 = 0,73м^2$;

$y_c = 370мм = 0,37м;\ W_1 = BH \cdot H^2 / 6 = 0,73 \cdot 0,74^2 / 6 = 0,066м^3$;

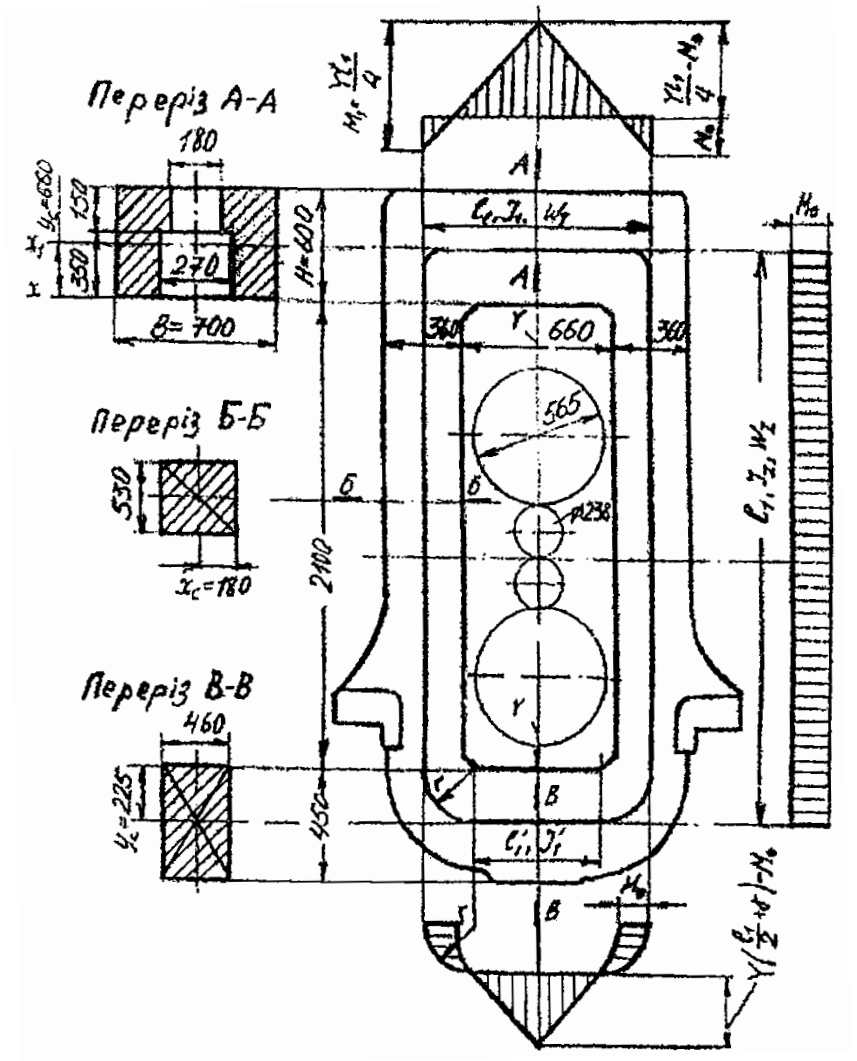


Рисунок 3.4 - До розрахунку станини стана кварто 1680

Статичний невизначений момент $R_1 = \frac{У_B}{У_Б} = \frac{0,033}{0б015} = 2,2$

Для одержання найбільшого значення M_0 беремо $У_1 = У_2$ для нижньої поперечки, тому що $У_B \langle У_A$

$R_2 = \frac{l_2}{l_1} = \frac{5,795}{1,94} = 2,99;\ M_1 = \frac{Y \cdot l_1}{4} = \frac{6,75 \cdot 1,94}{4} = 3,27МНм(327Тм)$;

$$M_0 = M_1 \frac{1}{2(1 + R_2 \cdot R \cdot R_1)} = 3{,}27 \cdot \frac{1}{2(1 + 2{,}99 \cdot 2{,}2)} = 0{,}22 МНм (22 Тм)$$

