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 / проект

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему **Розрахунок напруження течії металу та середній контактний тиск при гарячій прокатці штаби 3×1100 мм зі сталі Ст.3 на НШСГП 1680**

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

Керівник
доц. каф. МТЕТБ,доц., к.т.н. Ю.В. Бондаренко

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

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Петренко Роману Костянтиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) **Розрахунок напруження течії металу та середній контактний тиск при гарячій прокатці штаби 3×1100 мм зі сталі Ст.3 на НШСГП 1680**

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

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

1. Строк подання студентом роботи 23 травня 2025 року

2. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики, курсові проекти, технічна документація , літературні джерела, інтернет-ресурси

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел

Мета кваліфікаційної роботи – розрахунок напруження течії металу та середній контактний тиск при гарячій прокатці штаби 3×1100 мм.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація виконана в програмі Power Point на 17 слайдах.

5. Консультанти розділів роботи

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

6. 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 _____ **Петренко Р.К.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить : _58_ с., _21_ рис., _5_ табл., перелік джерел посилання_13_.

НАПРУЖЕННЯ ТЕЧІЇ МЕТАЛУ, ГАРЯЧА ПРОКАТКА, СТУПІНЬ ДЕФОРМАЦІЇ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ШВИДКІСТЬ ДЕФОРМАЦІЇ, СИЛА ПРОКАТКИ, МОМЕНТ ПРОКАТКИ, ТЕМПЕРАТУРА ШТАБИ, МОДЕЛЬ, ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

Об’єкт розробки – неперервний широкоштабовий стан гарячої прокатки 1680 металургійного заводу ВАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – розрахунок напруження течії металу та середній контактний тиск при гарячій прокатці штаби 3×1100 мм.

Проведено аналіз недоліків діючій технології. Визначено, що в діючому технологічному процесі вичерпані можливості підвищення ефективності процесу гарячої прокатки штаб.

Показано, що оптимальна теоретична модель розрахунку напруження течії металу, яка би у більшій мірі була наближена до практичних даних, отриманих в результатів є моделі В.О. Ніколаєва та Л.В. Андреюка − Г.Г. Тюленєва, і можуть бути використані для прогнозування середнього контактного тиску і зусилля прокатки при гарячій прокатці штаб.

Результати роботи можуть бути використані при гарячій прокатці штаб на стані „1680”. Застосування ефективних технологічних режимів дозволить зменшити потреби електроенергії та збільшити виробіток стану.

ЗМІСТ

ВСТУП ……..……..6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА…….……..7
1.1 Обладнання ШСГП…….10
1.2 Нагрівальні печі ……11
1.3 Преси для обтискання кромок слябів по ширині ……....12
1.4 Клітини з вертикальними валками…….12
1.5 Теплоізолюючі пристрої ……..15
1.6 Клітини чистової групи……16
1.7 Структура виробництва ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»……..21
2 .ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА…….25
2.1 Розрахунок напруження течії металу при гарячій прокатці……...25
2.2 Розрахунок середнього контактного тиску при гарячій прокатці……37
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ 44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....…48
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища……...48
4.2 Заходи з поліпшення умов праці, пожежної та техногенної безпеки.Заходи з поліпшення умов праці……..……...52
4.3Пожежна та техногенна безпека, системи запобігання……....53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ……56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ……....57

ВСТУП

"Запоріжсталь" - індустріальний гігант, продукція якого добре відома більш ніж у 100 країнах світу. За обсягом виробництва він входить до п'ятірки найбільших підприємств України.

Комбінат є виробником високоякісної металопродукції — чавуну, сталі, листового прокату з вуглецевих, низьколегованих, легованих та нержавіючих сталей, гнутого профілю, жерсті, будівельних матеріалів та товарів народного споживання. Комбінат є одним із основних постачальників листового прокату та гнутих профілів для українського машинобудування, жерсті для харчової промисловості.

Міжнародне визнання і повага, яким користується «Запоріжсталь» у діловому світі, підтверджено численними міжнародними та національними призами та нагородами за конкурентну та якісну продукцію, а також інтеграцію у світову економіку.

Розроблено програму інвестиційних проектів ВАТ «Запоріжсталь», розраховану до 2020р. Передбачені заходи спрямовані на підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, оновлення основних фондів, впровадження новітніх технологій, розширення сортаменту, захист довкілля та економію матеріально-сировинних та енергетичних ресурсів.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Широкоштабові стани за розташуванням робочих клітей ділять на:

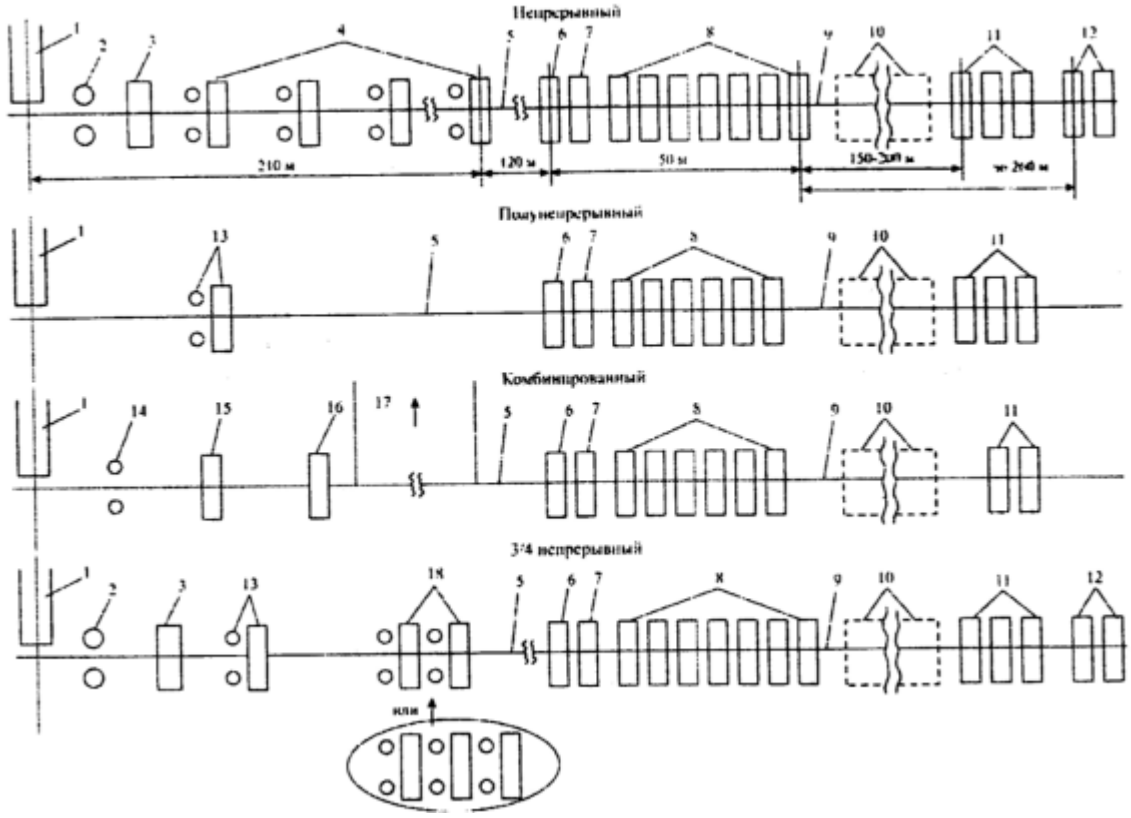
- Безперервні;
- Напівбезперервні;
- Комбіновані;
- ¾ безперервні;

– реверсивні з моталками у печах (стани Стеккеля);

– планетарні.

Безперервні стани мають продуктивність до 6 млн. т. на рік, інколи ж і більше. Продуктивність сучасних напівбезперервних станів становить 1...2 млн. т прокату на рік. Основна перевага останніх – мала протяжність, низькі капітальні витрати на будівництво. Комбіновані ШСГП дозволяють виробляти як товстий лист (товщиною аж до 50 мм), так і тонкі штаби. Продуктивність комбінованих станів становить 1,2...2 млн. т прокату на рік. Основний недолік – нераціональне використання обладнання: коли ведуть прокатку товстого листа – не використовується обладнання чистової групи клітин, що відводить рольгангу, моталок, а коли прокочують штаби, то неефективно використовується довжина бочки та потужність обладнання реверсивних станів. З цієї причини будівництво комбінованих станів зараз не практикують.

¾ безперервні стани ШСГП, порівняно з безперервними станами, мають у складі чорнової групи клітей одну або дві реверсивні кліті та ще дві або три нереверсивні кліті, об'єднані в безперервну підгрупу. Основне достоїнство цих станів – укорочена (проти класичним безперервним ШСГП) технологічна лінія. Наявність реверсивних клітей дозволяє застосовувати гнучкіші за кількістю проходів схеми прокатки. Узагальнена схема розташування основного технологічного обладнання ШСГП різних типів показано на рис. 1.1



1 – нагрівальні печі; 2 – вертикальний окалиноломатель; 3 – чорновий окалиноломатель дуо; 4 – чорнова група універсальних нереверсивних клітей кварто; 5 – проміжний рольганг; 6 – леткі ножиці; 7 – чистовий окалиноломатель дуо; 8 – чистова безперервна група клітей кварто; 9 - відвідний рольганг; 10 - душна установка; 11 – перша група моталок; 12 – друга група моталок; 13 – реверсивна універсальна кліть дуо чи кварто; 14 – кліть із вертикальними валками; 15 – чорнова кліть дуо чи кварто реверсивна; 16 – чистова кліть кварто реверсивна; 17 - стелаж передачі товстих листів на ділянку обробки та оброблення; 18 - безперервна чорнова підгрупа нереверсивних універсальних клітей кварто

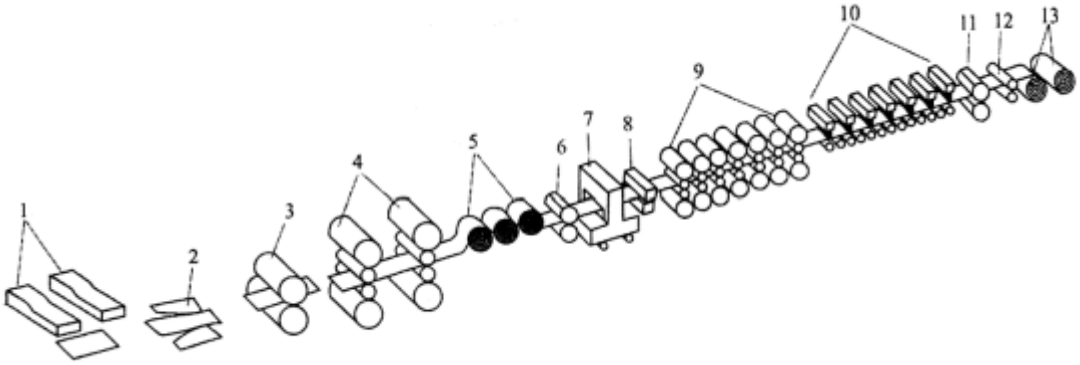
Рисунок 1.1 – Розташування основного технологічного устаткування ШСГП різних типів

Покоління ШСГП загально прийнято розподіл ШСГП на покоління. Спочатку їх було три (такий поділ запропонував А. Ледерер), а пізніше їхнє число було доведено Дж. Ейлен до п'яти. Причому до п'ятого покоління ШСГП віднесено ливарно-прокатні модулі (ЛПМ). Формально ЛПМ можна

уявити як ШСГП, з якого виключено чорнову групу клітей, але при цьому в результаті об'єднання двох абсолютно різних процесів – розливання рідкої сталі та прокатки твердого металу, з'явилося нове обладнання, виникли свої переваги та недоліки. На думку ряду авторів, до п'ятого покоління ШСГП слід віднести стани нескінченної прокатки. Основною для металургії негативною світовою тенденцією є подорожчання сировини, енергоносіїв, транспорту, землі, вартості обладнання. Це диктує необхідність зниження капіталовкладень та експлуатаційних витрат, сировини, енергоресурсів та трудовитрат. Одним із шляхів зниження вартості листової продукції є заміна частини холоднокатаного листа гарячекатаним, собівартість тонни якого як мінімум на 20 доларів США нижча, ніж холоднокатаного. У зв'язку з цим постало завдання про витіснення з ринку частини холоднокатаних штаб товщиною 0,6...1,2 мм із низьковуглецевої сталі. Частка таких штаб на станах холодної прокатки становить 60% загального виробництва. Причому 70% обсягу виробництва таких штаб мають ширину 900…1300 мм.

Є відомості про те, що 30…40 % холоднокатаних штаб із низьковуглецевих сталей товщиною 1,3…1,5 мм, що постачаються на ринок США, можна замінити гарячекатаними, а в Європі в найближчі 10…15 років до 50 % холоднокатаних штаб такої товщини передбачається замінити гіркочекатаними. Удосконалення обладнання, технологічного процесу, систем автоматики дозволило наприкінці 80-х – середині 90-х років минулого століття повернутись до проблеми виробництва гарячекатаних штаб товщиною менше 1,2 мм. Для вирішення цієї проблеми опрацьовано різні варіанти. Найбільш раціональні два з них. Це освоєння виробництва таких штаб на ШСГП та ЛПМ. Перший шлях зумовив створення ШСГП п'ятого покоління. У Японії проблему прокатки штаб завтовшки менше 1,2 мм запропоновано вирішувати за рахунок технології нескінченної прокатки. Класичним прикладом стану нескінченної прокатки може бути стан 2050 фірми Кавасакі Стіл, Чіба (Японія). Схема основного технологічного обладнання стану показана на рис. 1.2. Нову технологію освоєно в 1997-1998

р.р.



