Міністерство освіти та науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему: Дослідження технологічного процесу та обладнання для деформації блюмів

Виконав: магістрант групи 8.1333

Білецький Вадим Романович
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

-
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Металургійне обладнання
(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2024 рік

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання .

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

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування .
(шифр і назва)

Спеціалізація .
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Металургійне обладнання
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.О. Власов

_____

“____”_____2024 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Білецький Вадим Романович
(прізвище, ім’я, по батькові)

Тема магістерської роботи: Дослідження технологічного процесу та обладнання для деформації блюмів .

керівник магістерської роботи доц., к.т.н. Таратута К.В. .

затверджена наказом вищого навчального закладу від 28.02. 2024 року

№ 359 – с.

1. Термін подання студентом роботи 30.11.2024 року.
2. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники деформації блюмів .
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

   1. Огляд обладнання та технологічний процес виробництва блюмів. 2. Розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей головної лінії прокатного стана. 3. Дослідження навантажень та ресурсу валків прокатного стана. 4. Охорона праці та техногенна безпеки. Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Креслення загального виду – 1шт ; 2. Складальні креслення -2 шт; 3. Деталювання – 2шт; 4. Креслення та плакати дослідницької частини –1 шт.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата Завдання прийняв
1	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
2	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
3	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
4	Таратута К.В., к.т.н., доцент	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітка
1	Збір матеріалу на проектування	01.04.2024 – 01.05.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	01.05.2024 – 01.07.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	01.09.2024 – 15.10.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	15.10.2024 – 01.11.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	01.11.2024 – 20.11.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	20.11.2024 – 27.11.2024	
7	Попередній захист проекту	28.11.2024	
8	Переплітання роботи	30.11.2024	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____ В.Р. Білецький
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи _____ К.В. Таратута
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Білецький В.Р. Дослідження технологічного процесу та обладнання для деформації блюмів.

Випускна кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник: доц., к.т.н. К.В. Таратута. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра металургійного обладнання, 2024.

В роботі проведено огляд і аналіз науково-технічних рішень підвищення навантажувальної здатності каліброваних валків. Проведено розрахунки навантажень, що діють на привод валків. Досліджено навантаження та ресурс валків. Запропоновано шляхи збільшення їх ресурсу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРОКАТНИЙ СТАН, ВАЛОК, МОДЕЛЮВАННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ

ABSTRACT

Biletskyi V. R. Research of Technological Process and Equipment for Deformation of Blooms.

Final qualification work for obtaining a higher education degree of master in specialty 133 – Industrial mechanical engineering, scientific supervisor: associate professor, candidate of technical sciences K.V. Taratuta. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny. Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The work reviews and analyzes scientific and technical solutions for increasing the load capacity of calibrated rolls. Calculations of loads acting on the roll drive are carried out. The load and resource of rolls are studied. Ways to increase their resource are proposed.

KEYWORDS: ROLLING MILL, ROLL, MODELING, DURABILITY

ЗМІСТ

ВСТУП 5

1. Огляд обладнання та технологічний процес виробництва блюмів 7

1.1. Технологія прокатки металу на прокатному стані “Блюмінг” та його основне обладнання 7

1.2. Аналіз конструкцій прокатних валків та особливості їх застосування на обтискних станах 24

1.3 Калібрування прокатних валків 29

1.4 Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційної стійкості та довговічності валків 32

2. Розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей головної лінії прокатного стана 40

2.1 Розрахунок параметрів прокатки 40

2.2 Оцінка навантажувальної здатності валків за критерієм завантаження 52

3 Дослідження навантажень та ресурсу валків прокатного стана 59

3.1 Дослідження валків з різними схемами розташування калібрів 59

4. Охорона праці та техногенна безпека 74

ВИСНОВКИ 87

ЛІТЕРАТУРА 88

ДОДАТКИ 91

ВСТУП

Актуальність теми.

В ході проведення досліджень технологічного процесу та обладнання для деформації блюмів виявлено, що прокатні валки мають низький ресурс та злами. Наявність калібрів на прокатних валках призводять до додаткових концентраторів напруження.

Велика значення для збільшення ресурсу валків відіграє розташування калібрів. Також слід враховувати режими прокатки та завантаження кожного калібра.

В зв'язку з цим актуальними стають питання дослідження навантажувальної здатності сортопрокатних валків, як основного елементу прокатного стана.

Мета та завдання дослідження. Дослідження навантажень та розробка заходів зі збільшення ресурсу сортопрокатних валків.

Для досягнення поставленої у роботі мети визначені такі завдання дослідження:

- огляд і аналіз обладнання та технологічний процес виробництва блюмів;

- визначення основних навантажень та їх допустимих значень що діють на прокатні валки;

- розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей головної лінії прокатного стана за критерієм завантаження;

- дослідження валків з різними схемами розташування калібрів.

Об'єкт дослідження – сортопрокатні валки

Предмет дослідження – можливість збільшення ресурсу роботи прокатних валків.

Методи дослідження включають комп'ютерне моделювання навантажень, що діють на прокатні валки, обробку результатів досліджень з застосуванням елементів математичної статистики.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені дослідження дають змогу у комплексі розв'язувати проблему збільшення ресурсу сортопрокатних валків

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися на VIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2024» (Херсон-Хмельницький, ХНТУ, 2024 р.). Опубліковано тези доповіді на тему: «Моделювання температурного поля каліброваних валків прокатних станів».

Структура та обсяг роботи. Магістерська випускна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи становить 98 сторінок, 12 таблиці, 19 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. Огляд обладнання та технологічний процес виробництва блюмів

1.1 Технологія прокатки металу на прокатному стані “Блюмінг” та його основне обладнання

Обтискні прокатні стани призначені для виробництва крупних квадратних або пласких заготівок. До обтискних прокатних станів відносяться блюмінги та слябінги. Заготівки квадратного або близького до нього перерізу, що прокатуються на блюмінгах, називаються блюмами. Блюми використовують для подальшого перероблення в товарну продукцію на різних сортових і інших спеціальних станах.

Найбільший переріз блюмів 450х450 мм, найменший 140х140 мм. В основному ці блюми застосовують в якості початкового матеріалу на великоваговосортових станах для прокатки великих профілів сортової сталі і на заготівельних станах для прокатки заготовок необхідних розмірів. Найбільше поширення серед обтискних станів для прокатки блюмів і слябів отримали одноклітьові двовалкові реверсивні блюмінги. У залежності від діаметра ці блюмінги умовно можна розділити на три групи: великі з валками діаметром 1200 - 1500 мм, середні з валками діаметром 1050 - 1150 мм і малі з валками діаметром 850 - 1000 мм. [1]

В Україні блюмінги встановлені на таких металургійних підприємствах: Дніпровському металургійному комбінаті (м. Кропивницький); АрселорМіттал Кривий Ріг (м. Кривий Ріг); "Дніпроспецсталь" (м. Запоріжжя); Макіївському металургійному комбінаті; Єнакіївському металургійному заводі; "Азовсталі" (м. Маріуполь); Алчевському металургійному комбінаті.

Технічний прогрес виробництва блюмів починається з нагріву зливка в нагрівальних колодязях. На колодязі зливки поступають в гарячому стані зі сталеплавильних цехів або в холодному зі складу зливків. Для забезпечення високої продуктивності блюмінгу температура гарячих зливків перед

посадкою їх в колодязі має бути як можна вище. В залежності від марок сталі температура гарячих зливків забезпечується в межах 770-875°С. Час нагріву гарячих зливків з вказаною температурою майже в два рази менше, ніж нагрів холодних зливків, в той же час витрати палева зменшується в три рази. В головний проліт нагрівальних колодязів зливків киплячої сталі всаду (t = 550°С і вище) поступають зі стрепперного відділення без виливниці, зливки спокійної сталі без прибуткових надставок. В стрепперному відділенні ці зливки попередньо відривають від виливниць спеціальними стрепперами кранами, потім з споруді нагрівальних колодязів виймають з виливниць кліщовими кранами. Зливки холодного всаду (t нижче 550°С) попадають в проліт нагрівальних колодязів на залізничних візках.

Зливки з киплячої сталі від виливниць звільняються в стріпперному відділенні. Посадка зливків в нагрівальні колодязі здійснюється кліщовими кранами вантажопідйомністю 10т. Температура видачі зливків в прокатку складає 1240–1270°С. З перших двох груп нагрівальних колодязів нагріті зливки укладають кліщовими кранами безпосередньо на першу секцію приймального рольгангу, з інших груп підвозять зливковозами до третьої секції приймального рольгангу. На полі рольгангу зі зливковому зливки зіштовхують штовхачем зливків. Зливковози переміщуються по замкнутому коловому шляху. В роботі постійно знаходяться чотири зливковози. На один зливковоз укладаються в горизонтальному положенні по два зливки. Зливковози переміщуються по заданій програмі на визначеній відстані один від одного. При повному коловому циклі кожний зі зливковозів один раз зупиняються у відповідній секції під завантаження зливками і другий раз – у третій секції приймального рольгангу для подачі зливків в прокатку. Зливки з киплячих і спокійних марок сталей подаються на стан головної частини вперед (боком з меншим поперечним перетином), зливки спокійної сталі – донною частиною вперед. Такий порядок подачі зливків в прокатку забезпечується при укладанні зливків на платформи зливковозних візків

кліщовими кранами. До прокатки допускаються зливки, які достатньо і рівномірно нагріті по всьому об’єму.

На станах приймається двохзливкова (спарена) прокатка для зливків масою 10т. або однозливкова прокатка. При цьому прокатка ведеться таким чином, щоб між першим і другим зливком був мінімальний проміжок. Захват другого зливка виконується на оборотах, які забезпечують надійний захват без пробуксовки і різких ударів. Кантівка розкатів виконується також одночасно. Якщо довжина розкатів така, що одночасна кантівка неможлива, то подальша прокатка ведеться з роздільною кантівкою розкатів. Після прокату в кліті блюмінга частина зливку проходить зачистку на машині вогневої зачистки. Потім блюми рольгангами подаються до ножиць з зусиллям різання 10МН, для обрізки передньої і задньої дефектних частин. Порізка ведеться на ексцентрикових ножицях з нижнім різом. Температура розрізаємого розкату має бути не нижче 1000°С. Розкроювання розкатів здійснюється за допомогою пересувного упору і розрізаючи лінійок. Обрізь прибирають конвеєром зі швидкістю переміщення 6м/хв. Блюми, які не поступають на трубозаготівельний стан 900/750 для подальшого прокатування, клеймуються в торець клеймувальною машиною, яка установлена за ножицями гарячого різання і прибираються передаточними пристроями в скрапний політ. На кожному товарному блюмі (слябі) ставлять номер плавки і марку сталі. Готова продукція і підкати, які поступають на склад, передаються з рольгангу на транспортері двома штовхачами. Максимальне зусилля штовхачів 40кН. Зі транспортерів метал поступає на штабелюючий пристрій, з якого його прибирають за допомогою кранів на закритий склад. Проліт стану обслуговується двома кранами вантажопідйомністю 75/20 та 40/10т., прольоти складу – кранами з лапами. Технологічний процес прокатки неминуче супроводжуються втратами металу у вигляді відходів виробництва, до яких відносяться: окалина, крупний скрап, обрізь та ін. Якщо ці відходи виробництва постійно не видаляються з технологічної лінії, то це приводить до затриманню на

окремих дільницях цеху і до його повної зупинки. В зв'язку з цим, окрім машин і агрегатів, які безпосередньо обслуговують основний технологічний процес прокатки, майже всі лінії прокатки установлюють допоміжні машини і пристрої, єдине призначення яких – видалення відходів з технологічної лінії. В обтискному цеху прибирання окалини з-під обладнання технологічної лінії – гідравлічна зі збиранням окалини разом з водою по спеціальним жолобам попадає у відстійну яму, розташовану в скрапному прольоті. З відстійної ями окалина прибирається періодично працюючим ковшем в залізничні вагони.