З огляду на закруглення в кутах твердості

$$R_3 = \frac{У_1}{У_3} = \frac{0{,}033}{0{,}02} = 1{,}65; \quad R_4 = \frac{r}{l_1} = \frac{0{,}495}{1{,}94} = 0{,}26;$$

$$M_0 = M_1 \frac{1 + 4R_4(1{,}15 \cdot R_3 \cdot R_4 + 1)}{2(1 + R_1 \cdot R_2 + \pi R_3 \cdot R_4)} =$$

$$= 3{,}27 \frac{1 + 4 \cdot 0{,}26(1{,}15 \cdot 1{,}65 \cdot 0{,}26 + 1)}{2(1 + 2{,}2 \cdot 2{,}99 + 3{,}14 \cdot 1{,}65 \cdot 0{,}26)} = 0{,}47 МНм (47 Тм)$$

Згинальні моменти в поперечці

$$M_n = M_1 - M_0 = 3{,}27 - 0{,}47 = 2{,}8 МНм (280 Тм)$$

Напруга вигину в перетині $\sigma_A = \frac{M_n}{W_A} = \frac{2{,}8 \cdot 10^9}{350} = 8 Н / мм^2$

нижньої - перетин В $\sigma_B = \frac{2б8 \cdot 10^9}{66} = 42{,}4 Н / мм^2$

Напруга розтягнення у стойці

$$\sigma_5 = \frac{Y}{2F_2} + \frac{M_0}{W_2} = \frac{6{,}75 \cdot 10^6}{2 \cdot 0{,}46 \cdot 10^6} + \frac{0{,}9 \cdot 10^9}{0{,}03 \cdot 10^9} = 37{,}3 Н / мм^2$$

Станина виготовлена з литої сталі 35Л и після відпалу і виливка має $\sigma_B = 500 Н / мм^2$

Запас міцності $n_\sigma = \frac{\sigma}{\sigma_{max}} = \frac{500}{42{,}4} = 11{,}8$

З урахуванням наявності концентрації напруг під натискну гайку, приймаючи коефіцієнт концентрацій $k = 2{,}8$, запас по втомленої міцності:

$$n_f = \frac{1}{2k} \cdot \frac{\sigma_B}{\sigma} = \frac{1}{2 \cdot 2{,}8} \cdot \frac{500}{8} = 11{,}2$$

Припустимий мінімальний запас для станин по втомленої міцності $\lfloor n_f \rfloor = 1{,}5.$

Деформація станини у вертикальному напрямку, приймаючи $У = 2б1 \cdot 10^5 Н / мм_2$:

а) Розтягання кожної стійки силою $Y/2$

$$f_1 = \frac{Y \cdot l_2}{2EF_2} = \frac{6{,}75 \cdot 10^6 \cdot 5792}{2 \cdot 0{,}46 \cdot 10^6 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5} = 0{,}2 мм;$$

б) Прогин двох поперечок від вигину

$$f_2 = \left(\frac{Y \cdot l_1}{6} - M_0 \right) \frac{l_1^{\,2}}{4EJ_1} =$$

$$\left(\frac{6{,}75 \cdot 10^6 \cdot 1940}{6} - 0{,}47 \cdot 10^9 \right) \frac{1940^2}{4 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 0{,}21 \cdot 10^{12}} = 0{,}03 мм;$$

в) Деформація двох поперечок від дії поперечних сил, при $G = 0{,}75 \cdot 10^5 Н / мм^2$

$$f_3 = 1{,}2 \frac{Y \cdot l_1}{2GF_1} = 1{,}2 \frac{6{,}75 \cdot 10^{6\cdot} \cdot 1940}{2 \cdot 0{,}75 \cdot 10^5 \cdot 0{,}73 \cdot 10^6} = 0{,}14 мм.$$

Сумарна деформація станини $f_{ст} = 0{,}2 + 0{,}03 + 0{,}14 = 0{,}37 мм.$

З розрахунку видно, що деформація станини лежить у межах, що допускаються.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

До основних небезпечних і шкідливих факторів у цеху гарячої прокатки ставляться:

- інфрачервоне випромінювання гарячого металу, під впливом якого робітник проводить 83,3% усього робочого часу і яке при даних роботах впливає на зорові органи людини (300 - 4000 Вт/м);
- шкідливі хімічні речовини такі як: ангідрид хромовий, оксид марганцю, акролеїн, сірководень, оксид вуглецю і мінеральні масла, які протягом 83,3% робітника часу впливають на внутрішні органи людини;
- пил, який виділяється при вигорянні оксиду металу. Пил є одним з основних шкідливих факторів, які протягом 91,4% робітника часу впливають на слизову оболонку органів подиху, що приводять к захворюванням;

Оцінка факторів виробничого середовища наведена в табл. 4.1.