1 – нагрівальні печі; 2 – прес для редукування слябів по ширині; 3 – реверсивна кліть Дуо; 4 – чернові кліті кварто; 5 – ППУ; 6 – ножиці; 7 – ділянка зварювання штаб; 8 – ділянка підігріву кромок, обрізи кінців та збиття окалини; 9 – чистова група клітей; 10 - душна установка; 11 - ділильні ножиці; 12 - пристрій підтискання штаби до рольгангу; 13- моталки Малюнок 1.2 – Схема розташування основного обладнання ШСГП 2050 фірми «Кавасакі Стіл» (Японія)

1.1 Обладнання ШСГП

Нині у світі експлуатують ШСГП усіх п'яти поколінь. Проте забезпечення конкурентоспроможності їхньої продукції диктує необхідність постійної модернізації ШСГП. Особливо ця конкуренція загострилася останніми роками з появою міні-заводів та ливарнопрокатних модулів (ЛПМ) для виробництва гарячекатаних штаб. Завдання, які вирішуються при реконструкції ШСГП: підвищення якості продукції (як за точністю, так і за механічними властивостями та якістю поверхні), розширення сортаменту (як за розмірами, так і за марками сталі), зниження витрат на виробництво і в окремих випадках – підвищення продуктивності (до середини 70-х років минулого століття вона була головною). У переважній більшості випадків реконструкція дозволяє переводити ШСГП у наступне покоління або навіть

вище. Модернізації піддають обладнання та технологічний процес по всій лінії ШСГП. Фахівці фірми «VOEST-Alpine» вважають, що раціональні три варіанти реконструкції ШСГП:

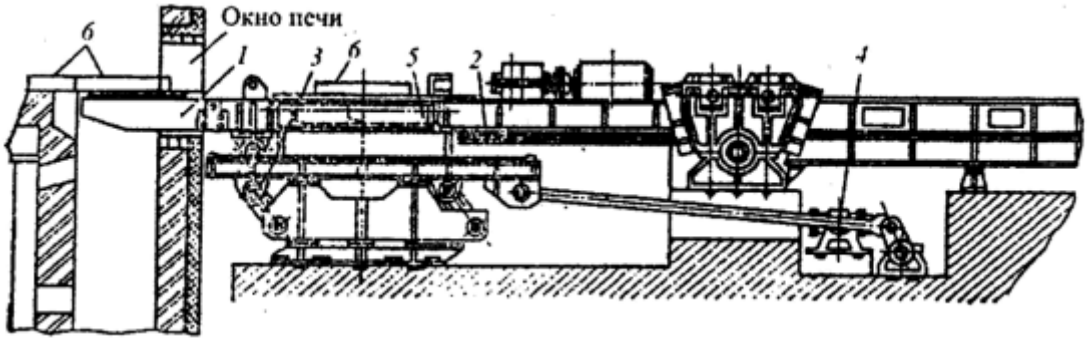
- поточне вдосконалення протягом досить тривалого часу. го часу чи постійне;

- проведення одного або двох великих заходів у короткий час;

- корінна модернізація стану з переміщенням його на іншу площадку (можливо, й у іншу країну).

1.2 Нагрівальні печі

Заміна штовхальних печей на печі з крокуючими балками, покращення конструкції пальників. У зв'язку із збільшенням маси слябів створено пристрої для видачі їх із печі (рис. 1.3).



1 – штанга; 2 – рейка; 3 – привід підйому столу; 4 – гідроциліндр; 5 – ролик рольгангу; 6 – сляб Рисунок

1.3 – Пристрій видачі слябів із нагрівальних печей ШСГП

Гідробиви окалини. Однією з основних дефектів гарячекатаних штаб є дефект «вкатанная окалина». У зв'язку з цим майже завжди ведуться роботи з вдосконалення засобів видалення її по всій лінії ШСГП. На сучасних станах використовують спосіб гідромеханічного видалення окалини. Характеризується він тим, що завдання видалення окалини вирішують

головним чином за рахунок застосування гідрозбивів. Причому важливий весь комплекс як тиску води, що застосовується (аж до 125 бар), так і форми сопел, конструкції колекторів і форсунок, кутів подачі струменя, розташування форсунок по висоті від штаби, що проходить. Застосування таких гідрозбивів дозволяє розвивати питому силу удару струменя (приватне від поділу сили струменя на площу поверхні, що піддається удару – найважливіша характеристика струменевої системи гідрозбиву 0,37… 0,91 Н/мм^2.

1.3 Преси для обтискання кромок слябів по ширині

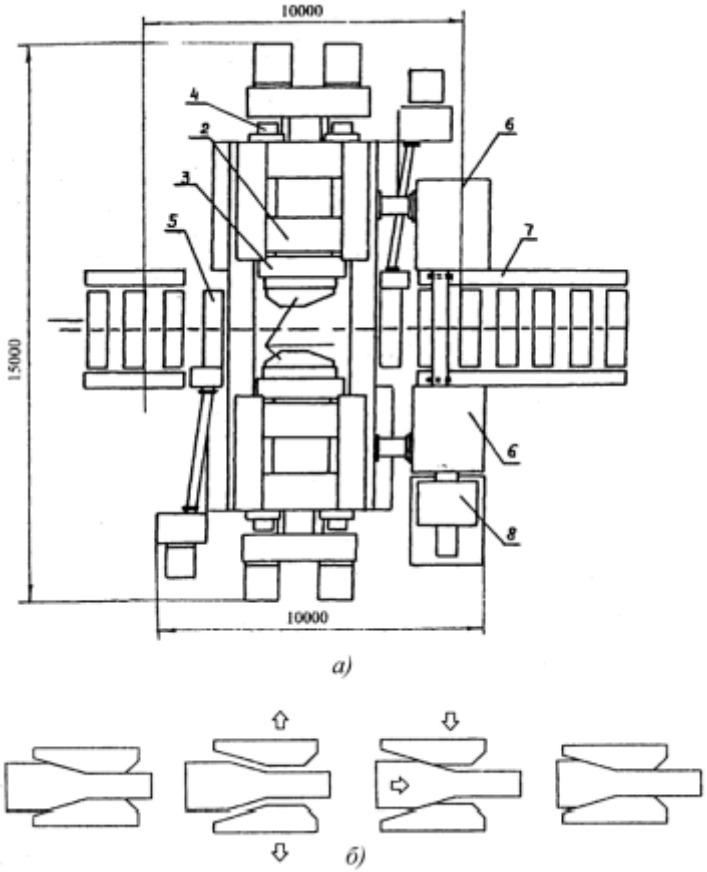
При переході ШСГП на безперервнолиту заготовку виникли деякі складнощі у створенні штаб всього спектра ширин. Цю проблему вирішують різними шляхами. Безпосередньо в МНЛЗ застосовують кристалізатори зі змінним положенням торцевих стінок, але це має ряд недоліків – виливок слябів зі змінною шириною, порушення режимів розливу, ускладнення конструкції кристалізатора та ін. Більш раціональним є застосування процесу редукування слябів по ширині безпосередньо в технологічній лінії ШСГП.

1.4 Клітини з вертикальними валками

На ШСГП першого покоління в чорновій групі застосовували универсальные кліті, і вертикальні валки були призначені для зняття розширення гуркотів і для опрацювання металу на їх бокових кромках. Коли чорні окаліноломачі з горизонтальними валками перетворили на робочі кліті, то на ШСГП почали застосовувати вертикальні окалиноломачі (ВОК) для зламування окалини. Після переведення ШСГП на прокатку безперервнолитих слябів з'явилася ідея використовувати ВОК для

редукування слябів.

Обмеження величини обтиснення за умовами захоплення, що обумовилиує необхідність багатопрохідності процесу;



1 - бойки; 2 - рухома поперечка; 3 - підштампова плита; 5 – ролики, що тягнуть; 6 – редуктор; 7 – рольганг; 8 – електропривод

Рисунок 1.4 – Прес для редукування слябів по ширині в технологічній лінії ШСГП (а) та схема обтиснення слябу в пресі (б) - виникнення прикромкових потовщень, які при наступній прокатці в горизонтальних валках знову (приблизно на 60 ... 70%) переходять у ширину гуркоту.

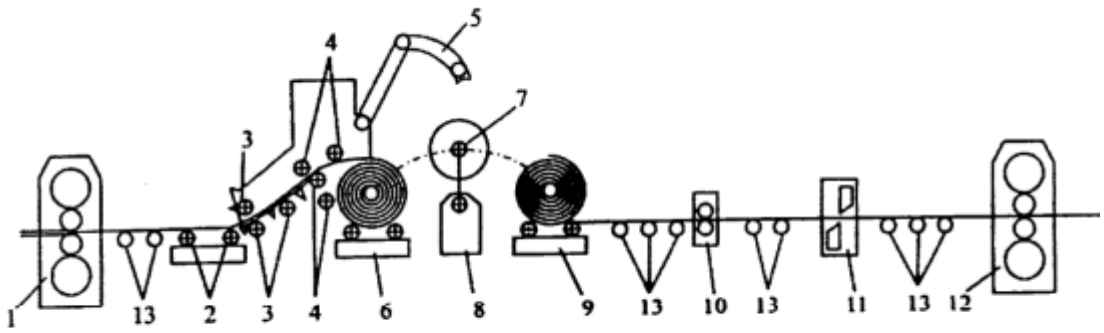
Ефективність обтискання гуркоту у вертикальних валках значно збільшується, якщо застосовувати ящикові калібри. Але при цьому виникає низка ускладнень:

- Необхідність заміни валків при зміні товщини вихідних слябів;
- Складність нарізки калібрів на валках великого діаметру;
- збільшення зносу каліброваних валків у порівнянні з гладкими

валками;

- Підвищуються енерговитрати на прокатку.

Проміжний перемотний пристрій. Проміжний перемотальний пристрій (ППУ або Coilbox) встановлюють на проміжному рольгангу ШСГП (конструкція розроблена фірмою STELCO, Канада). Вперше ППУ було встановлено в 1978 р на напівбезперервному стані 2050 фірми «Gohn Lysaght» (Австралія), а надалі на ШСГП Угорщини, Канади, США, ФРН, Швеції та інших країн. Схема ППУ показано на рис.1 5.



1 – остання; 1 – 1;

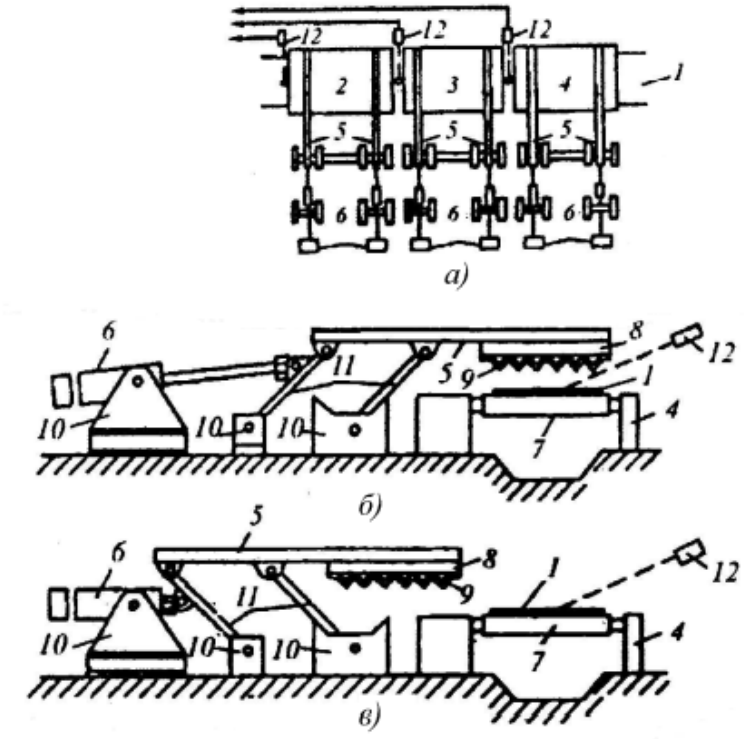
Рисунок 1.5 – Схема проміжного перемотувального пристрою

Установка ППУ на діючих станах дозволяє збільшувати масу рулонів, що прокочуються (якщо цьому перешкоджала мала довжина проміжного рольгангу), знижує втрати тепла розкочуванням на проміжному рольгангу, усуває зниження температури по довжині розкочування від переднього кінця до заднього (так званий «температурний (дозволяє відмовитися від застосування прискорення у чистовій групі клітей), при аварійних ситуаціях у чистовій групі клітей або на моталках дозволяє зберігати рулон у ППУ до 15 с. При спорудженні нових ШСГП ППУ дозволяє скоротити протяжність проміжного рольгангу (зменшення капітальних витрат) та в силі залишаються всі інші названі переваги. З 1981 по 1987 рр. ППУ було встановлено на 11 ШСГП (Канади, Швеції, США, ФРН, Бельгії, Великобританії та Австралії). Максимальна товщина штаб в ППУ штаб була

35 мм. ППУ продовжують встановлювати і на нових ШСГП.

1.5 Теплоізолюючі пристрої

Втрати тепла розкочуванням за час перебування на проміжному рольгангу досягають 60 % від загальних теплових втрат штабою під час прокатки. Один із шляхів зниження цих втрат – використання екранів різного типу (рис. 1.6). Секції екранів можуть рухатися всі одночасно чи кожна індивідуально. Положення секцій (робоче або неробоче) керується спеціальним блоком за сигналами, що надходять від пірометрів. Рефлектори виготовлені з тонких нержавіючих пластин та мають гофровану поверхню. Вони нагріваються досить швидко від випромінювання розкату, що проходить під ними (використовується до 60% випромінювання). Після нагрівання рефлекторів настає теплова рівновага між гуркотом і рефлектором і втрати тепла гуркотом знижуються.



а – вид зверху; б – робоче положення; в – неробоче; 1 - штаба; 2-4 - секції екрану; 11 – важелі;

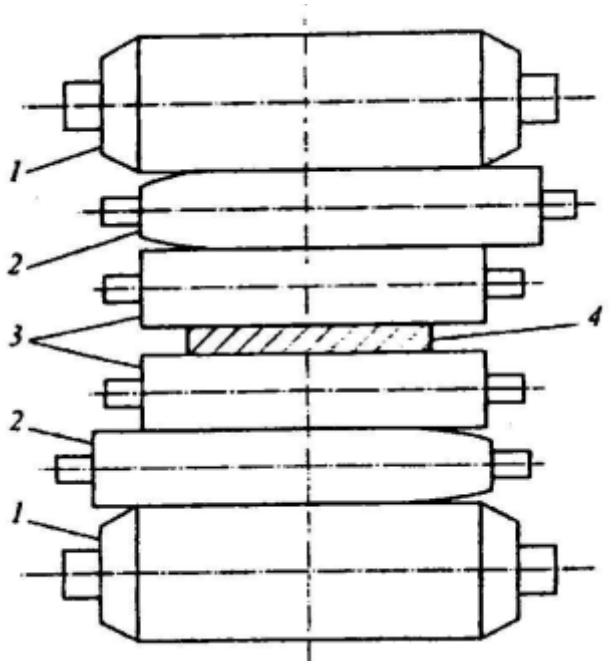
Рисунок 1.6 – Схема теплового екрана Р. Грея (патент США № 1040420, опубл. 1966 р.)