Розглянемо обладнання блюмінгу розташованого на ПАТ «Дніпроспецсталь». Прокатний стан "Блюмінг" складається з двох лінійно розтошованих клітей – обтискної і заготівельної. Стан працює на зливках гарячого та холодного посаду, з вуглецевих і легованих марок сталей з масою до 4,5 тон і розмірами, вказаними в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Розміри зливків

Номінальна маса, т	Верхній перетин, м	Нижній перетин, м	Середній перетин, м	Висота (без прибутку), м
1	2	3	4	5
2,75	0,550 · 0,550	0,450 · 0,450		1,365
3,3 – 3,5	0,597 ·0,597	0,480 · 0,480		1,525
3,65	0,610 · 0,610	0,480 · 0,480		1,640
злиток ОВД (по виливниці)				
3,5	0,500	0,500		2,600
5,75	0,630	0,630		2,600
1,5	0,325 · 0,325	0,370 · 0,370	кв.0,350	1,960
2,2	0,380 · 0,380	0,440 · 0,440	кв.0,415	2,096
3,9	0,480 · 0,480	0,540 · 0,540	кв.0,500	2,450
3,9	0,550 · 0,550	0,590 · 0,590	кв.0,565	2,100
злиток ВДП та ЕШП				

Сортамент прокатного стана - квадрати зі стороною 100-210мм, електроди для ЕШП - квадрати зі стороною 240мм, кола діаметром 130-190мм з легованих і високолегованих марок сталей спеціального призначення, які потребують особливого режиму нагріву, прокатки та додаткової обробки готової продукції та заготовки. Стан працює на зливках гарячого та холодного посаду. Посадка злитків в нагрівальні колодязі проводиться після перевірки супровідних документів і дозволу контролера ВТК. Перед посадкою злитків гарячого посаду контролер ВТК спільно з нагрівальником визначають температуру їхньої поверхні.

Особливості технологічного процесу виробництва на прокатному стані «1050» ПАТ «Дніпроспецсталь».

Посадка злитків сталі, що вимагають за інструкцією остужування осередків до 700 - 800 °С, проводиться незалежно від показаників потенціометра, за часом остужування. При цьому тривалість охолодження осередку до заданої температури повинна вироблятися зі швидкістю 10°С/хв.

Нагрівання злитків проводиться відповідно до режимів наведених у технологічній інструкції. Допускається відхилення температур +10°С, -20°С. Режими нагріву поширюються на зливки, які мають температуру поверхні при посадці 750 ° С і вище, для зливків з температурою поверхні 500°С і нижче застосовуються режими нагріву холодного посаду.

Для всіх груп температура осередку на початку посадки не повинна перевищувати температуру саджаемогомо першим злитку більш ніж на 300°С.

Після посадки проводиться витримка злитків без подачі газу не менше ніж 30 хв - при температурі саджаемого останнім злитку 500 - 600°С, і 15 хв - при температурі саджаемого останнім злитку 660 - 745°С.

При посадці в клітину злитків сталей різних груп нагрів ведеться по режиму для сталі, що має більш повільний підйом температури, більш низьку температуру і меншу тривалість томління. Після видачі цих злитків проводиться нагрів інших злитків, з максимальною швидкістю до заданої температури. Витримка злитків при температурі томління - 30 хв.

Першими з осередку видаються приставні злитки, решта видаються в суворій відповідності зі схемою посадки.

Видача з колодязів нагрітих злитків, що йдуть для прокатки на сорт, повинна виробляється плоскими кернами. Винятки можуть становити сталі, які прокочується на сорт з припуском під обдирання.

Видача злитків проводиться рівномірно, з таким розрахунком, щоб вони не затримувалися перед станом. Кліщовим краном злиток опускається в слітковоз, який транспортує злиток від нагрівальних колодязів до приймального рольганга і укладає злиток на рольганг. Приймальний рольганг, що складається з 10 секцій, подає метал на поворотний стіл. Поворотний стіл призначений для повороту злитків на 1800 в горизонтальній площині та спрямування злитків в кліть донною частиною. Надалі злиток за допомогою транспортного рольгангу передається на ділянку робочих клітей. На ділянці робочих клітей злиток направляється на підвідний рольганг, який, будучи продовженням робочого рольгангу, передає злиток на робочий рольганг. Безпосередньо в кліть злиток (розкат) задається за допомогою маніпулятора з кантувателем, який забезпечує напрямок металу з калібру в калібр, правку розкату і забезпечує кантовку злитку або розкату на 900.

Після проходу злитку через 1 калібр метал подається на ножиці гарячого різання тиском 900т. з нижнім різом. Ножиці виробляють обрізку і порізку прибуткової частини злитка, а в разі потреби і для обрізки донної разлохмаченной частині перед прокаткою на заготівельній кліті. Ножиці розташовані в лінії обжимної кліті на відстані 19700мм від осі стану, та мають максимальне розрізаємий перетин - квадрат 300мм на першій

швидкості при температурі металу не менш 8000С. Метал до ножиць подається відвідним рольгангом.

Злиток після ножиць прокочується згідно зі схемою прокатки. Отриманий розкат подається передавальними шлепперамі на лінію заготівельноі кліті і за допомогою здвоєного рольгангу передається до заготівельноі кліті. Швидкість прокатки у заготівельній кліті становить 5,5м/с. Завдання металу в кліть здійснюється за допомогою підпільних кантувателів, які розташовані під підйомними столами з передньої і задньої сторони кліті, виробляють кантовку металу на 450 або 900 та переміщують розкат від одного калібру до іншого [2].

Після виходу розкату з заготівельноі кліті метал по розподільчому рольгангу подається на ножиці зусиллям 1250т. ліві чи праві, на яких здійснюється розрізання розкату на мірні довжини, відрізка проб, а також передніх і задніх кінців металу. Максимальний перетин різу квадрата 220*220мм, максимальна температура різу 7000С. Обріз металу від ножиць забирається за допомогою конвеєрів збирання обрізу. Для порізки в гарячому стані квадратних і круглих заготовок з вуглецевої і легованої сталей в кінці розподільного рольгангу встановлені роторні пили. Максимальний розмір перетину різу ø360мм, максимальна температура різу: ø80-270мм 8000С, ø270-360мм 9800С.

Після отримання заданого розміру метал проходить охолодження в колодязях уповільненого охолодження.

Характеристика обладнання прокатного стана «1050» ПАТ «Дніпроспецсталь».

Все обладнання прокатного стана «1050» можна розподілити за такими групами:

- обладнання для посадки, нагрівання й видачі злитків;
- обладнання для транспортування гарячих злитків і розкатів;

- обладнання для прокатки металу;

- обладнання для порізки прокату на мірні довжини;

Обладнання для посадки, нагрівання й видачі злитків

Нагрівальні рекуперативних колодязі призначені для нагріву злитків перед прокаткою.

У прольоті розташовано 12 груп колодязів. Група колодязів складається з двох самостійних осередків. У кожну клітину вміщується

18-24 злитка, які встановлюються по периметру колодязя.

Колодязь закривається кришкою, яка являє собою жорстку металеву раму, підтримуючу плоский підвісний дах. Для відкриття кришок застосовуються підлогові крани, що пересуваються вздовж відділення нагрівальних колодязів. На крані є два механізми: механізм підйому кришок і механізм для пересування крана.

Механізм підйому: швидкість підйому, м/с - 0,03; час підйому, с - 7. Механізм для пересування крана: швидкість пересування, м/с - без кришки 0,5; швидкість пересування, м/с - з кришкою 0,25.

Колодязь опалюється природно-доменним газом калорійністю Q=1600ккал/м3, який подається через пальник, який встановлено в пальниковому каналі в центрі подини.

Для підігріву повітря кожен колодязь обладнаний двома рекуператорами. Рекуператори керамічні із загальною поверхнею підігріву 270м2, використовують теплоту відхідних газів з температурою 1100-1250 0С. Повітря в рекуператорі нагрівається до температури 700-800 0С.

Співвідношення газу і повітря, що подаються в клітину, повинно забезпечувати повноту згоряння газу без залишку СО, з невеликим надлишком від 0,5 до 1%.

Таким чином, температура повітря у клітинці підтримується в межах 800-16000С. Нагрітий метал з осередку виймається кліщовим краном.

Обладнання для транспортування гарячих злитків і розкатів

Приймальна ділянка

Слітковоз - призначений для транспортування злитків від нагрівальних колодязів до приймального рольгангу і для укладання злитків на приймальний рольганг. Слітковоз складається з двох механізмів: механізмів пересування і механізму перекидання люльки

-швидкість пересування слітковоза - 5, 86 м/с;

-швидкість підходу слітковоза до упору - 0,4 м/с;

-час перекидання люльки - 3,5 с.

Приймальний рольганг - призначений для приймання злитків від слітковоза та подання його до поворотного столу. Приймальний рольганг складається з 10 секцій, по три кованих ролика в кожній секції. Загальна довжина приймального рольгангу до поворотного столу - 17400мм.

Поворотний стіл - призначений для повороту злитків на 180° в горизонтальній площині та напрямку злитків в кліть донною частиною, він розташований на відстані 39500мм від стану. Поворотний стіл являє собою поворотну платформу діаметром 2900мм і складається з двох механізмів: механізму повороту і рольгангу. Час розвороту на 180° - 4,5 с.

Транспортний рольганг - призначений для транспортування злитків і розташований за поворотним столом, складається з 3 секцій по 20 шт. пустотілих роликів.

Довжина рольгангу - 28500мм.

Ділянка робочих клітей

Підвідний рольганг - призначений для передачі злитків з транспортного рольгангу на робочий, і є продовженням робочого рольгангу перед кліттю.

Розкатний рольганг - розташований паралельно Підвідному. Довжина розкатного рольгангу 175200мм.

Робочі рольганги і станинні ролики обтискної кліті розташовані з передньої і задньої сторони кліті і служать для подання розкату у валки і

прийому їх з валків. Передній робочий рольганг складається з 9 цільнокованних роликів з кроком 600мм. Задній робочий рольганг має 7 роликів. Окружна швидкість роликів - 3,5 м/с. Станинні ролики по два ролики з кожного боку розташовані безпосередньо в станині кліті. Відвідний рольганг розташований за робочим рольгангом обтискної кліті, має довжину 8400мм і служить для транспортування розкату до ножиць 900т. Складається з 8 роликів з кроком 1200мм. Ролики мають окружну швидкість - 4 м/с.

Передаточні шлеппери, встановлені за ножицями 900т, призначені для передачі гуркоту на лінію заготівельні кліті. Передаточні шлеппери складаються з п’яти шлепперних доріжок з шлепперними візками і сталевими канатами з кроком 2400мм. Хід візків 8600мм зі швидкістю 1,2 м / с. Загальна довжина шлепперного поля 14000мм.

Здвоєний рольганг, що знаходиться на шлепперному полі заготівельноі лінії, має довжину 15600мм і складається з 13 і 14 роликів. Ролики обертаються зі швидкістю 3,7 м/с і 5,22 м/с. Довжина бочки роликів 700мм і 1500мм. Діаметр у всіх роликів 350мм, крок - 600мм.

Рольганг перед заготівельною кліттю загальною довжиною 16040мм складається з 15 роликів з кроком 1035, 1100, 1200 мм. Окружна швидкість роликів - 5,5 м/с. Діаметр бочки роликів 380мм, довжина-2400мм.

Розподільчий рольганг розташований в лінії заготівельноі кліті за здвоєним рольгангом, його довжина 61200мм. Призначений для транспортування розкату на передавальні шлеппери, які розташовані за ножицями із зусиллям різу 1250 т. Розподільчий рольганг складається з 2 секцій: 1 секція довжиною 23700мм з 20 роликами і має швидкість обертання роликів 5,22 м/с; 2-я секція довжиною 37500мм з 32-я роликами має швидкість роликів 3,71 м/с. Крок роликів обох секцій - 1200мм, діаметр-350мм, довжина бочки-600мм.

Рольганги перед ножицями із зусиллям різу 1250 т. призначені для подачі розкатів до ножиць.

Обладнання для прокатки металлу

Маніпулятор з кантувателем обтискної кліті

Маніпулятор з кантувачем (рисунок 1.1) призначений для точного напрямку розкату при вході і виході з калібрів робочих валків обжимної кліті, пересування розкату від одного калібру до іншого, і для виправлення гуркоту, що отримав викривлення при прокатці, а також для кантівки розкатів на 90° [3].