Для зменшення впливу інфрачервоного випромінювання на зорові органи робітників раціонально використати світлові екрани (фільтри), які безпосередньо встановлюються на постах чорнової і чистової групи, де оператори і вальцювальники візуально контролюють процес прокатки.

З табл. 4.1 видно, що робота операторів, вальцювальників ставиться до робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці. Відповідно до гігієнічної класифікації умов праці вальцювальник має право на пільгових умовах на: пенсію по старості на пільгових умовах за списком №1; додаткова відпустка 24 дня; надбавка до зарплати 24%, молоко. Ст. 141 КЗОТ містить загальні вказівки про порядок видачі за рахунок підприємства спецодягу і запобіжних пристосувань (окуляри, маски, респіратори, мило і т.п.) всім працюючої на особливо шкідливих роботах з перебуванням у ненормальній температурі.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу вальцювальника

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач. (ГДК, ГДУ)	Фактич знач.	III клас щкідл. і небезп. умов і характер праці			Час дії фактора за зміну,%
				I	II	III	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 :						
	I клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,06			6,0	90
	Оксид марганцю	0,05	0,39			7,8	90
	II клас небезпеки						
	Акролеїн	0,2	0,66		3,3р		90
	III-IV клас небезпеки						
	Ангідрид сірчистий	10	16,83	1,63р			90
	Вуглецю оксид	20	25	1,25р			90
2.	Масла мінеральні	5	6,78	1,36р		6,58р	90
	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3	4	26,3				90
3.	Вібрація (загальна й локальна), дБ						
4.	Шум, дБ	80	105			25	100
5.	Інфразвук, дБ						
6.	Ультразвук, дБ						
7.	Неіонізуюче випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон, В/м						
	- діапазон промислової частоти, кВ/м						
	- оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м^3						
	Мікроклімат у приміщенні:						
8.	- температура повітря, ^{o}C	18- 27	32,1		5,1		100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	<0,3				
	- відносна вологість повітря, %	55	32				
	- інфрачервоне випромінювання Вт/м^3	140	411		411		83
9.	Температура навколишнього повітря (під час роботи на відкритому повітрі), ^{o}C						
	улітку						
10.	узимку						
11.	Атмосферний тиск						
	Вага і напруженість праці						

4.2 Розробка мір захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Перелік технічних і санітарно-гігієнічних мір захисту виробничої сфери і робочих місць наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Захисний пристрій	Принцип дії і призначення	Місце установки
Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі кабіни і перегородки	Звукопоглинання і відбиття, ізоляція органів слуху	Біля джерел шуму, у приміщенні оператора
Паровиділення	Витяжна вентиляція	Примусове механічне відсмок. пари, що утворилася	Над станом
Небезпечний рівень струму	Ізоляція і огородження струмоведучих частин; заземлення й блокування	Захист від дотику до струмоведучих частин, захист від дотику до металевих частин устаткування. Захист від високих рівнів струму	Навколо струмоведучих частин, біля корпусів електродвигуна
Рухливі механізми	Запобіжники плавкі, пускачі дистанційні Кожуха, сітки, запобіжні пристрої	Захист від зіткнення із частинами, що рухаються, і механізмами.	На панелях пульта керування
Метал що переміщається	Огородження і розмітка небезпечної зони. Знаки безпеки	Захист від травм під час руху й переміщення металу	На території небезпечної зони

Прокатний цех ставиться до приміщень із підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом. Тут діють такі шкідливі фактори виробничого середовища: висока температура повітря (перевищує 32^0 С) запиленість повітря (перевищує в 2,13 рази ГДК) струмопровідним пилом, шум, інфрачервоне випромінювання. З огляду на, вищевикладене зробимо

вибір мережі і покажемо на розрахунках, що вона задовольняє умовам безпеки.

Схема мережі, а отже і режим нейтрали джерела струму, що живлять цю мережу, вибираються по технологічних вимогах, а також за умовами безпеки.