Широку популярність отримала теплоізоляційна система ЕНКОПАНЕЛЬ, розроблена фірмою Enconiech Engineering Services (Великобританія) і встановлена на напівбезперервному стані 2030 заводу фірми British Steel в Лекенбі (Великобританія). Система ЕНКОПАНЕЛЬ є тунелем, що складається з верхньої, нижньої та бічної панелей. Кожна з панелей двошарова. Перший шар являє собою тонку пластину з жароміцної сталі з високою поглинальною та випромінювальною здатністю, другий шар – теплоізоляція. При стабільному процесі прокатки робоча поверхня панелей після проходження 3-5 розкочування набуває температури, близької до температури розкочування. Між гуркотом і панеллю встановлюється теплова рівновага і втрати тепла гуркотом істотно знижуються.

1.6 Клітини чистової групи

Робочі кліті чистової групи за конструкцією на ШСГП перших трьох поколінь та більшості станів четвертого покоління аналогічні клітям з горизонтальними валками чорнової групи клітей. Підшипники робочих валків – чотирирядні з конічними роликами, а опорних – рідинного тертя (ПШТ). Натискний механізм та механізм урівноваження на ШСГП перших поколінь такі ж, як і на клітях чорнової групи. За кордоном з початку 70-х років у клітинах чистової групи широко застосовують гідронатискні пристрої. На початку 80-х років уперше у світі в Японії для гарячої прокатки штаб почали використовувати шестивалкові кліті спеціальної конструкції, що мають можливість осьового зміщення робітників та проміжних валків (рис. 1.7). Такі кліті, виготовлені фірмою «Хітачі» (Японія), експлуатуються більш ніж на 10 ШСГП Японії та забезпечують наступні основні переваги перед чистовими клітями звичайної конструкції: підвищення ефективності

регулювання поперечного профілю та площинності штаб, менш суворі обмеження на послідовність прокатки штаб різної ширини, зменшення сил отже, і витрати енергії, що витрачається на прокатку, можливість застосування валків циліндричного профілю (без профілювання).



1 – опорні валки; 2 – проміжні валки; 3 – робочі валки; 4 – штаба, що прокочується

Рисунок 1.7 – Схема розташування валків у шестивалкових клітинах

Основні недоліки шестивалкових клітей – складність конструкції, обмеженість дії системи протизгинання валків (яка в обов'язковому порядку встановлюється і в клітях з поздовжнім переміщенням валків) через велику жорсткість шестивалкового вузла, ускладнення керування роботою та налаштуванням стану. ШСГП у Європі) шестивалкові кліті в чистових групах клітей не встановлювали.

Змотування гарячекатаних штаб та прибирання рулонів.Нове покоління моталок спроектовано та виготовляється на ПАТ «НКМЗ». Це тривалкові моталки з гідравлічним приводом, що стежить формують роликів (рис. 1.8).

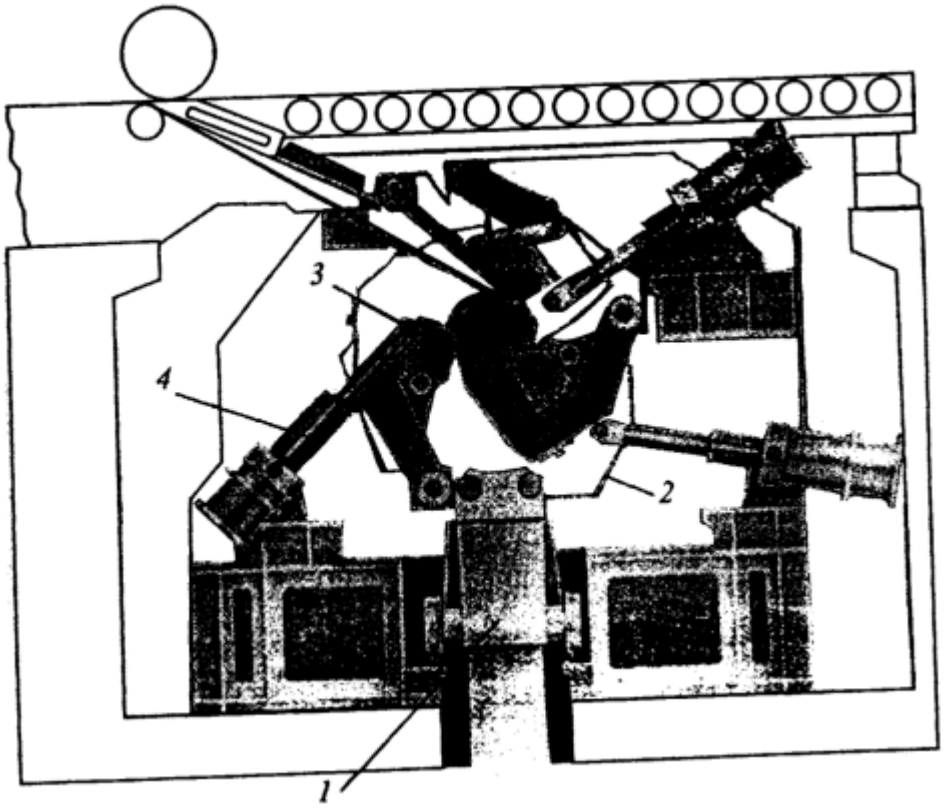
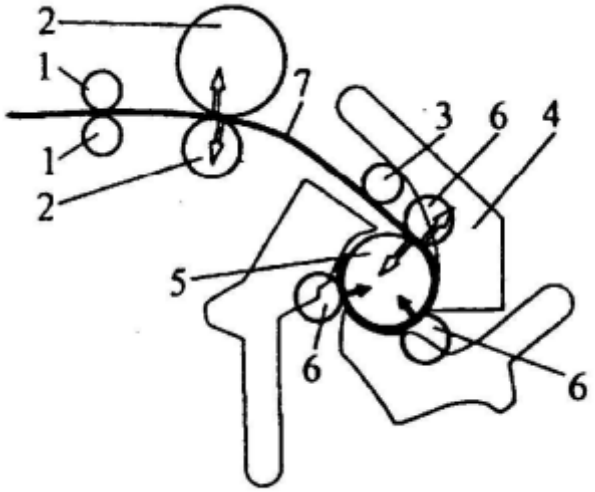


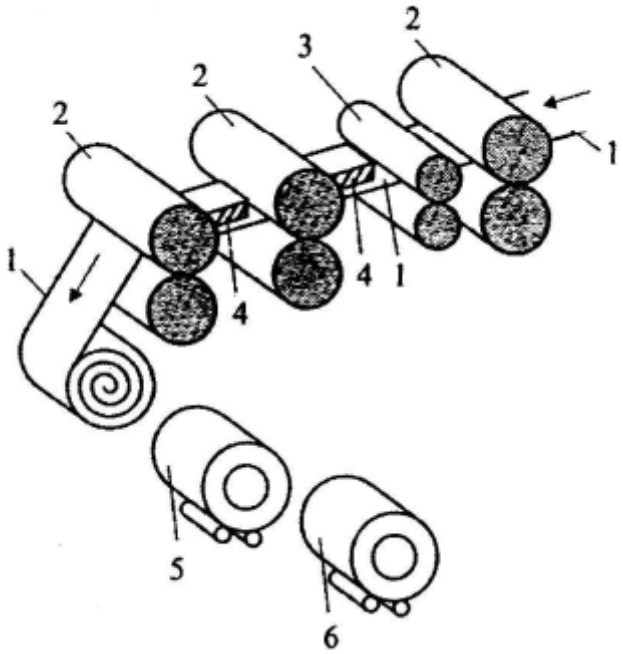
Рисунок 1.8 – Тривалкова моталка для змотування гарячекатаних штаб

Створення станів нескінченної прокатки зажадало певних змін на відведеному рольгангу. Виникла потреба поділу штаби аж до мінімальної її товщини 0,8 мм при швидкості транспортування 20 м/с. При цьому після порізки частини штаби передній кінець повинен бути переданий до моталки без порушень процесу транспортування та змотування та надійно заправлений до неї. Обладнання для транспортування та змотування має забезпечити тривалість робочого циклу в межах 40 с (рис. 1.9). до 15 500… 800 5… 50



1 – притискні ролики; 2 – ролики, що подають; 3 – ролик проводки, що гойдається; 4 – напрямний козирок; 5 – барабан моталки; 6 – притискні формують ролики; 7 – штаба

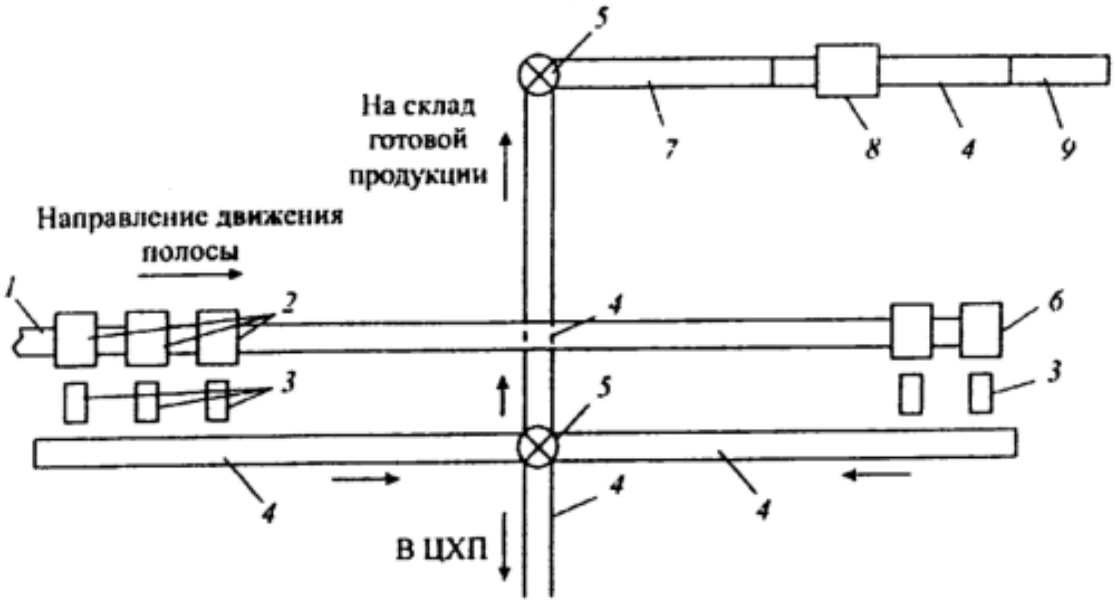
Рисунок 1.9 – Схема моталки "UNI plus" фірми "SMS-Demag"



1 – штаба; 2 – ролики, що тягнуть; 3 – ділильні ножиці; 4 – верхні напрямні плити; 5 – стенд обв'язки рулону; 6 – стенд зважування та маркування рулону

Рисунок 5.10 – Схема ділянки транспортування та змотування штаби при нескінченній прокатці

Дільні ножиці поперечного різання мають ексцентриковий вал. Обертання ножів синхронізоване з рухом штаби. До характерних особливостейсистем збирання гарячекатаних рулонів відносяться великі відстані переміщення рулонів від моталок до складу рулонів та цеху холодної прокатки листа, розгалуженість конвеєрних ліній та багатоланковість систем прибирання, тобто чергування в ній транспортних пристроїв безперервної та перервної дії. У систему прибирання рулонів входять: приймачі рулонів, конвеєри, підйомно-поворотні столи, ваги, пристрої для передачі, пристрої для здвоювання рулонів. Залежно від взаєморозташування станів гарячої та холодної прокатки листа та відділення оброблення існує кілька варіантів схем розташування обладнання систем прибирання гарячекатаних рулонів. Однією з найбільш поширених таких схем показано на рис. 1.11. Конвеєри, розташовані біля моталок, знаходяться нижче за рівень підлоги.



1 - штаба, що рухається по відведеному рольгангу; 2 – моталки для тонких штаб, 3 - знімно-кантуюче пристрій рулонів; 7 – похилий конвеєр; 8 – ваги; 9 – рольганг-накопичувач

Рисунок 1.11 – Схема руху штаби та рулонів у збиральній групі ШСГП

1.7 Структура виробництва ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

До складу металургійного виробництва входять агломераційний (6 агломашин), доменний (5 доменних печей), мартенівський (9 печей) цехи та цех підготовки сталерозливних складів. Прокатне виробництво має у своєму складі 4 прокатні цехи, призначені для виробництва гарячекатаної та холоднокатаної листової сталі, сталевої стрічки, білої жерсті та холодногнутих профілів. Загальна виробнича потужність із виробництва листової сталі - 3,5 млн т на рік та 600 тис. т холодногнутих профілів.

В агломераційному цеху комбінату виготовляється основний залізорудний агломерат. Майже всі процеси виробництва агломерату автоматизовані.

Доменний цех призначений для виплавки чавуну високої якості для виробництва сталі, великогабаритного чавунного лиття та товарного чавуну в чушках.

У мартенівському цеху комбінату працює 9 печей ємністю 250—500 т із загальною виробничою потужністю 4,35 млн. т сталі на рік. Сталь виробляється скрап-рудним процесом на рідкому чавуні. Мартенівські печі опалюються природним газом. Для інтенсифікації виплавки сталі усім печах використовується кисень. Сталь продувається аргоном. Сталь, що виплавляється, — маловуглецева і середньовуглецева конструкційна і звичайної якості, низьколегована — розливається в зливки масою до 20 т, що використовуються для виробництва листового прокату.

На обтискному стані слябінг «1150» прокочуються зливки з вуглецевої, легованої та нержавіючої сталі на сляби завтовшки 100-200 мм, шириною 850-1500 мм, довжиною 1800-4800 мм. Сляби, призначені для перекату на лист, у гарячому стані передаються на стан широкосмугового гарячої прокатки.

Цех гарячої прокатки тонкого листа оснащений агрегатами для забезпечення прокату в листах та рулонах - шириною від 850 до 1500 мм. Безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки «1680» виробничою потужністю 3,5 млн т на рік виробляє смуги завтовшки 2,0-8,0 мм, шириною 1000-1500 мм, масою рулону до 16 т. На трьох профілегибочних агрегатах виробляється понад 500 сортових (куточки, швелери) та спеціальних фасонних профілерозмірів гнутих профілів з вуглецевої, низьколегованої та нержавіючої сталі з товщиною стінки від 1,0 до 8,0 мм та з шириною розгортки профілю до 1450 мм.