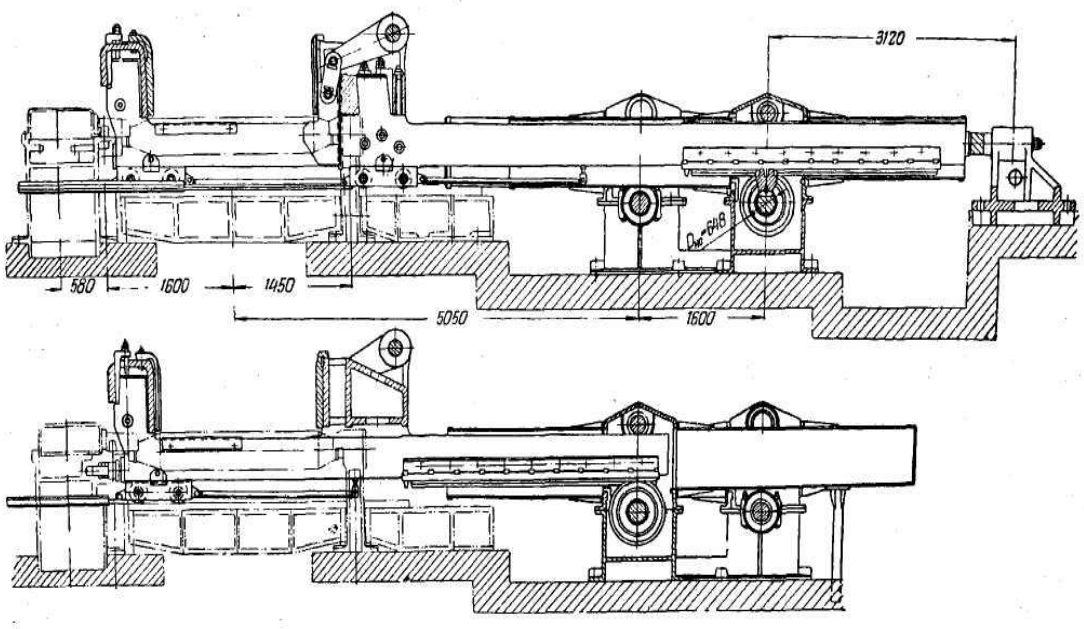


Рисунок.1.1 Маніпулятор з кантувачем

Маніпуляторні лінійки встановлені з передньої і задньої сторін робочої кліті. Маніпуляторні лінійки з кантувачем мають наступні технічні характеристики:

-найбільша маса злитку 7.4т,

-зусилля провокує 600кН,

-швидкість лінійок при переміщенні 0.6-0.2 м/с,

-кантувач має 4 крюка,

-хід гаків 855мм.

-новий привід маніпуляторних лінійок від двох електродвигунів потужністю 1250кВт і передавальним числом 1.95.

Обтискна робоча кліть

Кліть складається з двох станин закритого типу. За умовами міцності станин обтискної кліті стану зусилля прокатки у першому калібрі не повинно перевищувати 10500 кН, що відповідає зусиллю на ліву станину 8000 кН. Характеристика валків кліті наведена в таблиці 1.2.

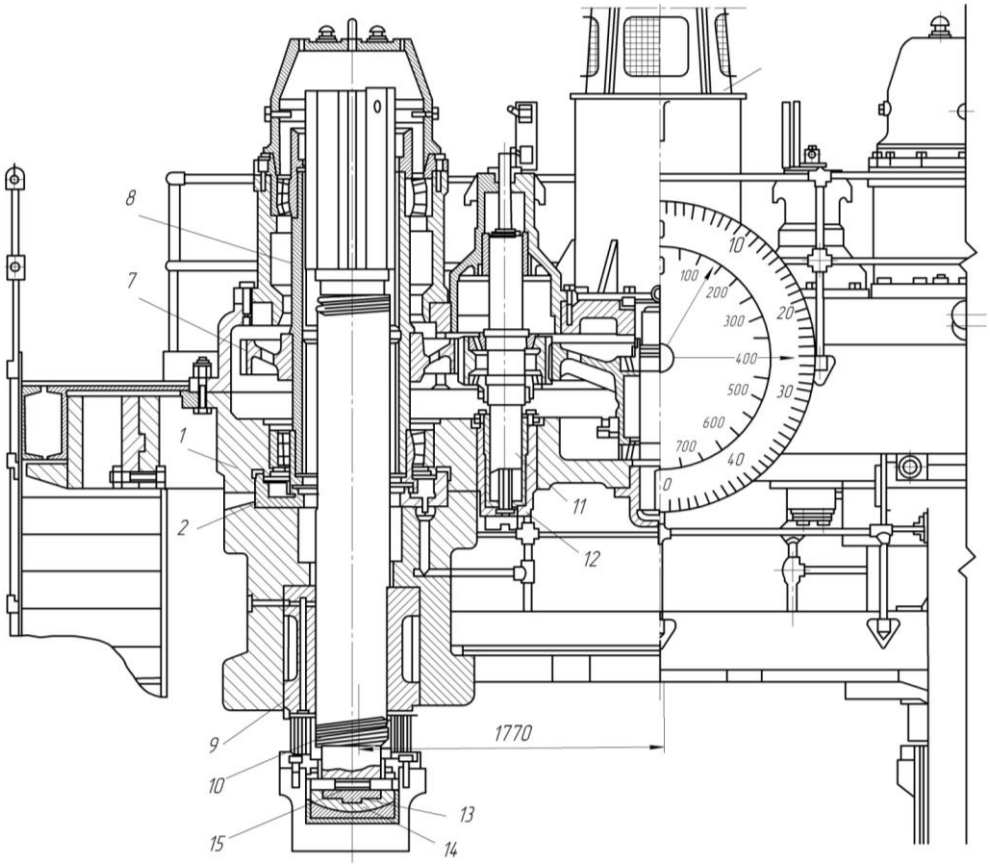
Таблиця 1.2 Характеристики робочих валків і приводу клітей стану

Кліть		Обтискна	Заготовочна
Діаметр бочки валків, м		1,050	0,950
Довжина бочки, м		2,250	2,350
Діаметр шийки валка, м		0,600	0,600
Тип двигуна		П2-22/150-3,55	П-22-125-9К
Швидкість прокатки, м / с		1÷3,5	1÷5,5
Потужність, МВт		2 * 3,55	2* 3,3
Число об./ хв.	ном.	45	60
	макс.	95	120

Охолодження і змащення проводиться водою. Вертикальне встановлення валка проводиться натискним пристроєм. Швидкість переміщення верхнього валка 135-180 мм/с. Урівноваження верхнього валка - гідравлічне. Максимальний роз'єм валків 750 мм. Маса врівноважуючих деталей 40тн., Тиск до гідроциліндрів 100кг/см2. Осьове регулювання верхнього валка проводиться вручну за допомогою пристрою для осьового переміщення. Робочі валки виготовлені зі сталі 60ХН.

Урівноваження верхнього валка - гідравлічне, режим роботи - реверсний.

Натискні пристрій (рисунок 1.2) призначений для установки заданого розчину між валками обтискної кліті в паузах між пропусками.



1 - телескопічний кожух, 2 - натискний гвинт, 3 - натискна гайка,

4 - центруючий стакан, 5 - корпус, 6 - кришка, 7 - ступиця, 8 - сопло для змащення, 9 - ковпак, 10 - вентиляційний ковпак, 11-12 - шестерні,

13 - покажчик розчину валків.

Рисунок 1.2 Механізм встановлення верхнього валка блюмінга

Натискні пристрій складається з натискних гайок і гвинтів механізму. Новий привід обертання кожного натискного гвинта здійснюється від електродвигунів потужністю 500кВт. Новий привід забезпечує заданий швидкісний режим натискного пристрою з двозонним регулюванням частоти обертання приводних двигунів. Швидкість переміщення верхнього

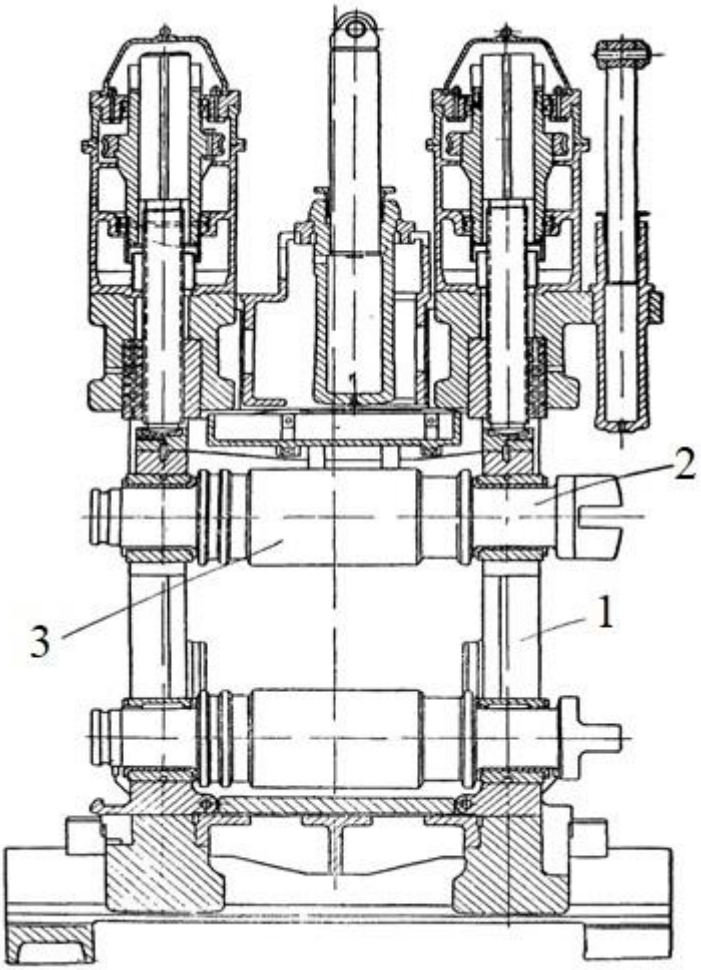
валка 130мм/с при переміщенні вниз і 200мм/с при переміщенні вгору. Також новий привід забезпечує регульовану величину струму електромеханічного утримання натискних гвинтів і наполегливу характеристику двигунів з дворазовим номінальним струмом для підтискання хвостовоі частині розкату.

Станинні ролики призначені для надійного завдання металу в кліть і прийому його з кліті в процесі прокатки. Вузол станинних роликів складається з двох перших і двох других, рахуючи від осі робочого валка, роликів з їх підшипниками, деталями кріплення до станина кліті і приводами. Привід станини роликів індивідуальний на кожен ролик від електродвигунів потужністю по 67 кВт. Для візуального контролю, за розчином валків, на кліті встановлено механізм покажчика розчину валків з циферблатом, виведеним у бік поста керування [3].

Гідропневмосистема врівноваження валків (рис. 1.3) складається з самостійних систем: гідросітема врівноваження валків і гідропневмосістема врівноваження шпинделів. Живить обидві системи насосна станція.

Гідросітема врівноваження валків складається з двох гідравлічних панелей, блоку контролюючої апаратури і вантажного акумулятора. Робочою рідиною гідросистеми є індустріальне масло ИГП-18, робочий тиск у гідросітеме врівноваження валків - 10 МПа.

Пристрій шпиндельний призначений для передачі обертального моменту від електродвигунів головного приводу до робочих валків кліті.



1 - станина, 2 - валки з подушками, 3-врівноважуючий пристрій

Рисунок 1.3 Обтискна кліть блюмінга з гідравлічним врівноважуванням верхнього валка.

Шпиндельний пристрій має наступні технічні характеристики:

-допустимий крутний момент передається кожним шпинделем - 2100кНм,

-максимальна швидкість обертання шпинделів - 90 об/хв,

-режим роботи-реверсивний, максимальний кут нахилу верхнього шпинделя - 5° 12‘,

-максимальний кут нахилу нижнього шпинделя - 1° 30‘, довжина шпинделя по осях шарнірів - 10870мм,

-шарніри шпинделів - універсального типу.

Заготівельна кліть - двовалкова реверсивна.