По технологічних вимогах і за умовами безпеки самої оптимальної є чотирьохпроводна мережа із глухозаземленною нейтралью, тому що вона дозволяє використати дві робочі напруги – лінійну і фазну. Від чотирипроводної мережі 380 В можна живитися як силове навантаження – трифазне або однофазну, включаючи її між фазними проводами на лінійну напругу 380 В, так і освітлювальну, включаючи її між фазним і нульовим проведеннями, тобто на фазну напругу 220 В. При цьому досягається значне здешевлення електроустановки в цілому завдяки застосуванню меншого числа трансформаторів і меншого перетину проводів.

Площадка, на якій розташований прокатний цех, обрана з умов прямого влучення сонячних променів, природного провітрювання і відводу стічних і поверхневих вод.

Між житловою зоною і заводом передбачається санітарна зона, розміри якої залежать від потужності технологічного процесу, характеру і кількості виділюваних у навколишнє середовище шкідливих речовин, видаваних шумів і інших шкідливих факторів. Передбачає міри, що зменшують їхній несприятливий впливи на навколишнє середовище і які забезпечують дотримання вимог відносно шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів, і робочій зоні приміщень.

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

Згідно СНіПу-4-79 роботи, виконувані персоналом при прокатці слябів, ставляться до 8 розряду зорових робіт. У приміщеннях цеху для освітлення застосовують, як правило, газорозрядні лампи. Типи світильників

вибирають залежно від умов їхньої роботи і вимог до якості освітлення. Для загального освітлення застосовують світильники «Альфа». У місцях підвищеної небезпеки, де освітленість при системі загального освітлення становить 150ЛК і менш, норму освітленості збільшують на 1 розряд.

У випадку виходу з ладу робочого освітлення використають аварійне освітлення, що забезпечує можливість продовження роботи або евакуації персоналу. У прокатному цеху установка аварійного освітлення обов'язкова на пості керування прокатним станом; пунктах керування системами водопостачання, вентиляції і каналізації, у машинному залі і диспетчерському пункті.

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

Для виробничих приміщень, у яких виробляються точні роботи, установлені три розряди з мінімальними нормами при комбінованому освітленні лампами накалювання: I розряд – для робіт, що вимагають розрізнення деталей розміром 0,1мм і менш - 400 –1500лк; II розряд – для робіт потребуюче розрізнення деталей розміром більше 0,1 до 0,3мм - 300 – 1000лк; III розряд – для робіт потребуючого розрізнення деталей розміром більше 0,3 до 1 мм - 200 – 500 лк; IV розряд – для робіт малої точності, що вимагають розрізнення деталей розміром від 1,0 до 10 мм - 100 –150 лк; V розряд – для грубих робіт потребуючого розрізнення деталей розміром більше 10 мм – 100 лк.

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

Для огородження припливу холодного повітря під час в'їзду і виїзду транспорту над воротами встановлені для створення завіси з теплого повітря.

Всі обігрівальні установки забезпечують температуру повітря в приміщенні в межах 16-20 ºС.

Вентиляція виробничих приміщень забезпечує потрібні гігієнічні якості повітря. У цеху спостерігається зайве теплове виділення від нагрітого металу, виділення пилу – незначне. Ділянка стана ШСГП 1680 ставиться до Іа групи: для забезпечення нормального повітрообміну в стінах цеху передбачені три ряди отворів для природної вентиляції:

1ряд – на рівні 1,5м від підлоги;

2ряд – на рівні 4,5м від підлоги;

3ряд – на рівні 8,5м від підлоги.

Для видалення зайвого тепла і вентиляції, у прольоті стана передбачені витяжні ліхтарі. У літню пору для природної вентиляції використаються також відкриті ворота. Але оскільки джерел тепла багато (нагрівальна піч, нагрітий метал і т.д.), те передбачена система приточной вентиляції.

4.3 Заходи з пожежної безпеки

Приміщення цеху по ОНТП 24-86 ставляться до категорії «Г» по пожежобезпечності, це викликано тим, що в цеху має місце наявність пожежонебезпечних факторів, пов'язаних із застосуванням газових сумішей IV групи для опалення нагрівальних печей, а також із застосуванням його при порізі металу за допомогою переносних газоріжучих пристроїв, що змазують і гідравлічних рідин, які можуть при більших температурах запаляться. Для гасіння виниклих пожеж передбачені пожежні щити, розташовані протипожежні гідранти, поширені засоби індивідуального пожежогасіння, а також розроблені системи блокування поширення пожежі.

Для успішної евакуації людей і цінностей передбачені виходи припустимої довжини і ширини, розміри дверних прорізів, що забезпечують достатню пропускну здатність, необхідна число сходових кліток і пожежних сходів.