У цеху холодної прокатки №1 на безперервному чотириклітинному стані «1680», двох одноклітинних реверсивних станах «1680» і «1200», двадцятивалковому стані «1700» і двох безперервних вузькосмугових чотириклітинних станах «450» і «650 вуглецевої, низьколегованої, легованої та нержавіючої сталі. Цех оснащений засобами для дресирування, поперечного та поздовжнього різання, що забезпечують постачання холоднокатаного прокату товщиною від 0,2 до 2,0 мм, шириною від 10 до 1500 мм та довжиною листа до 4000 мм, а також рулонів масою до 14 т.

Цех холодної прокатки №3 має унікальний стан «2800» для виробництва великогабаритного холоднокатаного листа завтовшки 1,5-5,5 мм, шириною 1000-2300 мм і довжиною до 4500 мм з вуглецевих, легованих та нержавіючих сталей. У складі цеху діє спеціалізоване відділення з виробництва шліфованих та полірованих листів та смуг у рулонах з нержавіючої сталі.

Основною продукцією комбінату «Запоріжсталь» є: передільний і ливарний чавун; граншлак та щебінь; рідкі гази;

Співпрацюючи з більш ніж п'ятьма тисячами вітчизняних та зарубіжних споживачів, комбінат зарекомендував себе надійним партнером, який забезпечує своєчасне постачання за договорами та високу якість продукції, близько 70% якої відвантажується на експорт.

«Запоріжсталь» експортує свою продукцію у понад 90 країн світу. Найбільшими споживачами продукції є Туреччина, Росія, Сирія, Білорусь, Нігерія, Польща, Ізраїль, Китай.

На внутрішньому ринку України продукція комбінату також має попит. Найбільшими споживачами є Дніпропетровська, Луганська, Донецька, Київська, Полтавська, Харківська, Запорізька та Житомирська області.

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок напруження течії металу при гарячій прокатці

Для оцінки формул розрахунку напруження течії металу при гарячій прокатці використані температурно-швидкісні та геометричні параметри прокатки в чистовій групі НШСГП 1680 (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Параметри прокатки в чистові групі НШСГП 1680

Номер кліті	Швидкість прокатки, м/с	Товщина штаби, мм	Температура прокатки, ^{o}C
5	1,21	13,62	980
6	1,98	8,33	935
7	2,94	5,61	905
8	3,85	4,28	865
9	4,89	3,37	845
10	5,5	3	800

Визначаємо напруження течії металу та середній контактний тиск при гарячій прокатці штаби 3,0х1100 мм зі сталі Ст.3кп за умовами представленими у таблиці 2.1.

Спочатку розрахуємо додаткові геометричні параметрі прокатки для подальшого порівняльного аналізу:

1) Абсолютний обтиск:

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

$\Delta h_5 = 27 - 13,62 = 13,38$ мм; $\Delta h_6 = 13,38 - 8,33 = 5,29$ мм;

$\Delta h_7 = 8,33 - 5,61 = 2,72$ мм; $\Delta h_8 = 5,61 - 4,28 = 1,33$ мм;

$\Delta h_9 = 4,28 - 3,37 = 0,91$ мм; $\Delta h_{10} = 3,37 - 3 = 0,37$ мм.

2) Відносний обтиск:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0};$$

$$\varepsilon_5 = \frac{13,38}{27} = 0,50; \qquad \varepsilon_6 = \frac{5,29}{13,38} = 0,39; \qquad \varepsilon_7 = \frac{2,72}{8,33} = 0,33;$$

$$\varepsilon_8 = \frac{1,33}{5,61} = 0,24; \qquad \varepsilon_9 = \frac{0,91}{4,28} = 0,21; \qquad \varepsilon_{10} = \frac{0,37}{3} = 0,11.$$

3) Довжина дуги контакту, фактор форми осередку деформації та швидкість деформації дорівнюють:

$$\ell d = \sqrt{R \times \Delta h};$$

$$\ell d_5 = \sqrt{305 \times 13,38} = 63,9 мм = 0,0639 м; \qquad \ell d_6 = \sqrt{305 \times 5,39} = 40,2 мм = 0,0402 м;$$

$$\ell d_7 = \sqrt{305 \times 2,72} = 28,8 мм = 0,0288 м; \qquad \ell d_8 = \sqrt{305 \times 1,33} = 20,1 мм = 0,0201 м;$$

$$\ell d_9 = \sqrt{305 \times 0,91} = 16,7 мм = 0,0167 м; \qquad \ell d_2 = \sqrt{305 \times 0,37} = 10,6 мм = 0,0106 м;$$

$$u = \frac{\nu \times \varepsilon}{\ell d};$$

$$u_5 = \frac{1,21 \times 0,50}{0,0639} = 9,39\,\text{с}^{-1}; \qquad u_6 = \frac{1,98 \times 0,39}{0,0402} = 19,15\,\text{с}^{-1};$$

$$u_7 = \frac{2,94 \times 0,33}{0,0288} = 33,33\,\text{с}^{-1}; \qquad u_8 = \frac{3,85 \times 0,24}{0,0201} = 45,32\,\text{с}^{-1};$$

$$u_9 = \frac{4,89 \times 0,21}{0,0167} = 62,41\,\text{с}^{-1}; \qquad u_{10} = \frac{5,5 \times 0,11}{0,0106} = 56,84\,\text{с}^{-1}.$$

Розрахунок напруження течії металу по формулі Ніколаєва В.О.

Напруження течії металу (сталь марки Ст.3кп) визначимо по величині вуглецевого еквіваленту з роботи Ніколаєва В.О. [1], в залежності від швидкості деформації та групи марки сталі.

Хімічний склад сталі згідно ГОСТ 380-2005, %: 0,14-0,22 C, до 0,03 Si, 0,3-0,6 Mn, до 0,3 Ni, до 0,3 Cr, до 0,05 S, до 0,04 P, до 0,3 Cu, до 0,08 As, до 0,008 N.

Вуглецевий еквівалент дорівнює, %:

$$N = 0,18 + 0,03 + 0,45 + 0,3 + 0,3 + 0,3 = 1,155.$$

Так як $N \le 5$, базова границя текучості визначається по формулі:

$$\sigma_{Тб} = 80 + 25 \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{5 - N_1}{4,5} \right]^{1,8} \right\};$$

$$\sigma_{Тб} = 80 + 25 \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{5 - 1,155}{4,5} \right]^{1,8} \right\} = 91,5 \text{ Н/мм}^2.$$

Використовуючи данні таблиці 1.2 і 1.3 одержуємо:

$$k_t = 1,66 - 1,1(t / 400 - 2)^{0,7};$$

$$k_{t5} = 1,66 - 1,1(980 / 400 - 2)^{0,7} = 1,03;$$

$$k_{t6} = 1,66 - 1,1(935 / 400 - 2)^{0,7} = 1,15;$$

$$k_{t7} = 1,66 - 1,1(905 / 400 - 2)^{0,7} = 1,23;$$

$$k_{t8} = 1,66 - 1,1(865 / 400 - 2)^{0,7} = 1,35;$$

$$k_{t9} = 1,66 - 1,1(845 / 400 - 2)^{0,7} = 1,42;$$

$$k_{t10} = 1,66 - 1,1(800 / 400 - 2)^{0,7} = 1,66.$$

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

$$k_{\varepsilon 5} = 1 + 0,43 \, [\, 1 - 6,3 \, (0,5 - 0,5)^2] = 1,43;$$

$$k_{\varepsilon 6} = 1 + 0,43 \, [\, 1 - 6,3 \, (0,5 - 0,39)^2] = 1,40;$$

$$k_{\varepsilon 7} = 1 + 0,43 \, [\, 1 - 6,3 \, (0,5 - 0,33)^2] = 1,35;$$

$$k_{\varepsilon 8} = 1 + 0,43 \, [\, 1 - 6,3 \, (0,5 - 0,24)^2] = 1,24;$$

$$k_{\varepsilon 9} = 1 + 0{,}43\ [\ 1 - 6{,}3\ (0{,}5 - 0{,}21)^2] = 1{,}21;$$

$$k_{\varepsilon 10} = 1 + 0{,}43\ [\ 1 - 6{,}3\ (0{,}5 - 0{,}11)^2] = 1{,}02.$$

$k_u = 0{,}38 + 0{,}065\ (7 + \ell n\ u)$ та $k_u = 1{,}03 + 0{,}1\left(\left(\ln u\right) - 2{,}3\right)^{1{,}5}$;

$$k_{u5} = 0{,}38 + 0{,}065\ (7 + \ell n\ 9{,}39) = 0{,}98;$$

$$k_{u6} = 1{,}03 + 0{,}1\left(\left(\ln 19{,}15\right) - 2{,}3\right)^{1{,}5} = 1{,}08;$$

$$k_{u7} = 1{,}03 + 0{,}1\left(\left(\ln 33{,}33\right) - 2{,}3\right)^{1{,}5} = 1{,}16;$$

$$k_{u8} = 1{,}03 + 0{,}1\left(\left(\ln 45{,}32\right) - 2{,}3\right)^{1{,}5} = 1{,}22;$$

$$k_{u9} = 1{,}03 + 0{,}1\left(\left(\ln 62{,}41\right) - 2{,}3\right)^{1{,}5} = 1{,}28;$$

$$k_{u10} = 1{,}03 + 0{,}1\left(\left(\ln 56{,}84\right) - 2{,}3\right)^{1{,}5} = 1{,}26.$$

Визначаємо напруження течії металу:

$$\sigma_т = \sigma_{тб} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u;$$

$$\sigma_{т5} = 91{,}5 \cdot 1{,}03 \cdot 1{,}43 \cdot 0{,}99 = 132\ Н/мм^2;$$

$$\sigma_{т6} = 91{,}5 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}40 \cdot 1{,}08 = 158\ Н/мм^2;$$

$$\sigma_{т7} = 91{,}5 \cdot 1{,}23 \cdot 1{,}35 \cdot 1{,}16 = 176\ Н/мм^2;$$

$$\sigma_{т8} = 91{,}5 \cdot 1{,}35 \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}22 = 187\ Н/мм^2;$$

$$\sigma_{т9} = 91{,}5 \cdot 1{,}42 \cdot 1{,}21 \cdot 1{,}28 = 201\ Н/мм^2;$$

$$\sigma_{т10} = 91{,}5 \cdot 1{,}66 \cdot 1{,}02 \cdot 1{,}26 = 195\ Н/мм^2.$$

Розрахунок напруження течії металу по формулі Андреюка Л.В. − Тюленева Г.Г.

Напруження течії металу:

$$\sigma = s\sigma_0 \cdot \left(10\varepsilon\right)^a u^b \left(\frac{t}{1000}\right)^{-c},$$

де σ_0 − базове значення напруження течії матеріалу штаби, відповідне ε = 0,1; u = 1 с$^{-1}$; t = 1000°С;

s, *a, b*, *c* − постійні коефіцієнти, визначені індивідуально для кожної сталі.

В таблиці 2.2 наведено базове значення напруження течії сталі Ст.3кп та коефіцієнти *s*, *a, b*, *c* [15].

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти для формули Андреюка Л.В. − Тюленева Г.Г.

Сталь	σ_0, Н/мм^2	Значення коефіцієнтів			
		s	*a*	*b*	*c*
Ст.3кп	77,9	0,885	0,164	0,135	2,80

Визначаємо напруження течії металу:

$$\sigma_5 = 0{,}885 \cdot 77{,}9 \cdot (10 \cdot 0{,}50)^{0{,}164}\, 9{,}39^{0{,}135} \left(\frac{980}{1000}\right)^{-2{,}80} = 128 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_6 = 0{,}885 \cdot 77{,}9 \cdot (10 \cdot 0{,}39)^{0{,}164}\, 19{,}15^{0{,}135} \left(\frac{935}{1000}\right)^{-2{,}80} = 155 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_7 = 0{,}885 \cdot 77{,}9 \cdot (10 \cdot 0{,}33)^{0{,}164}\, 33{,}33^{0{,}135} \left(\frac{905}{1000}\right)^{-2{,}80} = 178 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_8 = 0{,}885 \cdot 77{,}9 \cdot (10 \cdot 0{,}24)^{0{,}164}\, 45{,}32^{0{,}135} \left(\frac{865}{1000}\right)^{-2{,}80} = 199 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_9 = 0{,}885 \cdot 77{,}9 \cdot (10 \cdot 0{,}21)^{0{,}164}\, 62{,}41^{0{,}135} \left(\frac{845}{1000}\right)^{-2{,}80} = 218 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{10} = 0{,}885 \cdot 77{,}9 \cdot (10 \cdot 0{,}11)^{0{,}164}\, 56{,}84^{0{,}135} \left(\frac{800}{1000}\right)^{-2{,}80} = 226 \text{ Н/мм}^2.$$

Розрахунок напруження течії металу по формулі В.І. Зюзіна

Формула В.І. Зюзіна потребує додаткові розрахунки температурних та геометричних параметрів прокатки для визначення напруження течії металу.