Швидкість прокатки на заготівельні кліті до 5,5 м/с. Валки виготовлені зі спеціального чавуну, шийки валків обертаються в текстолітових підчипниках. Для змащення й охолодження шийок валків до текстолітових вкладишів підведена вода, а також проводиться подача густого мастила для оберігання шийок валків від корозії.

Установка верхнього валка проводиться натискним пристроєм. Максимальна висота підйому верхнього валка 200мм зі швидкістю 5,95 мм/с. Урівноваження верхнього валка гідравлічне.

Кліть має станини відкритого типу, перевалка валків здійснюється касетою за допомогою крана. Налаштування валків виробляється безпосередньо в кліті.

Підпільні кантувачі розташовані під підйомними столами з передньої і задньої сторони заготівельноі кліті і призначені для кантівка розкатів перед завданням у калібр на 45° або 90°, а також для переміщення розкату від одного калібру до іншого.

Обладнання для різання прокату на мірні довжини

Ножиці гарячої різання тиском 900т з нижнім різом (рісунок1.5) призначені для обрізки й порізки прибуткової частини злитка, а в разі потреби, при прокатці твердих марок сталі - для обрізки донної частини перед прокаткою на заготівельній кліті. Ножиці розташовані в лінії обжимной кліті на відстані 19700мм від осі стану. Привід ножиць від двох електродвигунів через редуктор. Потужність кожного двигуна 280 кВт, швидкість обертання 700-1400 об/хв. Кількість різів за хвилину на першій швидкості - 6, на другій швидкості - 11. Максимальний розрізаємий перетин - квадрат 300мм на першій швидкості при температурі металу не менше 800 ° С. Розчин ножів, мм - 385; Довжина ножів, мм - 1000; Висота верхнього ножа над кромкою рольгангу, мм - 350.

Ножиці 900тн обладнані скидувачем обрізу з ножів.. Для скидання обрізу в жолоб під рольгангом за ножицями є відкидний ролик. Кількість ходів важеля скидувача в хвилину 16. Максимальна маса шматка скидаємого обрізу 270кг.

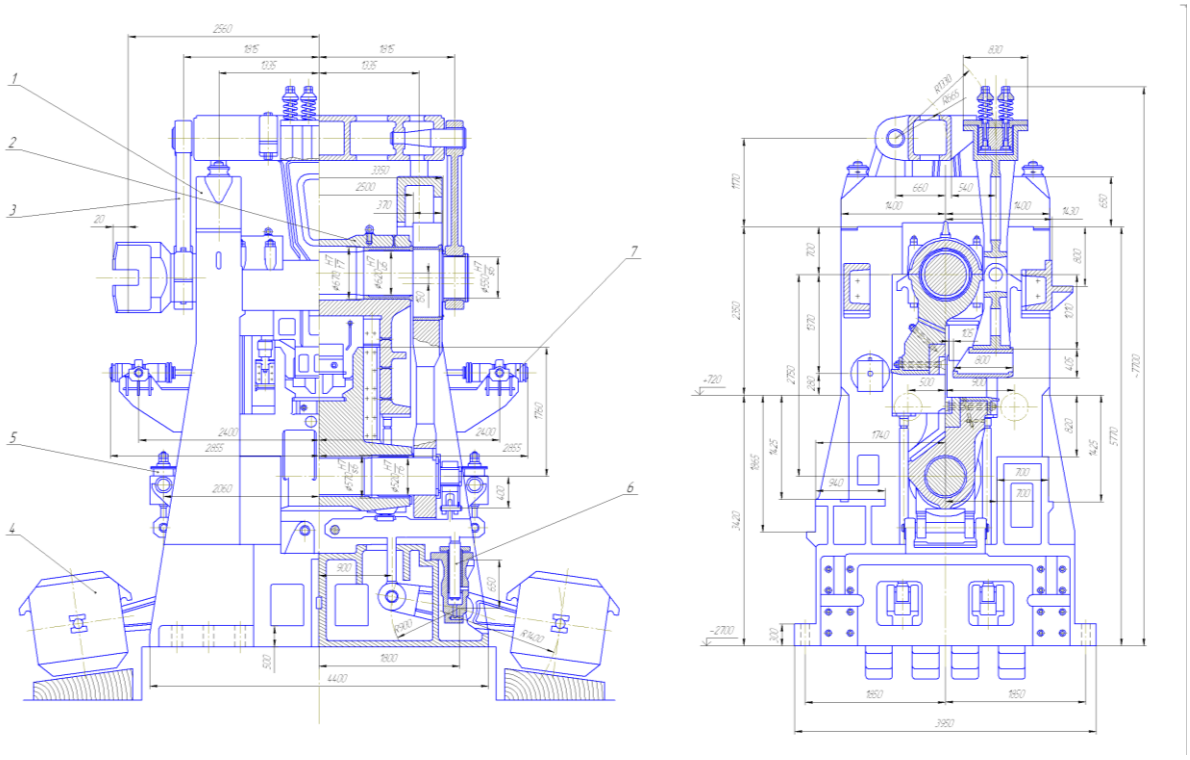


Рисунок 1.4 Ножиці гарячого різання 900т з нижнім різом

Ножиці обладнані конвеєром скрапного типу для збирання обрізу. Скрапной конвеєр має довжину 38600мм і рухається в тунелі зі швидкістю 0,107 м/с.

На пластинчатих ланцюгах конвеєра закріплені шкребки у кількості 39шт, на яких одночасно може перебувати до 7 тонн обрізу. Конвеєр скидає обріз через завантажувальний жолоб у спеціальні короби, які встановлені на поворотному колі діаметром 4600мм. Вантажопідйомність поворотного кола 40тн, швидкість переміщення 0,06 м / с.

Ножиці зусиллям 1250тн ліві і праві призначені для розрізання розкату на мірні довжини, відрізки проб, а також передніх і задніх кінців розкату.

Ножиці складаються з наступних основних механізмів: ножиці; привід ножиць; шпиндель з врівноваженням. Під час роботи ножиць ножі охолоджуються водою.

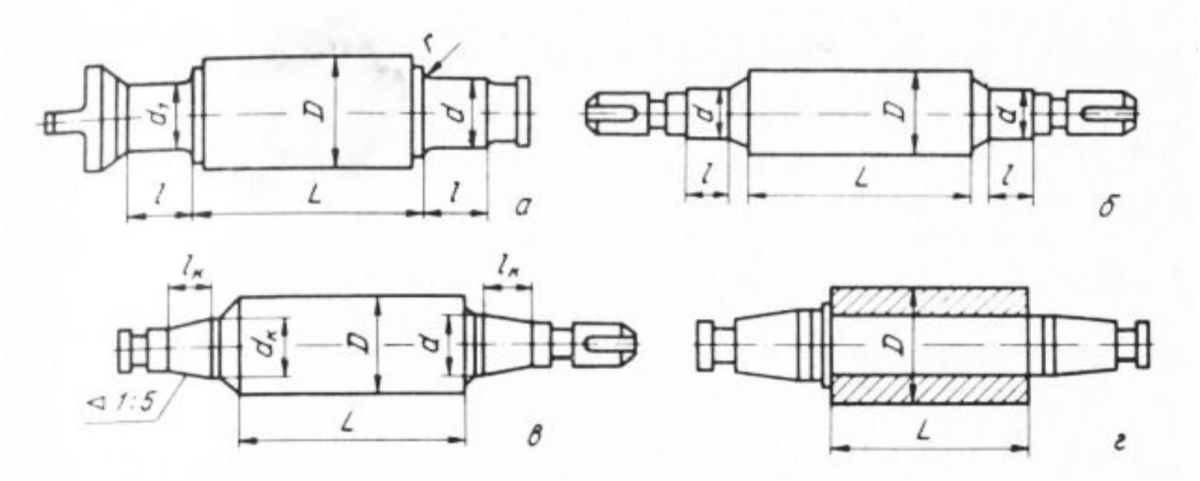
Конвеєр збирання обрізу від ножиць призначений для прибирання обрізу в короби

Роторні пили гарячий різання призначені для різання в гарячому стані квадратних і круглих заготовок з вуглецевих і легованих сталей.

В основу роботи пили покладено принцип кругового переміщення водилом швидко обертаючогося пиляльного диска в площині, перпендикулярної осі прокату.

1.2. Аналіз конструкцій прокатних валків та особливості їх застосування на обтискних станах

Валки прокатних станів призначені для виконання основної операції прокатки - пластичної деформації металу і надання йому необхідної форми і розмірів перерізу.

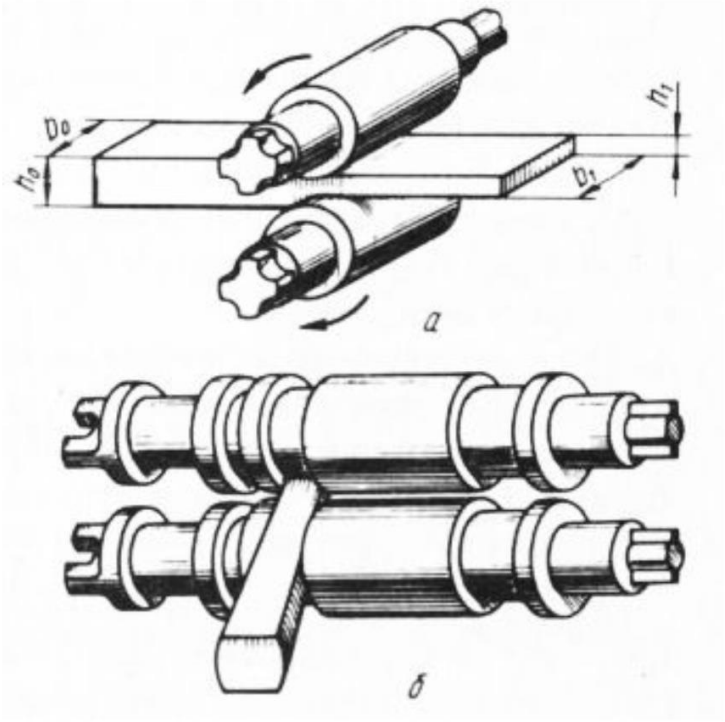


а - валок із циліндричними шийками (цапфами) для текстолітових підшипників ковзання; б - те саме, для підшипників кочення; в - валок з конічними шийками для підшипників рідинного тертя; г - валок з бандажованою бочкою

Рисунок. 1.5 Валки прокатних станів (калібри не показані)

Прокатний валок складається з наступних основних елементів: бочки – найбільш відповідальної частини валка, оскільки при прокатуванні вона безпосередньо стикається з металом; шийок, якими валок спирається на підшипники; кінців, що служать для з'єднання валка зі шпинделем. Передача обертання здійснюється через трефову муфту або шарнірну головку та трефовий або універсальний шпинделі відповідно.

Валки прокатних станів можна розділити на дві основні групи: листові та сортові. Листові валки мають бочку циліндричної форми (гладкі валки) та призначені для прокатки листів, смуг та стрічок.



а - гладких; б - з калібрами

Рисунок 1.6. Прокатка металу у валках

Сортові валки служать для прокатки різних сортових профілів та заготовок. На бочці є врізні заглиблення - струмки, що відповідають профілю, що прокочується (круглому, квадратному, кутовому і тд.). При встановленні валків один над одним струмки утворюють калібри, що за своєю формою наближаються до форми готового профілю.