Необхідний ступінь вогнестійкості виробничих будинків промислових підприємств визначається СНіП 2.09.02-85 залежно від категорії виробництва, площі і висоти будинку. Стіни будинку зроблені з неспаленного матеріалу. Для забезпечення безпечної евакуації в будинку цеху розташовані евакуаційні виходи. У цеху застосовується пожежне водопостачання в якому витрата води на зовнішнє водопостачання 15 л/с.

Для гасіння пожеж у прокатному цеху застосовують тверді, рідкі і газоподібні речовини: вода, інертний газ, хімічну і повітряно-механічну піни, пісок.

У прокатному цеху, у цей час застосовуються і пінні вогнегасники типу ОХП-10; ОВП-5; ОВП-10, у кількості 10 штук, які розташовані на протипожежних стендах.

ВИСНОВКИ

1. У даній кваліфікаційній роботі розроблена технологія виробництва гарячекатаної штаби завтовшки 1,6 – 3,5 мм зі сталі 08пс в рулон масою 16 тон. Для цього передбачено замінити електродвигуни постійного струму головних приводів клітей № 5-10 на електродвигуни змінного струму, що значно заощаджує електроенергію та збільшує швидкість прокатки.

2. Виконано розрахунок режимів обтиснень, розрахунок енергосилових параметрів прокатки, розрахунок крутних моментів прокатки та температурний режим прокатки.

3. Запропоновані в роботі заходи забезпечать надійну роботу головних приводів чистової групи клітей ШСГП 1680 і підвищать якість продукції. Обсяг виробництва гарячекатаної штаби після модернізації може бути стабільним на рівні 3500 тис. т/рік.

4. Розглянуто питання охорони праці при впровадженні нової технології. Встановлено, що дана технологія не погіршить стан охорони праці. За рахунок впровадження методу прямої прокатки злитків, за рахунок виключення проміжного нагрівання злитків, а також економії електроенергії собівартість витрат на 1 тонну готової продукції знижується на 8 %.

7. Виконана робота повністю відповідає технічному завданню і є актуальною для прокатного виробництва металургійних підприємств.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Wei-Wen Yu. Cold-Formed Steel Design- Third Edition- John Wiley end Sons, Inc. 2000. Canada.
2. George T. Halmos. Roll Forming Handbook. Taylor & Francis Group. 2006. Canada.
3. Ніколаєв В. О. Теорія і технологія точної прокатки штаб : навчальний посібник для студентів ЗДІА металургійних спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 100 с.
4. Ніколаєв В. О. Калібрування прокатних валків : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 158 с.
5. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія прокатного виробництва : навчальний посібник. Кривий Ріг : Видавничій центр КНУ, 2017. 169 с.
6. Василев Я.Д., Мінасв О.А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.
7. Проценко В. М. Технологія виготовлення гнутих профілів : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Обробка металів тиском". Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 45 с.
8. Yavtushenko A. V., Protsenko V. M., Belokon Yu. A., Bondarenko Y. V. Productivity Optimization of Cold Rolling Mills. Steel in Translation, 2020, Vol. 50, No. 5, pp. 335–339.
9. Проценко В. М. Обтискне та сортове виробництво : методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Металургія". Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 51 с.
10. Ніколаєв В. О. Теорія обробки металів тиском : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 112 с.
11. Ніколаєв В. О. Теорія прокатки штаб : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 259 с.

12. Yavtushenko A. V., Protsenko V. M., Bondarenko Y. V., Kirichenko A. G., Ping F. Y. Numerical experiment for the calculation of normal contact stress in the deformation canter when rolling a metal strip. Journal of Engineering Sciences, Volume 6, Issue 2 (2019), pp. E 31–E 35.
13. Проценко В. М. Прокатка листів та штаб : методичні вказівки до виконання практичних занять, контрольних робіт і самостійної роботи для здобувачів ЗДІА, що навчаються за спеціальністю 136 «Металургія» (спеціалізація «Обробка металів тиском») всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 67 с.
14. Ніколаєв В. О. Теорія та обладнання точної прокатки штаб: методичні рекомендації до виконання практичних завдань, контрольних і самостійних робіт для здобувачів ЗДІА напряму 8.0504104 ”Обробка металів тиском”. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 52 с.