Середнє значення температури штаби в осередку деформації:

$$t_{ср} = \frac{1}{3}\left(t_0 + 2t_к\right);$$

$$t_{ср5} = \frac{1}{3}\left(1080 + 2 \cdot 980\right) = 1013\ {}^oC; \qquad t_{ср6} = \frac{1}{3}\left(980 + 2 \cdot 935\right) = 950\ {}^oC;$$

$$t_{ср7} = \frac{1}{3}\left(935 + 2 \cdot 905\right) = 915\ {}^oC; \qquad t_{ср8} = \frac{1}{3}\left(905 + 2 \cdot 865\right) = 878\ {}^oC;$$

$$t_{ср9} = \frac{1}{3}\left(865 + 2 \cdot 845\right) = 852\ {}^oC; \qquad t_{ср10} = \frac{1}{3}\left(845 + 2 \cdot 800\right) = 815\ {}^oC.$$

Середнє значення умовного середнього обтиску:

$$\varepsilon_{ср} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta h}{h_0};$$

$$\varepsilon_{ср5} = \frac{2}{3} \cdot \frac{13{,}38}{27} = 0{,}33; \qquad \varepsilon_{ср6} = \frac{2}{3} \cdot \frac{5{,}29}{13{,}62} = 0{,}26;$$

$$\varepsilon_{ср7} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2{,}72}{8{,}33} = 0{,}22; \qquad \varepsilon_{ср8} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1{,}33}{5{,}61} = 0{,}16;$$

$$\varepsilon_{ср9} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}91}{4{,}28} = 0{,}14; \qquad \varepsilon_{ср10} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}37}{3{,}37} = 0{,}07.$$

Визначаємо значення швидкісного коефіцієнта:

$$k_u = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{u};$$

$$k_{u5} = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{9{,}39} = 1{,}0;$$

$$k_{u5} = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{19{,}15} = 1{,}08;$$

$$k_{u7} = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{33{,}33} = 1{,}18;$$

$$k_{u8} = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{45{,}32} = 1{,}24;$$

$$k_{u9} = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{62{,}41} = 1{,}31;$$

$$k_{u10} = 0{,}8 + 0{,}065\sqrt{56{,}84} = 1{,}29;$$

Середнє значення коефіцієнта зміцнення:

$$k_{\varepsilon\, cp} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{\varepsilon_{cp}}\right);$$

$$k_{\varepsilon\, cp5} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{0{,}33}\right) = 1{,}29;$$

$$k_{\varepsilon\, cp6} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{0{,}26}\right) = 1{,}24;$$

$$k_{\varepsilon\, cp7} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{0{,}22}\right) = 1{,}20;$$

$$k_{\varepsilon\, cp8} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{0{,}16}\right) = 1{,}15;$$

$$k_{\varepsilon\, cp9} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{0{,}14}\right) = 1{,}13;$$

$$k_{\varepsilon\, cp10} = 0{,}82\left(1 + \sqrt{0{,}07}\right) = 1{,}04.$$

Середнє значення температурного коефіцієнта:

$$k_{tcp} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - t_{cp}\right)\sqrt{\frac{1200 - t_{cp}}{t_{cp}}};$$

$$k_{tcp5} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - 1033\right)\sqrt{\frac{1200 - 1033}{1033}} = 0{,}96;$$

$$k_{tcp6} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - 950\right)\sqrt{\frac{1200 - 950}{950}} = 1{,}18;$$

$$k_{tcp7} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - 915\right)\sqrt{\frac{1200 - 915}{915}} = 1{,}32;$$

$$k_{tcp8} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - 878\right)\sqrt{\frac{1200 - 878}{878}} = 1{,}48;$$

$$k_{tcp9} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - 852\right)\sqrt{\frac{1200 - 852}{852}} = 1{,}60;$$

$$k_{tcp10} = 0{,}6 + 0{,}0045 \cdot \left(1200 - 815\right)\sqrt{\frac{1200 - 815}{815}} = 1{,}79.$$

Визначаємо величину напруження течії металу:

$$\sigma_m = \sigma_{T0} \cdot k_u \cdot k_\varepsilon \cdot k_t;$$

Базове значення напруження течії сталі Ст.3кп дорівнює 86 Н/мм^2 [16].

$$\sigma_{m5} = 86 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}29 \cdot 0{,}96 = 107 \text{ Н/мм}^2;$$
$$\sigma_{m6} = 86 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}18 = 136 \text{ Н/мм}^2;$$
$$\sigma_{m7} = 86 \cdot 1{,}18 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}32 = 160 \text{ Н/мм}^2;$$
$$\sigma_{m8} = 86 \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}48 = 180 \text{ Н/мм}^2;$$
$$\sigma_{m9} = 86 \cdot 1{,}31 \cdot 1{,}13 \cdot 1{,}60 = 204 \text{ Н/мм}^2;$$
$$\sigma_{m10} = 86 \cdot 1{,}29 \cdot 1{,}04 \cdot 1{,}79 = 207 \text{ Н/мм}^2.$$

На рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 представлені графічні залежності величини напруження течії металу визначені за формулами В.О. Ніколаєва, Л.В. Андреюка − Г.Г. Тюленева та В.І. Зюзіна.

Результати аналізу показали, що найбільш близькими формулами розрахунку напруження течії металу на початку прокатки в чистовій групі клітей НШСГП 1680 є формули В.О. Ніколаєва та Л.В. Андреюка − Г.Г. Тюленева. Дані формули добре співпадають при невеликому ступені і швидкості деформації. В подальшому при прокатці з збільшенням ступеня і швидкості деформації та зменшення температури штаби найбільш близькими формулами є формули В.О. Ніколаєва і В.І. Зюзіна.

Таким чином встановлено, що формула В.О. Ніколаєва добре працює як при низьких температурно-швидкісних показниках прокатки та і при їх збільшеннях під час прокатки і може бути рекомендована для визначення напруження течії металу при гарячій прокатці.

Аналіз отриманих залежностей дозволив отримані наступні положення. При підвищенні температури збільшується амплітуда теплових коливань

атомів і відповідно всі характеристики міцності, в тому числі і напруження течії металу, знижуються. Збільшення швидкості і ступеня деформації прямо підвищують напруження течії металу. Майже у всіх металів і сплавів напруження течії металу зростає з збільшенням ступеня деформації ε.

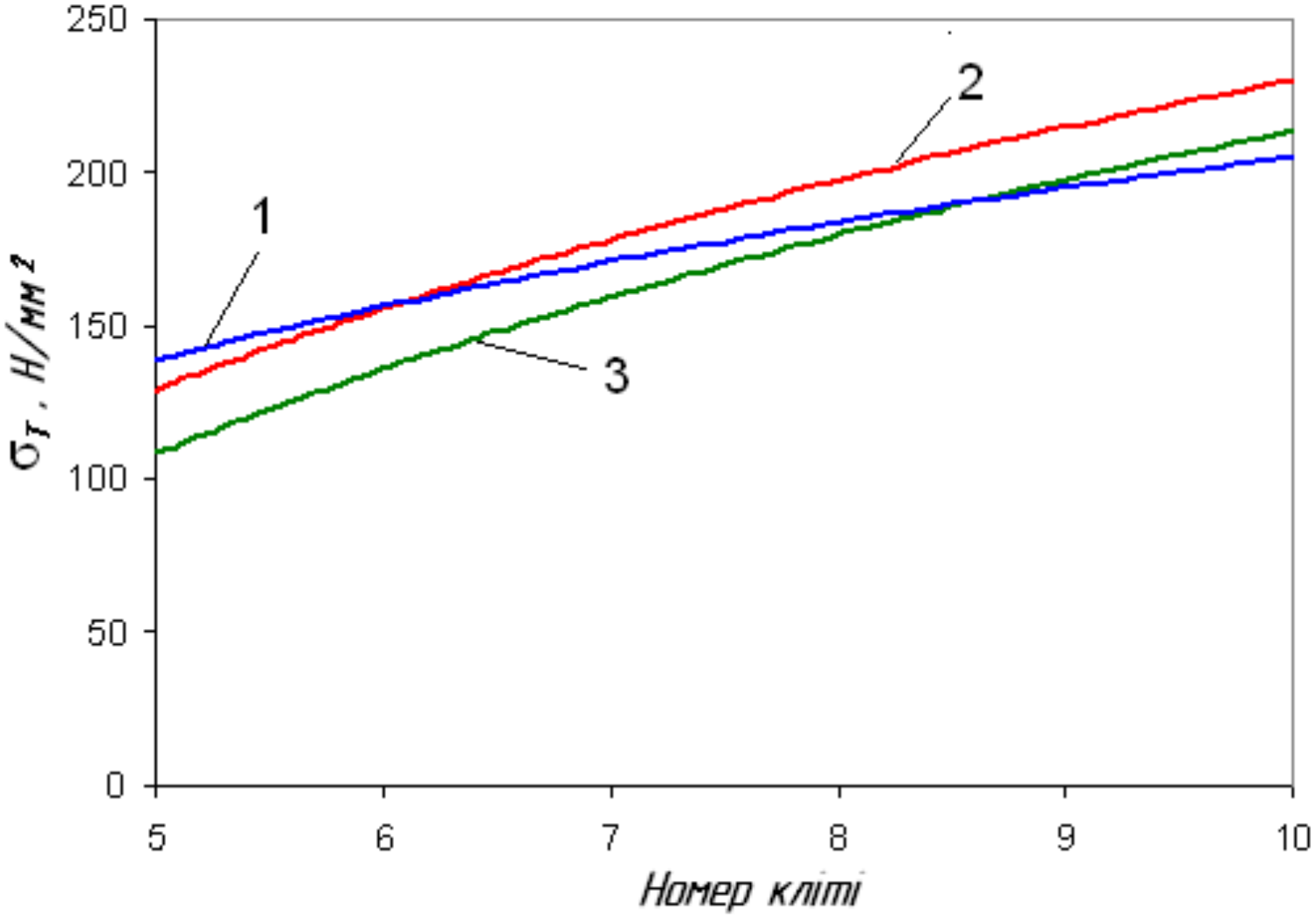


Рисунок 2.1 – Розподіл напруження течії металу по клітям розраховане за теоретичними формулами: 1 – В.О. Ніколаєва; 2 – Л.В. Андреюка – Г.Г. Тюленева; 3 – В.І. Зюзіна.

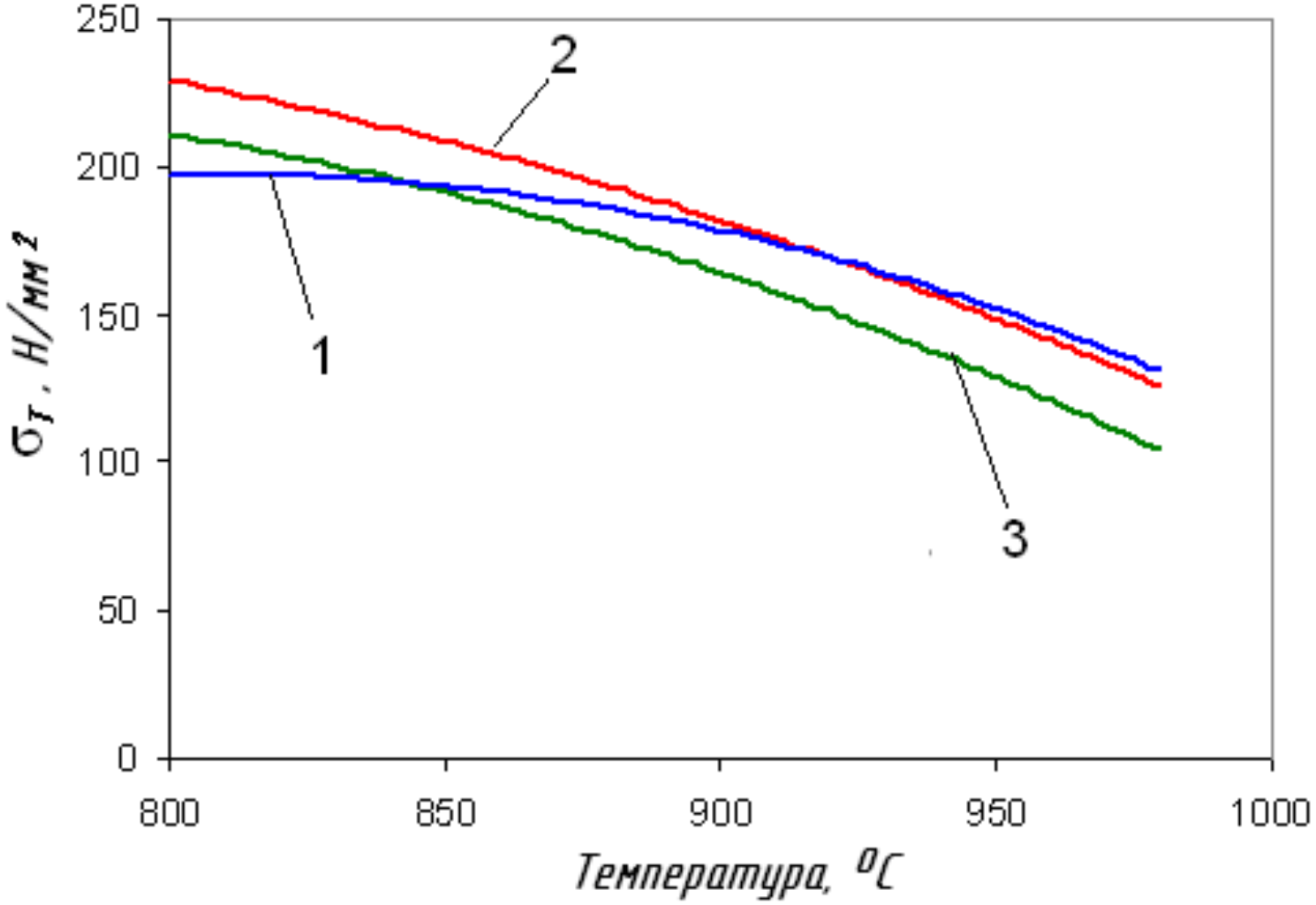


Рисунок 2.2 – Залежність напруження течії металу від температури штаби розрахована за формулами: 1 – В.О. Ніколаєва; 2 – Л.В. Андреюка – Г.Г. Тюленева; 3 – В.І. Зюзіна.