Таблиця 1.3 Розміри циліндричних шийок валків обтискних заготівельних і сортових станів дуо з підшипниками ковзання на текстолітових вкладниках

D	d_1	l_1	r	D	d_1	l_1	r	D	d_1	l_1	r
270	170 190	190 210	20 20	480	290 310 330	320 340 360	30 35 35	730	460 500	510 550	50 50
290	190 210	210 230	20 20	530	330 350	360 380	35 40	800	530 560	590 620	55 55
320	210 230	230 250	20 25	280	380 400	420 440	40 40	850	560	620	55
370	230 250	250 270	25 25	630	400 430	440 470	40 45	900	560 600	620 660	55 60
								1000	600 640	660 700	60 65
420	270 290	290 320	30 30	680	430 460	470 510	45 50	1150	690	760	75

Для станів різного призначення, наприклад, гарячої або холодної прокатки, валки виготовляють із використанням технологій і матеріалів, що в підсумку дозволяють отримати технологічний інструмент з властивостями, які є основними для конкретного випадку прокатки. Так, для випадків прокатки блюмів, слябів і заготовок на обтискних станах виникають значні сили прокатки (тиску на валки) з динамічним прикладенням цих сил. Тому валки блюмінгів, і слябінгів передусім повинні мати загальну велику міцність на згин, не руйнуватися при динамічних ударах під час захвата зливків і розкатів. Тому ці валки виготовляють литими або кованими із вуглецевих або низьколегованих сталей зі значною в'язкістю. Для сортопроктних станів в чорнових групах клітей використовують сталеві валки з в'язкою серцевиною, в чистових клітях - чавунні валки з високою твердістю поверхні бочок, що мають досить високу знасостійкість. Для листових і штабових станів з клітями кварто опорні і рабочі валки виготовляють куванням з легованих сталей. Після термообробки на загартування (поверхнева закалка) бочки валків мають достатню високу твердість, і внаслідок цього достатню зносостійкість за

високих швидкостей ковзання поверхні прокатуваних штаб по поверхні бочок. Чавунні валки найдешевші, завдяки чому їх найчастіше використовують в чистових групах клітей сорто - і штабопрокатних станів гарячої прокатки. Тверді чавунні валки відливають в металеві форми - кокілі, які ззовні охолоджуються водою. В результаті поверхня бочок загартовується за рахунок утворення поверхневого шару відбіленого чавуну. Твердість бочок валків сягає 55-75 одиниць HS (по Шору). Хімсклад чавуну: 3,0-3,5% C, 0,4-0,7% Mn, 0,5-0,8% si. Підвищення міцності та зносостійкості чавунних валків досягається добавками легуючих елементів: 0,5% №, 0,2-0,7%Cr, 0,3%Mo та модифікація магнієм для утворення глобулярного графіта: Переваги чавунних валків: - набагато нижча вартість (дешевші в 5 разів); - більш низький коефіцієнт тертя під час прокатки, що дозволяє зменшувати енергоємкість деформації. Недоліки чавунних валків: недостатня міцність на згин і особливо на кручення; погіршення умов захвата металла валками.

Підвищення продуктивності прокатних станів та якість виробленої ними продукції багато в чому залежать від якості виготовлення та службових властивостей прокатних валків. Витрата валків на 1 т прокатної продукції різних заводах різний і змінюється у широкому діапазоні: від 0,05 до 25 кг/т. Актуальність проблеми підвищення якості валків і, в першу чергу, їхньої стійкості постійно зростає в умовах нових виробництв.

Процес виробництва валків складається з двох відокремлених циклів: металургійного та механічного. До металургійного циклу відносяться: виплавка сталі, кування заготовки, термічна обробка поковок та заготовок валків. Цикл механічної обробки включає: токарні, фрезерні, свердлильні та шліфувальні операції (рис. 1.7).

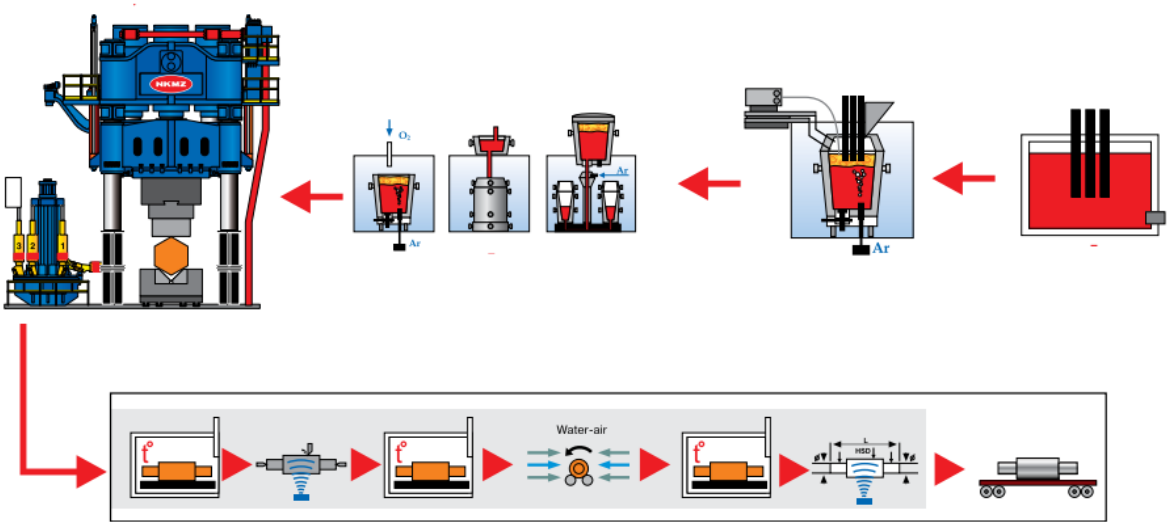


Рисунок 1.7 Технологічна схема виготовлення робочих валків станів гарячої прокатки

Валки блюмінгів, слябінгів і обтискних клітей заготівельних, крупносортних і товстолистових станів і товстолистових станів відковують із малолегованихсталей 40Х, 50ХН; 60ХН; 60ХГ. Для прикладу, хімсклад (окрім заліза) валкової сталі 60ХН має такі летучі компоненти: 0,55-0,65%C; 0,17-0,38%Si; 0,5-0,8%Mn; 0,50-0,80%Cr; 1,0- 1,5%Ni. Шкідливі домішки сірки і фосфору повинні бути меншими 0,04%. Бочки валків обтискних станів і клітей електронаплавляють електродами із зносостійкої сталі 30ХГСА під шаром флюса. Крім того бочки сортових валків, наприклад, рейкобалкових станів після чорнової обточки піддають поверхневому закалюванню з нагрівом в індукторах і охолодженням в масляній ванні. Валки станів холодної прокатки діаметром до 300 мм, відковують із сталей 9Х і 9ЧФ з більшими діаметрами бочок із сталей 9Х2, 9Х2МФ і 9Х2В. Після закалювання і зняття внутрішніх напружень (низькотемпературний відпуск) твердість поверхні бочок робочих валків клітей кварто холодної прокатки сягає 100 одиниць HS (по Шору), опорних до 70 одиниць HS.

1.3 Калібрування прокатних валків

Кліть блюмінгу або блюмінгу-слябінгу містить два валка приблизно однакового діаметра — від 850 до 1500 мм.

Валки блюмінгу мають ділянку гладкої бочки та два-п'ять ящикових калібрів. На рис. 1.8 наведено валки кількох блюмінгів. Гладка бочка виконана з невеликим врізом у валок (на 50—150 мм) для зручності роботи оператора: він краще бачить цю ділянку, менше побоюється направити злиток повз гладку бочку, швидше працює. Великий вріз послаблює перетин валка. Випуск калібра на блюмінгу становить 10-25%.

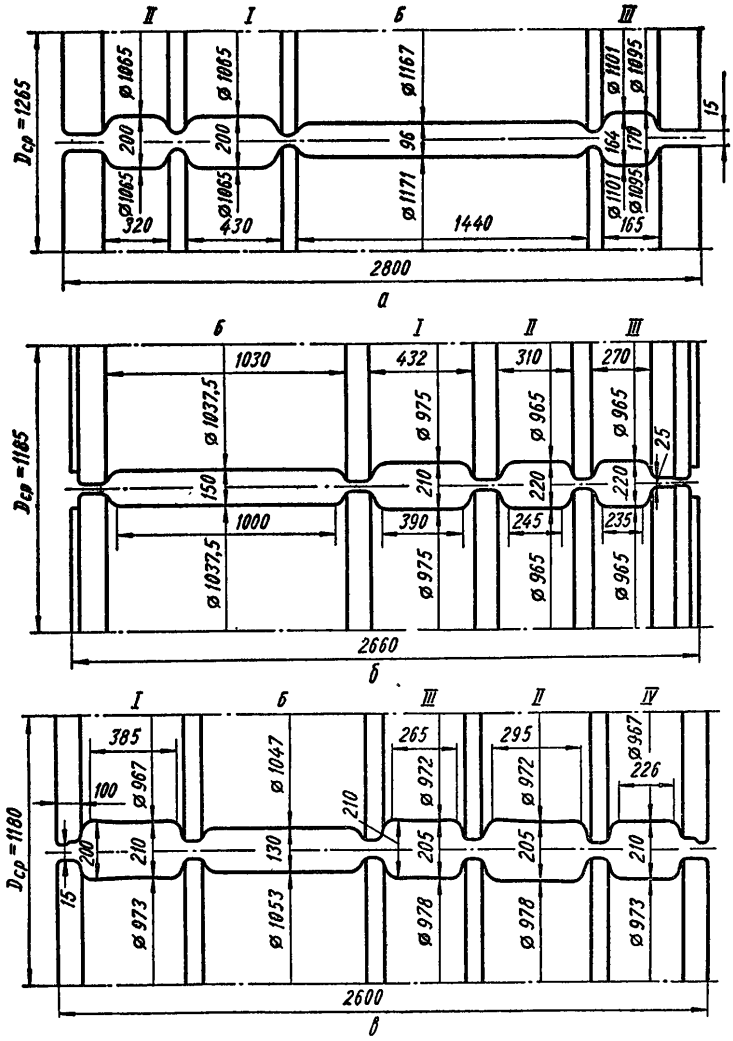


Рисунок 1.8. Калібрування валків деяких блюмінгів: а –блюмінг-слябінг АМЗ (м. Алчевськ); б – блюмінг ММЗ (м. Макіївка); - блюмінг «Азовсталь» (м. Маріуполь)

При прокатуванні в калібрі ширина смуги повинна бути більшою за ширину калібру по дну , і менше ширини калібру по буртах. При цій умові бічні стінки калібру впливають на смугу, створюючи стискаючі напруження. За рахунок цього:

1) більше металу спрямовується у витяжку, швидше та з меншими сумарними витратами енергії протікає процес прокатки до необхідного перерізу (у цьому сенсі розширення – шкідливий процес);

2) утворюється підпір течії металу завширшки;

3) забезпечуються додаткові сили тертя по стінках калібру, при цьому покращується захоплення металу валками, можливе збільшення обтиснення за одну перепустку порівняно з гладкою бочкою;

4) покращується стійкість смуги при прокатці; при обтисканні високих та вузьких смуг виникає втрата стійкості, смуга не стискається, а викривляється у валках; у калібрах втрата стійкості відбувається при відношенні висоти до ширини смуги H/B – 2,0 і вище, а на гладкій бочці – при H/B – 1,7 і нижче.

Дно деяких калібрів має увігнутість. Це сприяє більшому проникненню деформації вглиб перерізу та кращому опрацюванню середньої частини зливка. Крім того, коли після кількох перепусток смуга з розряду високих перейде в розряд середніх, після кантівки увігнутість бічної грані розкочування буде корисною, оскільки компенсується розширенням центральних шарів. В останньому калібрі, з якого виходить готовий блюм, дно калібру виконується без заглиблення, щоб забезпечити точні розміри блюму. Недоцільне заглиблення також на гладкій бочці та в першому калібрі, коли смуга ще висока [2].

На блюмінгах застосовують різні схеми прокатки. Схема прокатки на блюмінгу представлена рис. 1.10, на якому показані напрямки обтискання та кантування зливка.

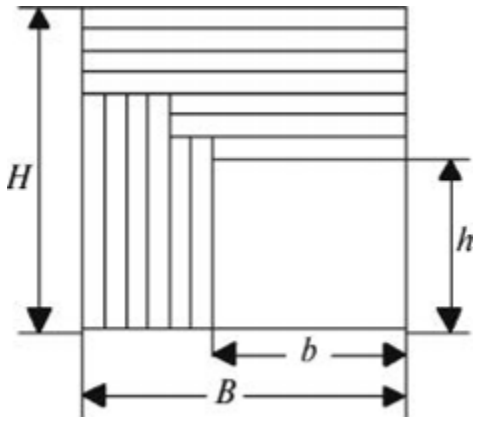


Рисунок 1.9. Схема обтискань на блюмінгу

Схему можна записати коротше:

4—4—1 = 9;	2—4—4—2—1 = 13;
2—4—2—1 = 9;	6—4—2—1 = 13;
2—4—4—1 = 11;	4—4—4—2—1 = 15;
6—4—1 = 11;	2—4—4—2—2—1 = 15;
4—4—2—1 = 11;	6—4—2—2—2—1 = 15;
2—6—4—1 = 13;	4—4—4—2—2—1 = 17;
4—4—4—2—1 = 13;	2—6—4—2—2—1 = 17.

Наведені схеми прокатки можна практично використовувати для розробки режимів обтискання зливка на блюмінгу. Кантівки металу здійснюють у таких умовах: після парного (не кожного) пропуску, оскільки прокат на передній стороні стану добре видно оператору, який у такому разі може безпосередньо керувати процесом кантівки;

при передачі блюма з одного калібру до іншого; при цьому операція кантування за часом поєднується з поперечним транспортуванням зливка з калібру в калібр і загальний час прокатки скорочується;

обов'язково перед останнім перепусткою, щоб зменшити знос останнього калібру та збільшити термін служби валків до переточування; кантування перед цим калібром сприяє збільшенню точності прокату;

при досягненні відношення висоти до ширини розкочування H/B значень, близьких до критичних, при яких настає втрата стійкості.

1.4 Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційної стійкості та довговічності валків

Розробка заходів щодо підвищення експлуатаційної стійкості та довговічності валків вимагає комплексного підходу до процесу їх виготовлення, що дозволяє знайти раціональне поєднання твердості поверхні бочки, глибини загартованого шару валків, їх напруженого стану, а також всебічного вивчення умов експлуатації валків. Ці заходи умовно можуть бути поділені на три групи:

1 - пов'язані з виготовленням валків та їх матеріалом; 2 - пов'язані з технологією прокатки та процесом експлуатації валків; 3 - відновлення валків та поліпшення їх конструкції [9].

До заходів першої групи слід віднести покращення якості металу шляхом дегазації та рафінування рідкої сталі (вакуумування, електрошлаковий переплав та ін.), при цьому особливу увагу слід звертати на чистоту металу валків. Вміст сірки та фосфору не повинен перевищувати 0,005-0,010 %, що забезпечується використанням якісних шихтових матеріалів та методів позапечної – ковшової обробки сталі з коригуванням та модифікуванням складу розплавів у ковші.

Для сталевих кованих валків технологія кування злитків повинна забезпечувати якісне опрацювання структури металу, що сприяє руйнуванню первинної карбідної сітки та подрібненню зерна, а також зменшенню анізотропії та покращенню механічних властивостей по перерізу валка.

Термічна обробка поковок включає поліпшення (відпал з відпусткою), а після механічної обробки - загартування з відпусткою. В останні роки виробники валків переважно проводять загартування при індукційному нагріванні ТПЛ, але іноді застосовують і об'ємну. Хоча цей спосіб і малопродуктивний [6].

Важливе значення має раціональна температура нагріву під загартування. Так, наприклад, вона становить 890-900 ° С для сталей 9Х та 9Х2; 900 - 910 ° С для сталі 9Х2МФ; та 920-930 °С для сталі 9Х2СВФ. При загартуванні валків діаметром понад 200 мм необхідно двостороннє охолодження — зовні та через осьовий отвір. Потім проводять низькотемпературну відпустку, режим якої залежить від марки сталі.

Вибір раціонального способу загартування, режимів нагрівання та охолодження валків забезпечує більш плавний перехід від активного загартованого шару до вихідного матеріалу внутрішніх шарів; сприяє підвищенню контактно-втомної міцності загартованого шару, конструкційної міцності та довговічності валків. Особливе значення має двостороннє охолодження, в результаті якого досягається більш сприятливий, у порівнянні зі звичайним, розподіл залишкових напруг по перерізу валка зі значним зміщенням напруги у внутрішні менш напружені шари.

Ковані сталеві валки дорогі, тому в багатьох випадках вони можуть бути замінені відцентровими сталевими валками особливо із заевтектоїдних сталей. Значно підвищено в даний час якість чавунних валків особливо двошарових відливних відцентровим способом. Останній модифікації чавунних валків починають конкурувати із сталевими. Так, наприклад, за кордоном при прокатуванні товстого листка часто застосовують високохромисті відцентрово-литі чавунні валки із вмістом хрому 16—20 %. Нарешті, у деяких випадках, особливо для опорних валків великих станів, можуть бути використані бандажовані валки. Для всіх видів валків найважливішою умовою отримання валків високої якості є суворий контроль за виконанням технології на всіх стадіях виробництва.

До заходів другої групи відносять ті, що пов'язані з технологією прокатки та експлуатацією валків. В процесі прокатки валки працюють в умовах складного напруженого стану, викликаного спільною дією залишкових, контактних, згинальних і теплових напруг, а також напруг від

моменту, що крутить. Якщо залишкові напруги виникають у процесі виготовлення валків у результаті їх термічної обробки, то решта — у процесі експлуатації валків і; отже, їх можна змінювати.

Згинальні напруги сприймаються, головним чином опорними валками, а на стійкість робочих валків найбільший вплив надають контактні напруги, які мають максимальне значення на поверхні контакту робочого і опорного валків, так як при однаковому зусиллі площа їх контакту значно менше площі торкання робочого валка з металом, що прокочується в зони деформації.

Для зменшення напруги у валках необхідно розробляти раціональний технологічний режим прокатки, що враховує величину і розподіл зусиль і деформацій, температурний режим, точність геометричних розмірів прокату і т.д. Основним критерієм допустимості зусиль металу на валки є середній питомий тиск, який має перевищувати 1500—2000 Н/мм2 залежно від матеріалу валків.

Заходи щодо виявлення раціональної схеми обтискань, натягу, ефективних технологічних мастил, охолодження валків та ін. дозволяють зменшити питомий тиск металу на валки і, отже, підвищити опірність втомним руйнуванням [3].

Перспективним напрямом у підвищенні експлуатаційної стійкості валків гарячої та холодної прокатки є використання вже наявних рекомендацій щодо застосування мастильно-охолоджуючих рідин та високоефективних систем охолодження для покращення температурного режиму валків.

Під час прокатки знос валків є природним процесом, але ним слід керувати, створюючи умови, за яких він зменшуватиметься. Чим вище твердість робочого шару валка, тим менше зношування, але прямої залежності між цими показниками немає і якщо за відсутності порушення технології прокатки зношування занадто великий, слід вибрати інший, більш відповідний тип валка.

Причиною прискореного зношування валків, крім тертя, часто є викришування, яке може бути механічним, зумовленим нерівномірним тиском на валок або термічним, викликаним різкими коливаннями температури в робочому шарі валка. Найкращий спосіб уникнути викришування - це забезпечити рівномірне нагрівання прокату і рівномірне охолодження валків при прокатці, а також своєчасне їх переточування при перших слідах викришування.

Зношування поверхні валка не може бути рівномірним, зазвичай з'являється багато дрібних западин на тій частині валка, яка стикається з металом, що прокочується. Ці точкові заглиблення збільшуються і з'єднуються під спільним впливом високого тиску гарячого металу, рідини, що охолоджує, і окислюючої дії повітря, утворюючи сітку жолобків-розгарів. Якщо не зробити своєчасного переточування бочки валка, то в глибині жолобків розвиваються дрібні тріщини. Тому доцільніше видаляти розпали безпосередньо після появи. Знімаючи шар товщиною 0,5-1 мм, і не допустити їх збільшення до розмірів, що вимагають зняття 3-5 мм. Сітка розпалів – такий дефект, який не завжди можна усунути. Тому велике значення має правильність вибору валків. Так, наприклад, валки з кулястим графітом у робочому шарі більш стійкі до утворення сітки розпалів [4].

Знос валків значно прискорюється, якщо поверхня металу, що прокочується, покрита окалиною. Частинки окалини вдавлюються в поверхню валка особливо сильно, якщо твердість валка недостатня. Внаслідок дрібної шорсткості, що виникає на валку, його знос збільшується. Особливо небезпечна високотверда окалина (Fe3O4), що утворюється при температурі 950 ° С і вище. Тому необхідно інтенсивне видалення окалини з металу, що прокочується, за допомогою окалиноломателя і гідрозбива, при цьому слід мати на увазі, що на очищеній поверхні відразу починає утворюватися нова окалина за рахунок внутрішнього тепла прокату. Крім цього, на поверхні самого валка утворюється оксидна плівка. На її зростання впливають температура поверхні валка, час взаємодії з повітрям або

емульсією та оксидаційна стійкість матеріалу валка. Зменшення зростання оксидної плівки можливе за рахунок скорочення часу дії високої температури на поверхні валка. Тому охолодження валків повинне проводитися якомога ближче до осередку деформації, а об'єм охолоджуючої рідини повинен бути розподілений відповідно до 1/3 на вході та 2/3 на виході з кліті, що значно підвищує ефективність систем охолодження. Для зменшення теплових напруг за допомогою систем охолодження необхідно підтримувати постійними температуру та перепад її за перерізом та довжиною бочки валка [5].

Велике значення, особливо для станів холодної прокатки, має твердість робочих і опорних валків, а також оптимальне їхнє співвідношення. обережністю, тому що при ударному характері навантажень з підвищенням твердості втомне викришування та відшарування припиняються, але можуть початися тендітні сколи.

Чистота поверхні прокату головним чином залежить від чистоти поверхні валків, яка підтримується періодичним обточуванням або шліфуванням бочки валків, при цьому твердість знижується на 2-3 Н8й і з'являються поверхневі напруги. і перезагартування валків, не допускаючи тим самим помітного зменшення глибини загартованого шару бочки валка та її твердості. Таким чином, у всіх листопрокатних цехах слід організувати низькотемпературну відпустку валків перед кожним їх завалкою в кліть, а у великих цехах слід мати установки для періодичного перекалювання валків.

Для підвищення стійкості валків велике значення має їхнє поверхневе зміцнення тим чи іншим способом: накаткою роликами, електророзрядом, мікроплазмовим зміцненням, дробоструминною обробкою та іншими методами [6-7].

Заходи третьої групи включаютьвідновлення валків та раціональну їх конструкцію для тих чи інших станів.

Зношені валки з майже повністю виробленим активним загартованим шаром бочки або з незадовільним станом шийок та бочки списують у скраб.

У той же час, такі валки можуть бути відновлені шляхом переточування на менший розмір і відповідної термічної обробки. При такому відновленні повністю виключається сталеплавильний та ковальський переділи, а об'єм механічної та термічної обробки порівняно з нововиготовленими валками не збільшується. Собівартість переточених і термооброблених валків дорівнює приблизно половині собівартості нових. Тому дуже доцільно створення кущових підприємств щодо їх відновлення методом переточування. Складність запровадження таких підприємств лише суто організаційна.

Заходи щодо вдосконалення конструкцій робочих та опорних валків різноманітні та широко використовуються для різних станів. Так, наприклад, роблять скоси по краях бочок, нарізають канавки на опорних валках та ін., що дозволяє у багатьох випадках збільшити стійкість та працездатність валків.

Використання нових методів регулювання, розподілу контактних напруг між валками (зсув валків, перекіс валків тощо) вимагають конструктивних змін робочих і опорних валків.

Нарешті, у деяких випадках доцільно використовувати бандажовані валки, особливо опорних валків великих листових станів.

На закінчення слід зазначити, що успішна експлуатація валків багато в чому залежить від контрольно-вимірювальної апаратури, ультразвукового контролю, якості приладів для виміру твердості, технологічного оснащення, а також оснащеності вальцетокарних і вальцешліфувальних відділень і ділянок цеху.

Збільшення терміну служби валків залежить від низки заходів, які мають виконуватися відповідно до існуючих інструкцій з експлуатації валків. Одним із важливих заходів є правильне зберігання та транспортування валків.

Для зберігання валків повинні бути встановлені спеціальні стелажі, що унеможливлюють пошкодження поверхні бочки або шийки валка, а

також торкання валків між собою. Сортові валки слід зберігати в пірамідах комплексно і в тому порядку, в якому вони знаходяться в кліті, що дозволить уникнути пошкодження поверхні калібру та сколів буртів.

Температура приміщення, де зберігаються валки, не повинна вагатися, її необхідно підтримувати на постійному рівні.