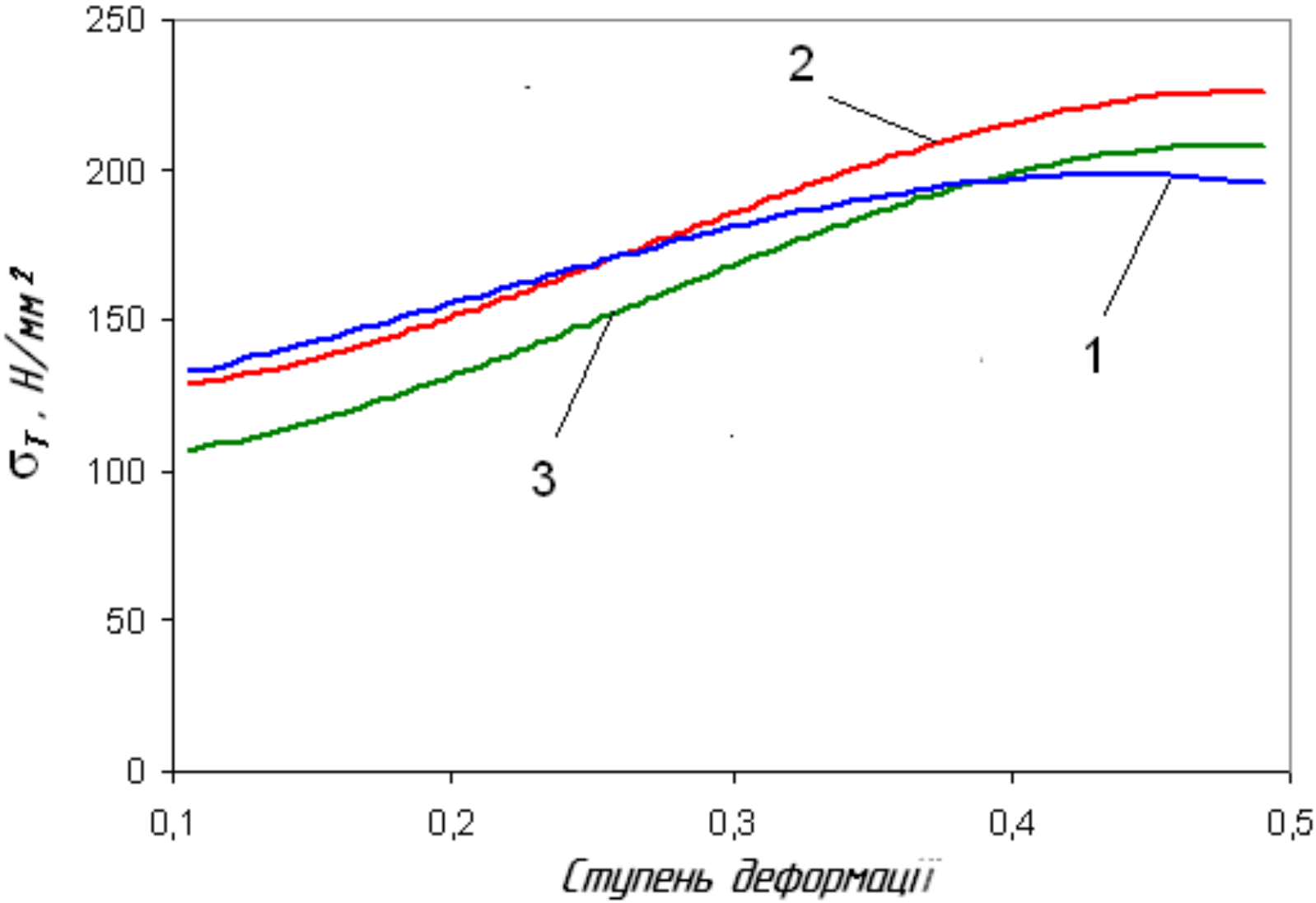


Рисунок 2.3 – Залежність напруження течії металу від ступеня деформації розрахована за теоретичними формулами: 1 – В.О. Ніколаєва; 2 – Л.В. Андреюка – Г.Г. Тюленева; 3 – В.І. Зюзіна.

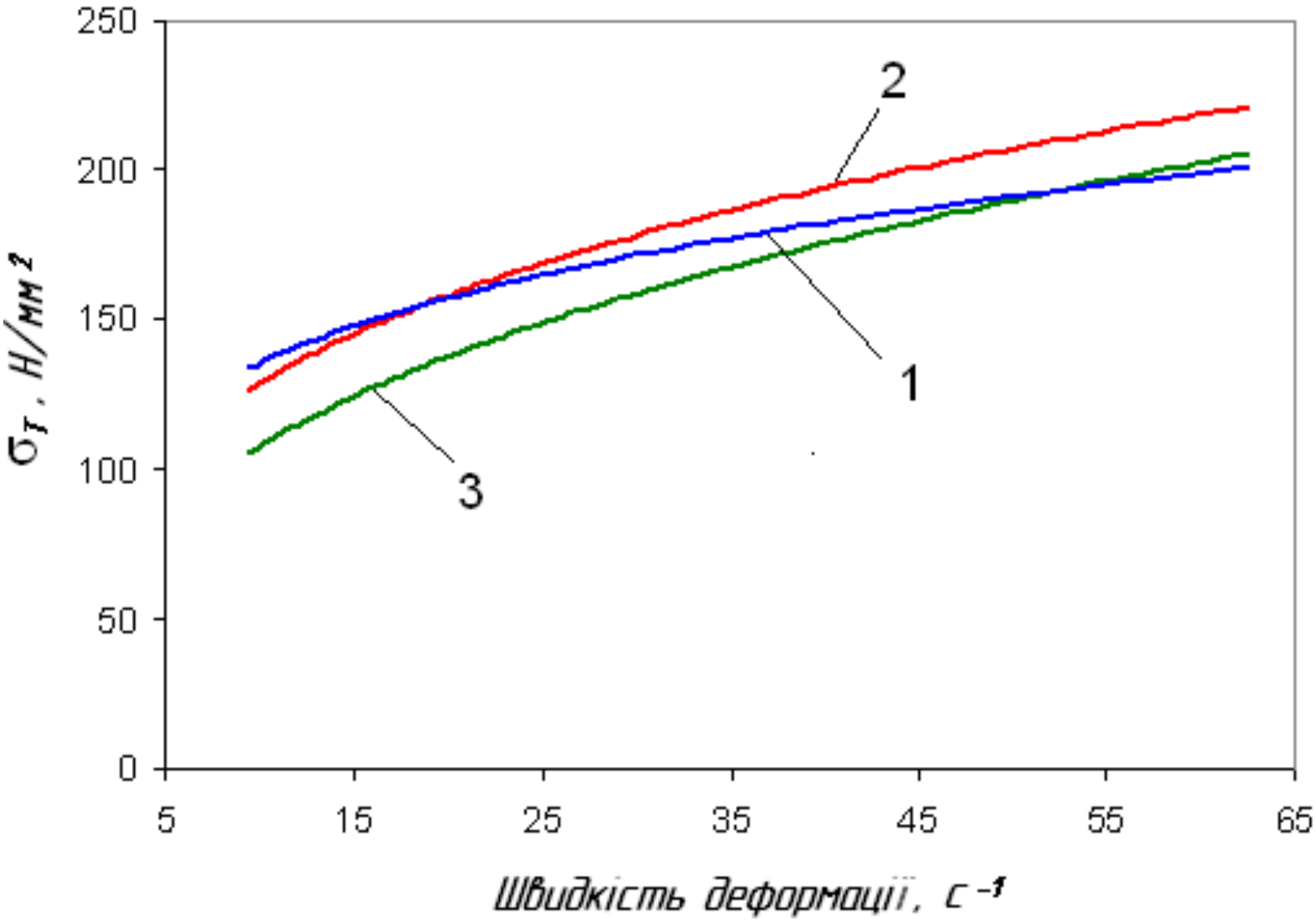


Рисунок 2.4 – Залежність напруження течії металу від швидкості деформації розрахована за теоретичними формулами: 1 – В.О. Ніколаєва; 2 – Л.В. Андреюка – Г.Г. Тюленева; 3 – В.І. Зюзіна.

2.2 Розрахунок середнього контактного тиску при гарячій прокатці

Для порівняння розрахункових значень середнього контактного тиску з врахуванням визначення напруження течії металу за формулою В.О. Ніколаєва з дослідними даними, були використані експериментальні дані дослідження стану НШСГП 1680, виконані М.М. Саф'яном спільно з О.П. Чекмарьовим і В.І. Мелешко в роботі [5]. У зазначеній роботі за допомогою месдоз вимірювали тиск металу на валки клітей чистової групи при прокатці штаб з маловуглецевих і середньовуглецевих сталей. Режим прокатки штаби 3х1400 мм із сталі Ст.3кп представлений в таблиці 1.Для зазначених умов прокатки розраховано середній контактний тиск за формулами О.І. Целікова, С. Екелунда і Ш. Гелеі наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння величини середнього контактного тиску, розрахованого за різними формулами з дослідними даними при дослідженні НШСГП 1680

Номер кліті	Середній контактний тиск, Н/мм^2			
	Формула О.І. Целікова	Формула С. Екелунда	Формула Гелеі	Дослідні дані
5	201	104,8	173,5	139,2
6	263	167,5	255	191
7	323	218,5	296	311,5
8	362,5	262,5	264,5	377
9	412	321,5	229	407,5
10	284	224,5	209	307

В таблиці 2.3 наведені дослідні значення середніх контактних тисків, отриманих діленням повних тисків прокатки на контактну площу з робочими валками. Коефіцієнт зовнішнього тертя визначали за формулою:

$$\mu = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot t\,.$$

Значення напруження течії металу при відповідних температурах і швидкостях взяті за даними Надаї [13]. Середній контактний тиск по всіх формулами розрахований без урахування зплющювання.

Формула О.І. Целікова:

$$p_{ср} = \beta\sigma_{и}n''_{\sigma}(p_{ср}/k),$$

де β = 1…1,15 коефіцієнт, що враховує нерівномірність напруженого стану (коефіцієнт Лоде β = 1 для дуже вузьких штаб; β = 1,15 для широких штаб);

$\sigma_{и} = \varphi(v, l_0, \varepsilon)$ - істинний опір деформації;

v – швидкість деформації;

n''_{σ} – коефіцієнт, що враховує вплив зовнішніх кінців, визначають по графіку;

$(p_{ср}/ k) = \varphi(\delta, \varepsilon)$ – коефіцієнт напруженого стану.

$\delta = 2f = \sqrt{R / \Delta h} \sim 2f/\alpha$;

t – температура металу;

$\varepsilon = \Delta h/H \cdot 100\%$ – ступінь деформації.

Формула С. Екелунда:

$$p_{ср} = (1 + m)\cdot(2k + \eta u),$$

$$m = \frac{1{,}6 f \sqrt{R\Delta h} - 1{,}2\Delta h}{h_0 + h_1};$$

$$2k = 9{,}81\ (14 - 0{,}2t)\cdot(1{,}4 + C + Mn + 0{,}3Cr);$$

$$\eta = 0{,}098\ (14 - 0{,}01t)c;$$

$$u = \frac{2v\sqrt{\Delta h / R}}{h_0 + h_1}.$$

Формула Ш. Гелеі:

$$p_{ср} = k_f \left(1 + Cf \frac{l_d}{h} \sqrt[4]{v}\right),$$

де k_f – опір лінійної деформації;

С – визначається за графіком;

v – окружна швидкість валків, м/с.

Формула В.О. Ніколаєва:

$$p_{ср} = \sigma_ф \left[1 + 0{,}48 f_П \cdot l_d / h_{ср}\right]$$

Формула В.О. Ніколаєва потребує додаткові розрахунки геометричних параметрів осередку деформації для визначення середнього контактного тиску.

Середня товщина штаби:

$$h_{ср} = \frac{h_0 + h_1}{2};$$

$$h_{ср5} = \frac{27 + 13{,}62}{2} = 20{,}31 \text{ мм};$$

$$h_{ср6} = \frac{13{,}62 + 8{,}33}{2} = 9{,}34 \text{ мм};$$

$$h_{ср7} = \frac{8{,}33 + 5{,}61}{2} = 6{,}97 \text{ мм};$$

$$h_{ср8} = \frac{5{,}61 + 4{,}28}{2} = 4{,}95 \text{ мм};$$

$$h_{ср9} = \frac{4{,}28 + 3{,}37}{2} = 3{,}83 \text{ мм};$$

$$h_{ср10} = \frac{3{,}37 + 3}{2} = 3{,}19 \text{ мм}.$$

Коефіцієнт тертя:

$$f = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot t;$$

$$f_5 = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot 980 = 0{,}31;$$

$$f_6 = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot 935 = 0{,}33;$$

$$f_7 = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot 905 = 0{,}33;$$

$$f_8 = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot 865 = 0{,}34;$$

$$f_9 = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot 845 = 0{,}35;$$

$$f_{10} = 0{,}55 - 0{,}00024 \cdot 800 = 0{,}36;$$

Середній контактний тиск:

$$p_{cp5} = 132\left[1 + 0{,}48 \cdot 0{,}31\frac{63{,}9}{20{,}31}\right] = 224\ \text{Н/мм}^2;$$

$$p_{cp6} = 158\left[1 + 0{,}48 \cdot 0{,}33\frac{40{,}2}{9{,}34}\right] = 305\ \text{Н/мм}^2;$$

$$p_{cp7} = 176\left[1 + 0{,}48 \cdot 0{,}33\frac{28{,}8}{6{,}97}\right] = 336\ \text{Н/мм}^2;$$

$$p_{cp8} = 187\left[1 + 0{,}48 \cdot 0{,}34\frac{20{,}1}{4{,}95}\right] = 359\ \text{Н/мм}^2;$$

$$p_{cp9} = 201\left[1 + 0{,}48 \cdot 0{,}35\frac{16{,}7}{3{,}83}\right] = 398\ \text{Н/мм}^2;$$

$$p_{cp10} = 195\left[1 + 0{,}48 \cdot 0{,}36\frac{10{,}6}{3{,}19}\right] = 352\ \text{Н/мм}^2;$$

Результати порівняльного аналізу представлені на рисунку 2.5.

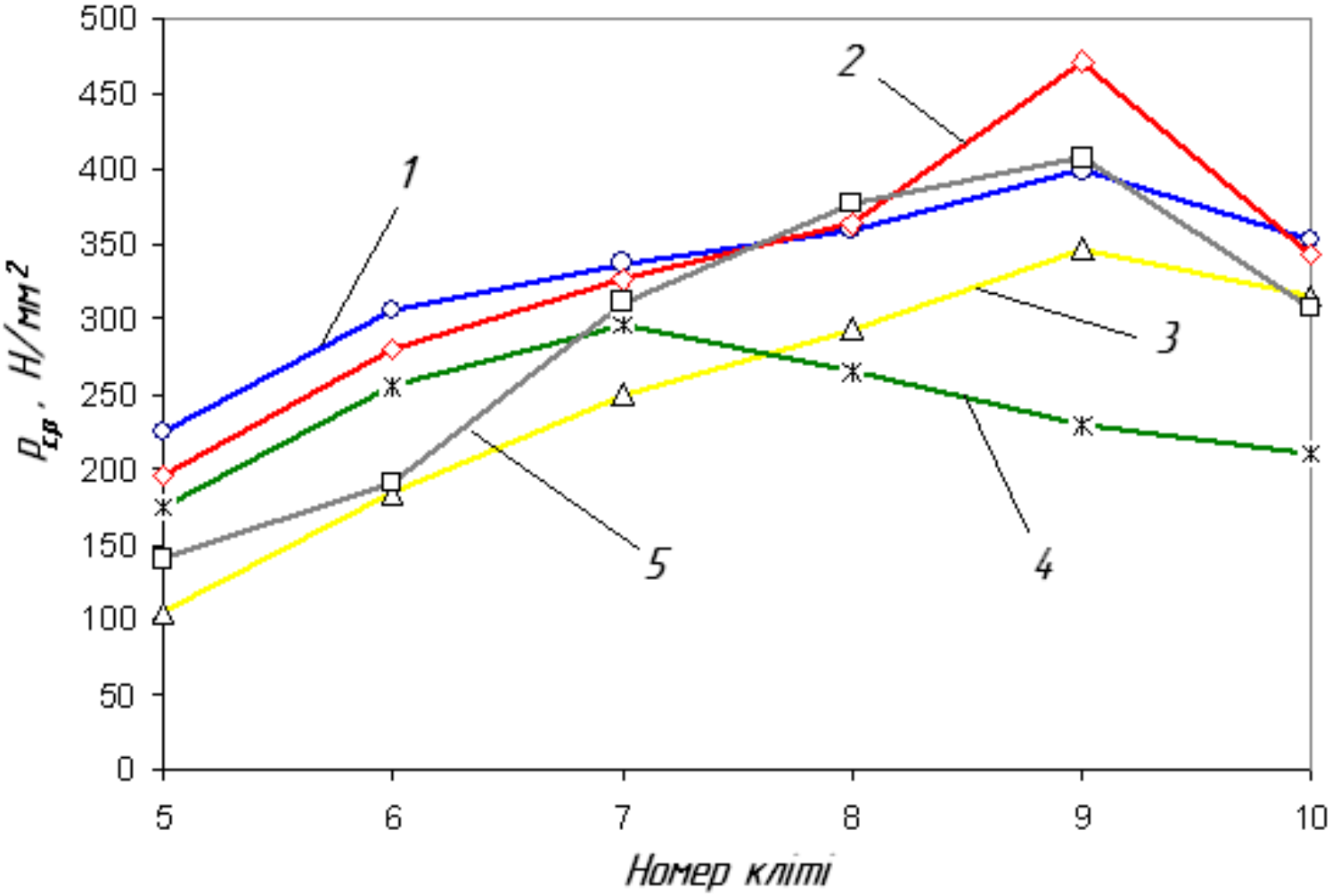


Рисунок 2.5 - Розподіл середнього контактного тиску по клітям розраховане за формулами: 1 – В.О. Ніколаєва; 2 – О.І. Целікова; 3 – С. Екелунда; 4 – Ш. Гелеі; 5 – дослідні дані.

Точність розрахунку середнього контактного тиску по формулах – В.О. Ніколаєва, О.І. Целікова, С. Екелунда та Ш. Гелеі оцінювали відношенням $p_{срі}/p_{сроп}$ ($p_{срі}$ – розрахункове значення середнього контактного тиску по тій або іншій формулі; $p_{сроп}$ – дослідне значення середнього контактного тиску). В результаті аналізу встановлено, що середня величина невідповідності $p_{срі}/p_{сроп}$ (при $p_{срі}/p_{сроп} < >1$) становить по формулах:

В.О. Ніколаєва – 0,95 ÷ 1,21;

О.І. Целікова – 0,96 ÷ 1,34;

С. Екелунда – 0,75 ÷ 1,03;

Ш. Гелеі – 0,56 ÷ 1,34.

На рис. 2.6 представлений порівняльний аналіз відношення $p_{срі}/p_{сроп}$ для різних формул визначення середнього контактного тиску.

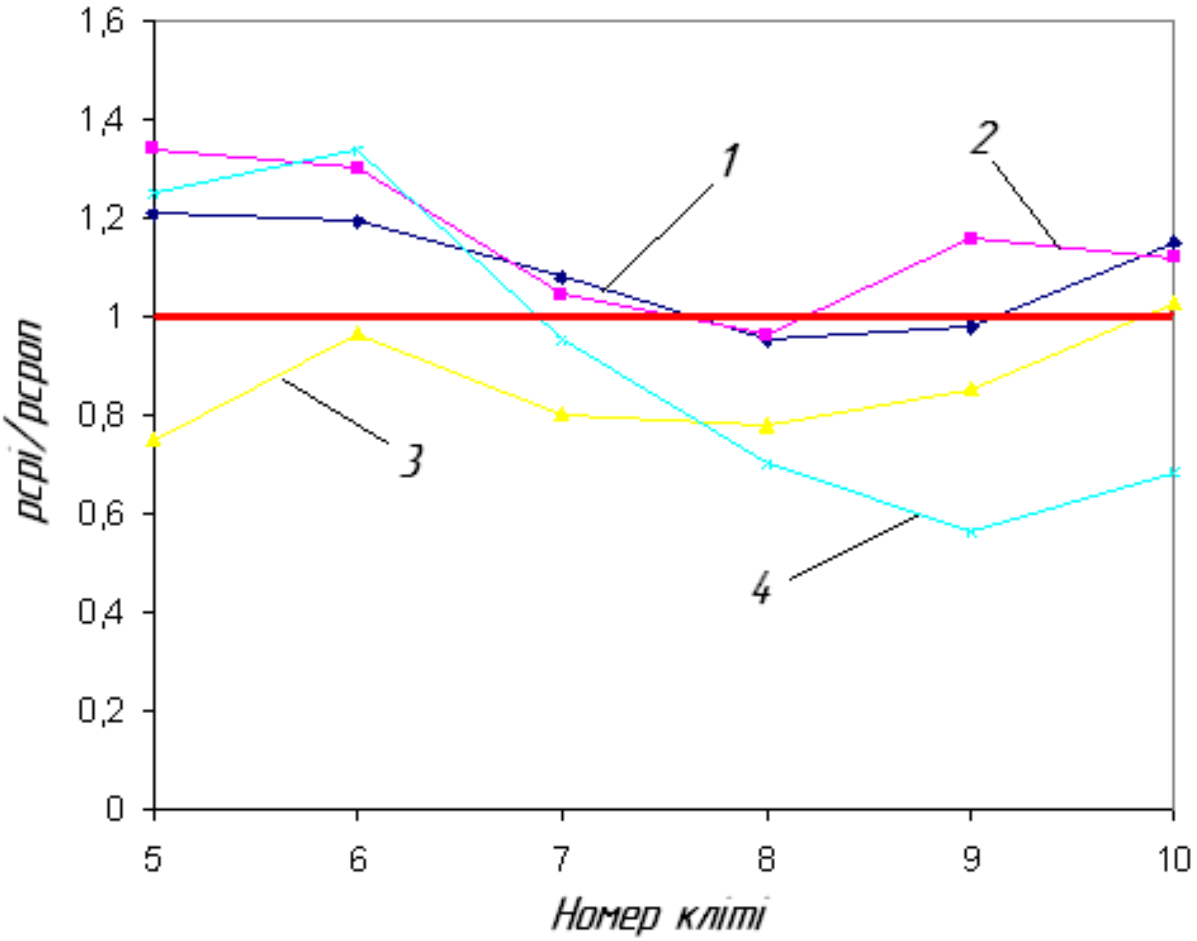


Рисунок 2.6 - Відношення $p_{срі}/p_{сроп}$ для різних формул: 1 – В.О. Ніколаєва; 2 – О.І. Целікова; 3 – С. Екелунда; 4 – Ш. Гелеі;

Менша помилка отримана при розрахунку середнього контактного тиску з використанням розробленої моделі, із застосуванням залежностей визначення напруження течії металу по формулі В.О. Ніколаєва, що забезпечує збіг із дослідними даними в межах 0,95 – 1,21. Це є цілком прийнятним для практичного використання розробленої моделі. Отримана збіжність розрахункових результатів із дослідними пояснюється тим, що дана модель наряду з урахуванням основних факторів, що впливають на напруження течії металу (температури, швидкості та ступеня деформації) ще додатково враховує вплив хімічного складу сталі.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

По отриманим даним режиму деформації та енергосилових параметрів розрахуємо розрахунок питомої витрати електроенергії на стані НШСГП 1680 по формулі:

$$W_{\text{п}} = \frac{\text{M}_{\text{пр}}/h}{3600 \cdot \gamma \cdot R \cdot B}$$

$M_{пр}$ – момент прокатки, МН·м;

γ=7,85

R – радіус валків, м;

B – ширина розкату, м.

Визначаємо питому витрату електроенергії за експериментальними даними:

$$W_{П(5)} = \frac{281 / 0{,}01362}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 2{,}177 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(6)} = \frac{148 / 0{,}00833}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 1{,}876 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(7)} = \frac{125 / 0{,}00561}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 2{,}345 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(8)} = \frac{74 / 0{,}00428}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 1{,}822 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(9)} = \frac{54 / 0{,}00337}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 1{,}700 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(6)} = \frac{17 / 0{,}003}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 0{,}600 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначаємо сумарну питому витрату електроенергії на НШСГП 1680 за експериментальними даними:

$$\sum W_{П} = W_{П(1)} + W_{П(2)} + W_{П(3)} + ... + W_{П(N)}$$

$$\sum W_{П} = 2{,}177 + 1{,}876 + 2{,}345 + 1{,}822 + 1700 + 0{,}600 = 10{,}520 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначаємо питому витрату електроенергії за даними визначення середнього контактного тиску по формулі В.О. Ніколаєва:

$$W_{П(5)} = \frac{453 / 0{,}01362}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 3{,}510 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(6)} = \frac{237 / 0{,}00833}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 2{,}995 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(7)} = \frac{135 / 0{,}00561}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 2{,}533 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(8)} = \frac{70 / 0{,}00428}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 1{,}734 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(9)} = \frac{53 / 0{,}00337}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 1{,}661 \text{ кВт·годин/т;}$$

$$W_{П(6)} = \frac{20 / 0{,}003}{3600 \cdot 7{,}85 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}305} = 0{,}688 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначємо сумарну питому витрату електроенергії на НШСГП 1680 по даним В.О. Ніколаєва:

$$\sum W_{П} = 3{,}510 + 2{,}995 + 2{,}533 + 1{,}734 + 1{,}661 + 0{,}688 = 13{,}121 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначимо різницю між сумарними питомими витратами електроенергії:

$$\sum \Delta W_{П} = \sum W_{П(до)} - \sum W_{П(після)}$$

$$\sum \Delta W_{П} = 13{,}121 - 10{,}520 = 2{,}601 \text{ кВт·годин/т.}$$

Аналогічно розраховуємо сумарну питому витрату електроенергії на НСХП 1680 за формулами О.І. Целікова, С. Екелунда та Ш. Гелеї.

За даними О.І. Целікова:

$$\sum W_{П} = 3{,}066 + 2{,}741 + 2{,}451 + 1{,}751 + 1{,}965 + 0{,}670 = 12{,}644 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначимо різницю між сумарними питомими витратами електроенергії:

$$\sum \Delta W_{П} = 12{,}644 - 10{,}520 = 2{,}124 \text{ кВт·годин/т.}$$

За даними С. Екелунда:

$$\sum W_{П} = 1{,}627 + 1{,}310 + 1{,}375 + 1{,}416 + 1{,}448 + 0{,}615 = 7{,}790 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначимо різницю між сумарними питомими витратами електроенергії:

$$\sum \Delta W_{П} = 10{,}520 - 7{,}790 = 2{,}730 \text{ кВт·годин/т.}$$

За даними Ш. Гелеї:

$$\sum W_{П} = 8{,}877 \text{ кВт·годин/т.}$$

Визначимо різницю між сумарними питомими витратами електроенергії:

$$\sum \Delta W_{\Pi} = 10{,}520 - 7{,}633 = 2{,}887 \text{ кВт·годин/т.}$$

На рис. 3.1 показана порівняльна діаграма сумарних питомих витрат електроенергії розрахована за різними методами визначення середнього контактного тиску.

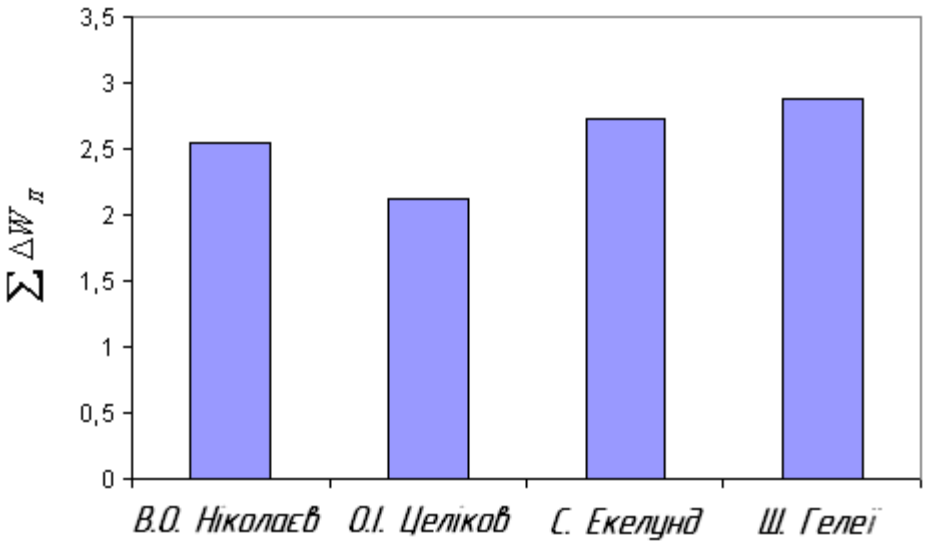


Рисунок 3.1– Порівняльна діаграма сумарних питомих витрат електроенергії розрахована за різними методами визначення середнього контактного тиску.

Таким чином найбільш наближеними формулами з визначення середнього контактного тиск за порівнянням сумарних питомих витрат електроенергії є формули В.О. Ніколаєва та О.І. Целікова.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Охорона праці на ПАТ «Запоріжсталь» регламентується рядом законода вчих та нормативних актів, основне місце займають: Закон України «Про охо рону праці», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»,

«Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», а також «Про забезпечення санітарного й епідемічного благополуччя населення», Кодекс законів про пра цю та підзаконні НПА. На підприємстві функціонує «Положення про систему управління охороною праці», а також впроваджені галузеві нормативи, зокре ма НПАОП 27.1-1.04-09.

Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях має відповідати вимогам закону «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042», затвердженого постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 N 42 (va042282-99) (далі - ДСН 3.3.6.042-99).

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, температура. Ці показники повинні відповідати нормативам згідно ДСН 3.3.6.042-99 для виробничих приміщень, а саме: температура повітря 26 – 28 °С, відносна вологість 75%, швидкість руху повітря не більш 0,6 – 0,5 м/с.

Згідно цим вимогам на дільниці прокатного стану 1200 температура робочої зони влітку підвищена і становить 36 °С. Щоб уникнути перегріву

робітників на ділянці стану треба встановити загальнообмінну витяжну вентиляцію яка забезпечить належну температуру для виробничих приміщень.