Валки шліфовані та підлягаючі шліфуванні, повинні зберігатися окремо на різних стелажі! Під час зберігання валки покривають антикорозійним мастилом, яке видаляють тільки перед встановленням валків у кліть.

Встановлювати валки в кліть необхідно з цілим рядом обережностей, щоб уникнути удару валка об валок. Так, наприклад, для цієї мети на нижній валок укладають фетрову або дерев'яну прокладку, що захищає валки від пошкоджень під час перевалки. Після перевалки валки повинні бути ретельно встановлені та однаково притиснуті по всій довжині бочки.

Транспортування валків у цеху необхідно проводити з великою обережністю на спеціально пристосованих для цієї мети візках, оберігаючи їх від ударів і поштовхів, не допускаючи будь-яких вибоїн на них. При перевезенні валків у зимових умовах, коли перепад температур у цеху та зовнішнього середовища досягає 50 °С і більше, потрібне вжиття певних заходів для забезпечення сталості експлуатаційних властивостей валків.

В даний час існують недоліки технологічного процесу прокатки на блюмінгу ПАТ «Дніпроспецсталь». Має місце велика невідповідність профілерозмірів. Особливо це стосується кола діаметром 200мм і більше. Це відбувається через застаріле обладнання та низьку кваліфікацію вальцювальників. Через погану якість металу велика кількість прокату йде у відходи, збільшуються витрати металу.

На блюмінгу ПАТ «Дніпроспецсталь» до цих пір існує ще багато ручної праці. Наприклад, таврування прокату проводиться клеймовщиками вручну.

Також через те, що стан досить старий, має місце велика витрата енергоресурсів, витрата металу і погана якість готової продукції.

Для підвищення якості прокату, зниження енерговитрат, зниження витрати металу і збільшення продуктивності стану необхідно забезпечити умови на стані по збільшенню обтиснення, швидкості прокатки, маси зливка. Це може бути досягнуто при збільшенні діаметру бочки валків до 1100мм, зміни системи розташування калібрів та встановлення нових двигунів індивідуального приводу валків потужністю 3550кВт.

Нове обладнання стану спроектовано з урахуванням умов роботи діючого стану. Існуюча конструкція станини блюмінга 1050 дозволяє установку валків з діаметром 1100мм бочки без заміни станин. Нові прокатні двигуни встановлюють на існуючі фундаменти.

2. Розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей головної лінії прокатного стана

2.1 Розрахунок параметрів прокатки

Розрахунок пропускної здатності агрегатів

Технічно можлива продуктивність стану визначається за формулою:

$$A = \frac{3600}{Tn} * G \text{ , т/год.}$$

У виробничих умовах з різних причин організаційного та технологічного характеру можливі перерви в роботі станів. У зв'язку з цим вводять коефіцієнт використання стану «k». Для заводу «Дніпроспецсталь» цей коефіцієнт дорівнює k = 0,8. Для визначення продуктивності табору необхідно знати такт прокатки.

$$T_n = \sum t_m + \sum t_n + t_0 \text{ , с}$$

Σt_m=49с - сума машинного часу прокатки;

Σt_n= 16с - сума часу пауз;

t_o =8с - час паузи між розкатами.

Підставивши числові значення в першу формулу, отримаємо

$T_п$=49+16+8= 73 с.

Тоді фактична годинна продуктивність стана при прокатці злитку масою G = 4.5 т дорівнює:

$$A_в = \frac{3600}{Tn} * G * k \text{ , т/год}$$

$$Ав = \frac{3600}{73} * 4,5 * 0,8 = 177 \text{ (т/год)}$$

Для визначення середньогодинної продуктивності стана за придатним за зміну необхідно у формулу 3.3 підставити коефіцієнт виходу придатного k. Для ПАТ «Дніпроспецсталь» k = 0,78.

Проводимо дослідження необхідного зусилля для прокатки злитка перетином 650х650мм в блюм перетином 185х185мм в кожному з струмків.

Таблиця 2.1 Вихідні дані до розрахунку при прокатці злитка 0,650х0,650м в блюм 0,185х0,185м

Номер проходу	Переріз блюма, м	Кантовка	Обтиснення, мм	Абсолютне обтиснення, мм
1	2	3	4	5
1	0,575х0,650		75	0
2	0,500х0,660	К	75	10
3	0,575х0,510		85	10
4	0,490х0,520		85	10
5	0,405х0,530		85	10
6	0,320х0,540	К	85	10
7	0,430х0,340		110	20
8	0,320х0,360	К	110	20
9	0,290х0,335		70	15
10	0,220х0,350	К	70	15
11	0,260х0,235		90	15
12	0,175х0,250	К	85	15
13	0,185х0,185		65	10

Розраховуємо енергосилові параметри гарячої прокатки злитку 650х650 на блюмінгу 1100. Визначаємо катаючий діаметр валків в калібрах при

мінімальному діаметрі валків по буртах після переточування

$$D_i=0,9\cdot D-h_{ki},\quad мм \tag{2.1}$$

де D - діаметр нових валків;

h_{ki} - глибина врізу калібру у валки;

0,9 - коефіцієнт зменшення діаметра валків в наслідок переточування.

Підставивши числові значення у формулу (2.1), отримаємо

D_1 = 0,9 · 0,1100-0,150 = 0,840 м;

D_2 = 0,9 · 0,1100-0,180 = 0,810 м;

D_3= 0,9 · 0,1100-0,170 = 0,820 м;

D_4= 0,9 · 0,1100-0,165 = 0,825 м.

Визначаємо швидкість прокатки

$$V=\frac{\pi Dn}{60},\ м/с \tag{2.2}$$

де n - кількість обертів валків в хвилину.

Підставивши числові значення у формулу (2.2), отримаємо:

$$V_1=\frac{3,14\cdot 0,84\cdot 25}{60}=1,1\ м/с,$$

$$V_2=\frac{3,14\cdot 0,81\cdot 35}{60}=1,5\ м/с,$$

$$V_3=\frac{3,14\cdot 0,82\cdot 60}{60}=2,6\ м/с,$$

$$V_4=\frac{3,14\cdot 0,825\cdot 90}{60}=3,9\ м/с.$$

Визначаємо швидкість деформації металу:

$$\cup=\frac{V\cdot \square h}{l_d\cdot h},c^{-1} \tag{2.3}$$

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

V - швидкість прокатки, мм/с;

Δh - величина обтиснення, мм;

l_d - довжина дуги контакту, мм;

h - початкова висота прокату.

Довжину дуги контакту знаходимо за формулою:

$$l_d = \sqrt{R \cdot \Delta h}\,, \qquad (2.4)$$

Підставивши числові значення у формулу (2.4), отримаємо:

$L_{1\text{-}2} = \sqrt{420 \cdot 75} = 0{,}1775$ (м);

$L_{3\text{-}6} = \sqrt{420 \cdot 85} = 0{,}1889$ (м);

$L_{7\text{-}8} = \sqrt{405 \cdot 110} = 0{,}211$ (м);

$L_{9\text{-}10} = \sqrt{410 \cdot 90} = 0{,}1921$ (м);

$L_{11\text{-}12} = \sqrt{410 \cdot 85} = 0{,}1867$ (м);

$L_{13} = \sqrt{412.5 \cdot 65} = 0{,}1637$ (м).

Швидкість деформації металу дорівнює:

$U_1 = \frac{1100*75}{650*177.5} = 0{,}720$ (1/с); $U_8 = \frac{1500*110}{430*177.5} = 1{,}820$ (1/с);

$U_2 = \frac{1200*75}{575*177.5} = 0{,}880$ (1/с); $U_9 = \frac{1700*70}{360*177.5} = 1{,}960$ (1/с);

$U_3 = \frac{1300*85}{660*188.9} = 0{,}890$ (1/с); $U_{10} = \frac{1700*70}{290*177.5} = 2{,}440$ (1/с);

$U_4 = \frac{1300*85}{575*177.5} = 1{,}020$ (1/с); $U_{11} = \frac{2600*90}{350*177.5} = 3{,}480$ (1/с);

$U_5 = \frac{1300*85}{490*177.5} = 1{,}20$ (1/с); $U_{12} = \frac{2600*85}{260*177.5} = 4{,}550$ (1/с);

$U_6 = \frac{1300*85}{405*177.5} = 1{,}440$ (1/с); $U_{13} = \frac{3900*65}{250*177.5} = 6{,}190$ (1/с).

$U_7 = \frac{1500*110}{540*177.5} = 1{,}450$ (1/с);

За формулою А.В.Третьякова визначаємо межу плинності металу:

$$\sigma_ф = \sigma_{од}\,\beta k_t k_\varepsilon k_U\,, \text{ МПа} \qquad (2.5)$$

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

β - коефіцієнт Лоде;

k_t, $к_\varepsilon$, $К_u$ - поправочні коефіцієнти, які враховують відповідно

температуру, ступінь обтиснення та швидкість деформації.

Коефіцієнти, які враховують температуру:

K_{t1} = 0.53; k_{t2} = 0.545; k_{t3} = 0.56; k_{t4}= 0.575; k_{t5}= 0.59;

K_{t6}= 0.605; k_{t7}= 0.62; k_{t8}= 0.635; k_{t9} = 0.65; k_{t10}= 0.665;

K_{t11} = 0.68; k_{t12}= 0.7; k_{t13} = 0.73.

Коефіцієнти, які враховують швидкість деформації:

k_{u1} = 0.65; k_{u2}=0.67; k_{u3}=0.72; k_{u4}=0.72; k_{u5}= 0.725; k_{u6}= 0.723; k_{u7}= 0.735; k_{u8}= 0.746; k_{u9} = 0.745; k_{u10}=0.76; k_{u11} = 0.79; k_{u12} = 0.8; k_{u13} = 0.89.

Для визначення поправочного коефіцієнта, що враховує ступінь обтиснення, знайдемо відносне обтиснення за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{H}, \tag{2.6}$$

$\varepsilon_1 = \frac{75}{650}$ = 11,5% ; $\varepsilon_8 = \frac{75}{430}$ = 25,6% ;

$\varepsilon_2 = \frac{75}{575}$ = 13,0% ; $\varepsilon_9 = \frac{75}{360}$ = 19,4 % ;

$\varepsilon_3 = \frac{75}{660}$ = 12,9% ; $\varepsilon_{10} = \frac{75}{290}$ = 24,1% ;

$\varepsilon_4 = \frac{75}{575}$ = 14,8% ; $\varepsilon_{11} = \frac{75}{350}$ = 25,7% ;

$\varepsilon_5 = \frac{75}{490}$ = 17,3% ; $\varepsilon_{12} = \frac{75}{260}$ = 32,7% ;

$\varepsilon_6 = \frac{75}{405}$ = 20,0% ; $\varepsilon_{13} = \frac{75}{250}$ = 26,0% ;

$\varepsilon_7 = \frac{75}{540}$ = 20,0% ;

Коефіцієнти, які враховують ступінь обтиснення:

$k_{\varepsilon 1}$ = 1.04; $k_{\varepsilon 2}$ = 1.09; $k_{\varepsilon 3}$ = 1.08; $k_{\varepsilon 4}$ =1.14; $k_{\varepsilon 5}$ =1.19; $k_{\varepsilon 6}$ = 1.25;

$k_{\varepsilon 7}$= 1.25; $k_{\varepsilon 8}$ = 1.285; $k_{\varepsilon 9}$ =1.245; $k_{\varepsilon 10}$ =1.275; $k_{\varepsilon 11}$ = 1.285;

$k_{\varepsilon 12}$ = 1.322; $k_{\varepsilon 13}$ =1.286.

Отримані значення коефіцієнтів підставимо у формулу (2.5). Базове значення опору металу деформації $\sigma_{од}$ = 105 МПа для сталі ШХ15.