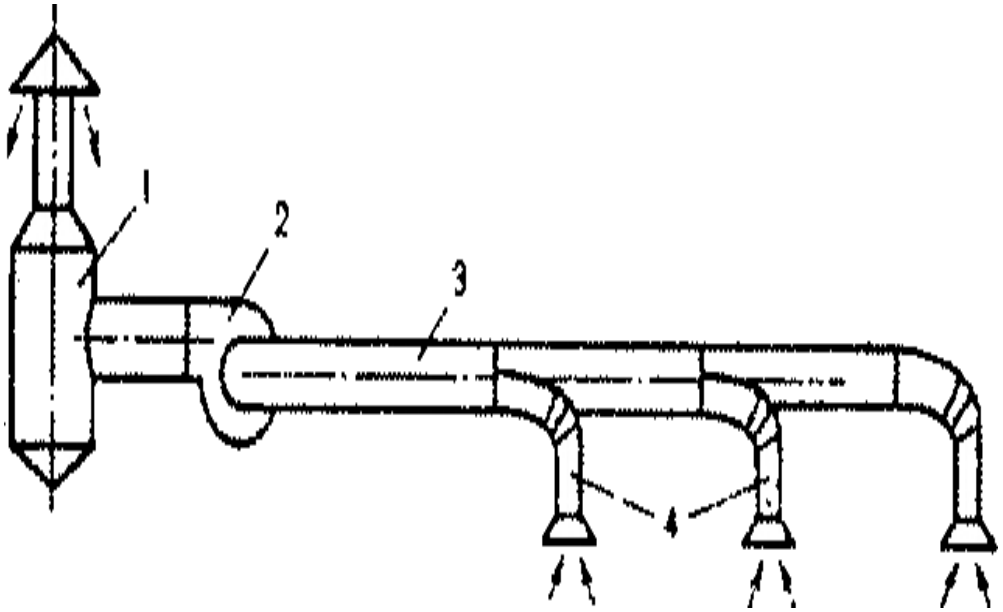
Склад повітря робочої зони

Так як технологічний процес прокатки на реверсивному стані 1200 характеризуються деформацією заготівок у холодному стані, теплове випромінювання незначне. Викиди пилу під час холодної прокатки незначні (4,6 мг/м^3 при нормі 4,0 мг/м^3). Основним виділенням під час прокатки є пари емульсії. Задля зниження цих виділень використовують аерацією і механічну загальнообмінну витяжну вентиляцією

Таблиця 4.1 – Склад повітря на дільниці реверсивного стану 1200

Речовини у складі повітря	Нормативне значення, мг/м^3	Фактичне значення, мг/м$_3$
Ангідрид сірчистий SO_2	10	5,27
Оксид вуглецю CO	20	6,1
Діоксид азоту NO_2	2,0	0,5889
Пил SiO_2	4,0	4,6

Згідно таблиці на дільниці прокатного стану 1200 концентрація шкідливих речовин відповідає нормі, окрім викидів пилу. Для зменшення концентрації пилу у повітрі потрібно встановити витяжну загально-обмінну вентиляцію.



1 - пристрій очистки;

2 - вентилятор;

3 - центральний повітропровід;

4 - допоміжний повітропровід.

Рисунок 4.1 - Схема загальнообмінної витяжної вентиляції

Вона повинна встановлюватися над джерелом забруднення. Повітря після очищення необхідно викидати на висоті не менше ніж 1м над дахом. Забороняється робити викидні отвори безпосередньо на вікнах.

Виробниче освітлення

У технологічному процесі прокатки значну роль відіграє освітлення робочої дільниці прокатного стану. Воно впливає на продуктивність, і тому незадовільне освітлення призводить до зниження продуктивності працівників, ускладнення робіт, а також може призвести до погіршення зору або стати причиною травматизму. Норма освітлення на дільниці прокатного стану повинна становити 300 – 100 лк.

Таблиця 4.2 – Заміри освітлення на дільниці прокатного стану 1200

Найменування	Фактичне значення, лк	Нормативне значення, лк
Передня моталка	89	100
Ланцюговий конвеєр	106	100
Робоча кліть з переднього боку	108	100
Робоча кліть з заднього боку	120	100
Задня моталка	75	100
Скидач рулонів	46	100
Розмотувач	73	100

Згідно даним таблиці незадовільне освітлення має задня частина стану, а саме моталка та скидач рулонів, а також розмотувач. Для досягнення нормальних умов освітлення рекомендую встановити освітлювальні прилади типу ЛД, ЛХД. Для місцевого освітлення рекомендується використати світильники типу «Альфа» й «Бета».

Виробничий шум

Виробничий шум виникає під час виробничого процесу на дільниці стану або на сам перед у цеху. Перевищення виробничого шуму ведуть до зниження працездатності, підвищення ризику виникнення травм і нещасних випадків, і можуть призвести до професійних захворювань.

Шум на дільниці прокатного стану 1200 становить 98 дБ, що перевищує норму 80 дБ. В дипломному проекті пропонується заміна механічного натискного пристрою на гідравлічний, що у свою чергу призведе до зменшення рівня шуму на ділянці. Також для зменшення шуму пропоную

встановити шумоізоляцію двигунів, моталок та розмотувача.

Виробничі вібрації

Вібрація, що впливає на людину, нормується окремо для кожного напрямку відповідно до ДСТУ 12.1.012 - 90. За гігієнічними нормами вібрація, що протягом восьми годин впливає на людину не повинна перевищувати допустимий рівень більш ніж в один раз.

Для ослаблення впливу на людський організм виробних вібрацій на даній дільниці необхідно віброізолювати обладнання від підлоги за допомогою пружних спеціальних матеріалів, нове обладнання, яке утворює вібрацію, рекомендується встановлювати на самостійних фундаментах або на амортизаторах зі сталевих пружин.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці, пожежної та техногенної безпеки

Заходи з поліпшення умов праці

На підставі «Правил охорони праці в прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу» (НПАОП 27.1-1.04-09) здійснюється розробка заходів щодо безпечного ведення робіт. До складу реверсивного стану 1200 входить устаткування, робота вузлів якого зумовлює наявність небезпечних факторів. Реверсивній стан 1200 у своєму складі має допоміжне устаткування: ланцюговий конвеєр, підйомний стіл, розмотувач та інші обертові механізми. Імовірність контакту з обертовим обладнанням може викликати попадання в небезпечну зону прокатного стану, що в свою чергу призведе до забоїв, важких механічних травм і в особливо важких випадках, смерті людини.

Для захисту від попадання працівників в небезпечну зону прокатного стану, повинні бути виконані такі вимоги, як встановлення захисних кожу-

хів, використання запобіжних плакатів, наявність блокувальних пристроїв, використання засобів сигналізації, що попереджають про пуск обладнання. При розмотуванні штаби та для заправлення її в змотувач використовується ручна праця, операція досить травмонебезпечна. Щоб уникнути травм, штабу необхідно заправляти в змотувач тільки на заправній швидкості та із застосуванням засобів індивідуального захисту рукавиць.

Після перевалки валків прокатного стану на підлозі залишаються залишки мастила, що у свою чергу може призвести до виникнення травмонебезпечних ситуацій для робочих, що обслуговують прокатний стан. Для того щоб уникнути травмонебезпечних ситуацій, необхідно, робити прибирання біля стану після кожної перевалки.

Під час технологічного процесу прокатки на стані для охолодження валків та зменшення коефіцієнта тертя використовують розчин емульсії, який може попасти на підлогу, що у свою чергу може призвести до виник- нення травмонебезпечних ситуацій для робочих, що обслуговують прокатний стан. Для того, щоб уникнути травмонебезпечних ситуацій, необхідно, робити прибирання біля стана з використанням дерев'яної стружки.

До складу реверсивного стану 1200 входить електроустаткування, що характеризується великою напругою (380В). Задля уникнення поразки струмом експлуатація електроустаткування повинна відповідати «Правилам будови електроустановок» (ПБЕ).

4.3 Пожежна та техногенна безпека, системи запобігання

Запобігання пожежі повинне досягатися наступними мірами:

1) запобіганням утворення горючого середовища;

2) запобіганням утворення в горючому середовищі (чи внесення в ньо- го) джерел запалювання;

Запобігання утворення горючого середовища досягається за допомогою

Застосування герметичного виробничого устаткування, заміною в технологічному процесі горючих матеріалів на негорючі, застосуванням робочої й аварійної вентиляції, відводом горючого середовища в спеціальні пристрої й безпечні місця.

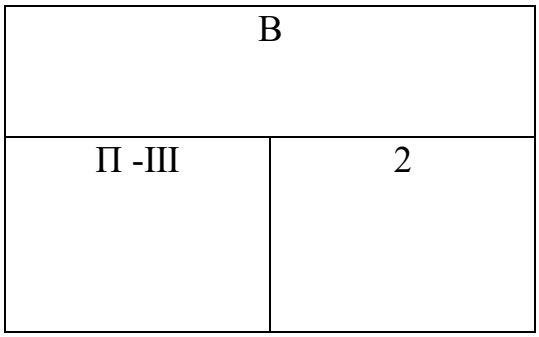


Рисунок 4.2 – Знак пожежної безпеки

Запобігання утворення в горючому середовищі джерела запалювання у свою чергу досягається за допомогою використання устаткування й пристроїв, при яких не виникає джерел запалювання, застосуванням устаткування відповідно до класу пожежовибухонебезпеч ності приміщень і зон.

З метою попередження виникнення пожежі треба:

- систематично підтримувати чистоту;
- не допускати засмічення робочих місць;
- тримати в справному стані механічне устаткування;
- не допускати розведення вогню й утворення іскор там, де зберігаються горюче-мастильні матеріали.

Не можна допускати скупчення або недбале зберігання навіть на не-тривалий час горючих матеріалів, дощок, ганчірок, стружки, мастил.

Стежити за тим, щоб поблизу пожежонебезпечних місць не виникало іскор, у випадку їхньої появи негайно застосовувати заходи для їхнього усунення. Пожежний інвентар повинен завжди бути готовим до застосування, використовувати в якихось інших цілях пожежний інвентар, строго забороняється.

Також забороняється:

- застосування ГР і ЛЗР без наявності дозволу від пожежної команди;
- звалювати сміття, залишки мастильних й обтиральних матеріалів у місцях не відведених для цього;
- перевантажувати електропроводку й користуватися не справними електричними приладами;
- проводити пожежонебезпечні роботи без наявності дозволу від пожежної охорони;
- проводити пожежонебезпечні роботи, не маючи для цього відповідної кваліфікації.

При виявленні витоку газу необхідно відразу ж повідомити в заводську газову службу, всі виявлені місця витоку повинні бути ущільнені й витік повинен бути ліквідований.

Прокатне виробництво, як важка промисловість супроводжується значними викидами шкідливих речовин не тільки в атмосферу, а й у гідросферу. Для того, щоб уникнути цього ставлять очисні фільтри на відвідні системи.

При холодній прокатці відбувається потрапляння емульсії та невеликих часток металу до води. Шкідливими є також пари емульсії, які містять у собі шкідливі речовини, що можуть викликати подразнення.

Висновки до розділу

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуто основні заходи щодо забезпечення безпеки працівників на реверсивному стані. а також дії при аварійних ситуаціях. Запропоновано заходи щодо підвищення безпеки за рахунок модернізації систем

• ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано виробництво гарячекатаних штаб на неперервному стані гарячого прокатування 1680. На даний момент на ринку чорних металів є великий попит на листову і рулонну сталь з високою точністю прокату і високою чистотою поверхні, а також на рулони з масою до 16 тонн і більш.

2.Перехід на «транзитне» прокатування створило передумови для прямого прокатування слябів завдовжки 10-12 метрів і масою до 16 тонн. Для цього була модернізована чорнова група клітей стану тонколистового «1680» з перекладом електроприводу із змінного струму на постійний і організоване неперервне прокатування слябів в підгрупах чорнових клітей.

3. В розрахунковій частині роботи були проведено розрахунок напруження течії металу та середній контактний тиск при гарячій прокатці штаби 3,0х1100 мм зі сталі Ст.3кп. Напруження течії металу розраховували по величині вуглецевого еквіваленту з роботи Ніколаєва В.О., в залежності від швидкості деформації та групи марки сталі., також по формулі Андреюка Л.В. − Тюленева Г.Г. , та по формулі В.І. Зюзінаю. При розрахунку середнього контактного тиску меньша помилка була отримана , із застосуванням залежностей визначення напруження течії металу по формулі В.О. Ніколаєва, що забезпечує збіг із дослідними даними в межах 0,95 – 1,21.

4. Розглянуті питання охорони праці. У цеху найшкідливішим і небезпечним вважається шум, вібрація, запорошена і загазованість. Складена карта умов праці. Запропоновані заходи по зниженню впливу шкідливих чинників виробничого процесу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Василев, Я. Д, Мінаєв О. А Теорія поздовжньої прокатки. *Підручник*. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.

2. Ніколаєв, В.О. Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 320 с.

3. Ніколаєв В. О. Мазур В. Л. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя : ЗДІА 2010. 320 с.

4. Ніколаєв В. А. Холодна прокатка штаб. Запоріжжя : ЗНТУ 2011. 126 с.

5. Николаев, В.А. Горяча прокатка листів и штаб. Запорожье : ЗДІА, 2013. 169 с.

5. Васильєв Я. Д. Саф'ян А. М. Виробництво штабової та листової сталі. Київ : Вища школа 1976. 192 с.

6. Мазур В. Л. Саф'ян А. М. Приходько І. Ю. та ін. Управління якістю тонколистового прокату. Київ : Техніка 1997. 384 с.

7. Клименко, П.Л. Зміцнення сталі та кольорових металів при холодній та гарячій деформації. Дніпропетровськ: Пороги, 2011. 187 с. ISBN 978-617-518-133-1.

8. Cook, P.M. The real curves, stress rate of deformation for the steels by reduction. *The Institution of Mechanion Engineer*. 1957. P. 75-77.

9. Laasraoui A. Jonas J. Prediction of steel flow stresses at high temperature and strain ratesi. Metall. Trans. A, 1991. No. 22. P. 1545-1558.

10. Moreira, A., Junior J., Balancin O. Prediction of Steel Flow Stresses under Hot Working Conditions . *Materials Research*, 2005. Vol. 8, No. 3. P. 309-315.

11. Скороходов В. М. Настич В. П. Чернов П. П. та ін. Досвід застосування опорних валків зі спіральними канавками на стані 1400 холодної прокатки. Виробництво прокату. 1999. № 10. С. 50–54.

12. Абракітов В. Є. Охорона праці в галузі та цивільний захист. Конспект лекцій для студентів 1 5 курсу усіх форм навчання. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова 2020. 105 с.

13 Манідіна Є. А. Охорона праці та техногенна безпека Метод. вказівки до виконання розділу диплом. робіт проєктів для студентів. Запоріжжя : ЗДІА 2012. 32 с.