Коефіцієнт Лоде β = 1.15

$\sigma_{ф1}$=105·1.15·0,53·0,65·1,04=44,6 МПа;

$\sigma_{ф2}$=105·1.15·0,545·0,67·1,09=51,0 МПа;

$\sigma_{ф3}$=105·1.15·0,56·0,72·1,08=52,6 МПа;

$\sigma_{ф4}$=105·1.15·0,575·0,72·1,14=57,0 МПа;

$\sigma_{ф5}$=105·1.15·0,59·0,725·1,19=58,8 МПа;

$\sigma_{ф6}$=105·1.15·0,605·0,728·1,25=66,5 МПа;

$\sigma_{ф7}$=105·1.15·0,62·0,735·1,25=69,0 МПа;

$\sigma_{ф8}$=105·1.15·0,635·0,746·1,285=73,7 МПа;

$\sigma_{ф9}$=105·1.15·0,65·0,745·1,245=72,8 МПа;

$\sigma_{ф10}$=105·1.15·0,665·0,76·1,275=77,8 МПа;

$\sigma_{ф11}$=105·1.15·0,68·0,79·1,285=83,3 МПа;

$\sigma_{ф12}$=105·1.15·0,7·0,8·1,322=89,4 МПа;

$\sigma_{ф13}$=105·1.15·0,73·0,89·1,286=100,9 МПа.

Середній тиск розраховуємо за формулою:

$$p_{ср} = \sigma_{ф} \cdot \left(1 + 0{,}2 \cdot \frac{l_d}{h_{ср}}\right) \cdot \left[1 + \left(1{,}1 - \frac{l_d}{h_{ср}}\right)^2\right] \qquad (2.7)$$

$$p_{ср1} = 44{,}6 \cdot \left(1 + 0{,}2 \cdot \frac{177{,}5}{612{,}5}\right) \cdot \left[1 + \left(1{,}1 - \frac{177{,}5}{612{,}5}\right)^2\right] = 78{,}1\text{МПа},$$

$$p_{ср2} = 51 \cdot \left(1 + 0{,}2 \cdot \frac{177{,}5}{573{,}5}\right) \cdot \left[1 + \left(1{,}1 - \frac{177{,}5}{573{,}5}\right)^2\right] = 88{,}6\text{МПа},$$

$$p_{ср3} = 52{,}6 \cdot \left(1 + 0{,}2 \cdot \frac{188{,}9}{617{,}5}\right) \cdot \left[1 + \left(1{,}1 - \frac{188{,}9}{617{,}5}\right)^2\right] = 91{,}4\text{МПа},$$

$$p_{ср4} = 57 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{188,9}{532,5}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{188,9}{532,5}\right)^2\right] = 95,2 МПа,$$

$$p_{ср5} = 58,8 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{188,9}{447,5}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{188,9}{447,5}\right)^2\right] = 93 МПа,$$

$$p_{ср6} = 66,5 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{188,9}{362,5}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{188,9}{362,5}\right)^2\right] = 97,7 МПа,$$

$$p_{ср7} = 69 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{211}{485}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{211}{485}\right)^2\right] = 108,6 МПа,$$

$$p_{ср8} = 73,7 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{211}{375}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{211}{375}\right)^2\right] = 105,7 МПа,$$

$$p_{ср9} = 72,8 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{168,4}{325}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{168,4}{325}\right)^2\right] = 106,9 МПа,$$

$$p_{ср10} = 77,8 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{168,4}{255}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{168,4}{255}\right)^2\right] = 104,8 МПа,$$

$$p_{ср11} = 83,3 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{192,1}{305}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{192,1}{305}\right)^2\right] = 114,4 МПа,$$

$$p_{ср12} = 89,4 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{186,7}{217,5}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{186,7}{217,5}\right)^2\right] = 111 МПа,$$

$$p_{ср12} = 100,9 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{163,7}{217,5}\right) \cdot \left[1 + \left(1,1 - \frac{163,7}{217,5}\right)^2\right] = 130 МПа.$$

Знаходимо силу прокатки за формулою

$$P = p_{ср} \cdot l_d \cdot B_{ср}, \text{ МН} \qquad (2.8)$$

Звідси зусилля прокатки по проходах дорівнює:

P_1=78,1·0,177·0,65=9000 кН;

P_2=88.6·0,177·0,655=10300 кН;

P_3=91.4·0,188·0,5=8600 кН;

P_4=95.2·0,188·0,51=9100 кН;

P_5=93·0,188·0,52=9100 кН;

P_6=97.7·0,188·0,53=9700 кН;

P_7=108,4·0,211·0,32=7300 кН;

P_8=105.7·0,211·0,34=7600 кН;

P_9=106.9·0,168·0,32=5080 кН;

P_{10}=104.8·0,168·0,335=5900 кН;

P_{11}=114.4·0,192·0,22=4800 кН;

P_{12}=111·0,187·0,235=4900 кН;

P_{13}=130·0,164·0,175=3700 кН.

Визначаємо коефіцієнт положення рівнодіючої сили:

$$\psi = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{l_d}{h_{cp}} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)^2 \qquad (2.9)$$

$$\psi_1 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{177{,}5}{612{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{177{,}5}{612{,}5} \right)^2 = 0{,}57;$$

$$\psi_2 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{177{,}5}{537{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{177{,}5}{537{,}5} \right)^2 = 0{,}545;$$

$$\psi_3 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{188{,}9}{617{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{188{,}9}{617{,}5} \right)^2 = 0{,}55;$$

$$\psi_4 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{188{,}9}{532{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{188{,}9}{532{,}5} \right)^2 = 0{,}53;$$

$$\psi_5 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{188{,}9}{447{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{188{,}9}{447{,}5} \right)^2 = 0{,}5;$$

$$\psi_6 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{188{,}9}{362{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{188{,}9}{362{,}5} \right)^2 = 0{,}45;$$

$$\psi_7 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{211}{485} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{211}{485} \right)^2 = 0{,}48;$$

$$\psi_8 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{211}{375} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{211}{375} \right)^2 = 0{,}32;$$

$$\psi_9 = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{168{,}4}{325} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{168{,}4}{325}\right)^2 = 0{,}45;$$

$$\psi_{10} = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{168{,}4}{255} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{168{,}4}{255}\right)^2 = 0{,}4;$$

$$\psi_{11} = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{192{,}1}{305} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{192{,}1}{305}\right)^2 = 0{,}4;$$

$$\psi_{12} = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{186{,}7}{217{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{186{,}7}{217{,}5}\right)^2 = 0{,}355;$$

$$\psi_{13} = 0{,}79 - 0{,}89 \cdot \frac{167{,}3}{217{,}5} + 0{,}44 \cdot \left(\frac{167{,}3}{217{,}5}\right)^2 = 0{,}37\ .$$

Розраховуємо крутний момент прокатки для двох валків і сумарний статичний момент на валу двигуна:

-момент деформації $2M = 2\psi \cdot l_d \cdot P$, МН·м , (2.10)

- момент тертя 1го валка $M'_{тр1} = P \cdot f_ш \cdot d_ш$, МН·м (2.11)

- момент тертя 2го валка $M'_{тр2} = \left(\frac{1}{\eta}\right) \cdot (2M + M'_{тр1})$, МН·м (2.12)

- статичний момент $M_{дв} = M'_{тр1} + M'_{тр2} + 2M$, МН·м. (2.13)

Діаметр шийки валка рівний $d_ш$ = 0.68м, коефіцієнт тертя в підшипниках валків дорівнює $f_ш$ = 0.02, сумарний коефіцієнт корисної дії передачі «двигун-валки» дорівнює η= 0.95.

$2M_1 = 2 \cdot 0{,}57 \cdot 0{,}177 \cdot 9 = 1810$ кН·м;

$M'_{тр1} = 9 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}68 = 120$ кН·м;

$M'_{тр2} = \left(\frac{1}{0{,}95} - 1\right) \cdot (0{,}12 + 1{,}81) = 96$ кН·м;

$M_{дв1} = 1810 + 96 + 120 = 2020$ кН·м;

$2M_2 = 2 \cdot 0{,}545 \cdot 0{,}177 \cdot 10{,}3 = 1990$ кН·м;

$M'_{тр1} = 10{,}3 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}68 = 140$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,14+1,99)=100$ кН·м;

$M_{дв2}=1,99+0,1+0,14=2230$ кН·м;

$2M_3=2\cdot0,55\cdot0,189\cdot8,6=1790$ кН·м;

$M'_{тр1}=8,6\cdot0,02\cdot0,68=116$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,116+1,79)=95$ кН·м;

$M_{дв3}=1,79+0,095+0,116=2000$ кН·м;

$2M_4=2\cdot0,53\cdot0,189\cdot9,1=1820$ кН·м;

$M'_{тр1}=9,1\cdot0,02\cdot0,68=123$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,123+1,82)=102$ кН·м;

$M_{дв4}=1,82+0,102+0,123=2040$ кН·м;

$2M_5=2\cdot0,5\cdot0,189\cdot9,1=1720$ кН·м;

$M'_{тр1}=9,1\cdot0,02\cdot0,68=123$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,123+1,72)=97$ кН·м;

$M_{дв5}=1,72+0,097+0,23=1940$ кН·м;

$2M_6=2\cdot0,45\cdot0,189\cdot9,7=1650$ кН·м;

$M'_{тр1}=9,7\cdot0,02\cdot0,68=131$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,131+1,65)=93$ кН·м;

$M_{дв6}=1,65+0,093+0,131=1870$ кН·м;

$2M_7=2\cdot0,48\cdot0,211\cdot7,3=1470$ кН·м;

$M'_{тр1}=7,3\cdot0,02\cdot0,68=99$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,099+1,47)=82$ кН·м;

$M_{дв7}=1,47+0,082+0,099=1650$ кН·м;

$2M_8=2\cdot0,32\cdot0,211\cdot7,6=1020$ кН·м;

$M'_{тр1}=7,6\cdot0,02\cdot0,68=103$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,103+1,02)=59$ кН·м;

$M_{дв8}=1,02+0,059+0,103=1180$ кН·м;

$2M_9=2\cdot0,45\cdot0,168\cdot5,74=860$ кН·м;

$M'_{тр1}=5,74\cdot0,02\cdot0,68=78$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,078+0,86)=49$ кН·м;

$M_{дв9}=0,86+0,049+0,078=980$ кН·м;

$2M_{10}=2\cdot0,4\cdot0,168\cdot5,9=790$ кН·м;

$M'_{тр1}=5,9\cdot0,02\cdot0,68=80$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,08+0,79)=45$ кН·м;

$M_{дв10}=0,79+0,045+0,08=915$ кН·м;

$2M_{11}=2\cdot0,4\cdot0,192\cdot4,8=740$ кН·м;

$M'_{тр1}=4,8\cdot0,02\cdot0,68=65$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,065+0,74)=40$ кН·м;

$M_{дв11}=0,74+0,065+0,04=850$ кН·м;

$2M_{12}=2\cdot0,355\cdot0,187\cdot4,9=650$ кН·м;

$M'_{тр1}=4,9\cdot0,02\cdot0,68=67$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,65+0,067)=36$ кН·м;

$M_{дв12}=0,65+0,067+0,036=735$ кН·м) ;

$2M_{13}=2\cdot0,37\cdot0,164\cdot3,7=450$ кН·м;

$M'_{тр1}=3,7\cdot0,02\cdot0,68=50$ кН·м;

$M'_{тр2}=\left(\frac{1}{0,95}-1\right)\cdot(0,45+0,05)=25$ кН·м;

$M_{дв13}=0,35+0,05+0,025=525$ кН·м.

Визначаємо статистичну потужність двигуна за формулою

$$N_{дв}=\frac{960\cdot Мдв\cdot V}{R\cdot\eta}, \qquad (2.14)$$

$N_{дв1}=\frac{960\cdot2.02\cdot1.1}{0.415\cdot0.95}=5,41$ (МВт); $N_{дв8}=\frac{960\cdot1.19\cdot1.5}{0.415\cdot0.95}=4,5$ (МВт);

$N_{дв2}=\frac{960\cdot2.23\cdot1.2}{0.415\cdot0.95}=6,52$ (МВт); $N_{дв9}=\frac{960\cdot1\cdot1.7}{0.415\cdot0.95}=4,25$ (МВт);

$N_{дв3}=\frac{960\cdot2\cdot1.3}{0.415\cdot0.95}=6,35$ (МВт); $N_{дв10}=\frac{960\cdot2.02\cdot1.1}{0.415\cdot0.95}=3,9$ (МВт);

$N_{дв4}=\frac{960\cdot2.04\cdot1.3}{0.415\cdot0.95}=6,46$ (МВт); $N_{дв11}=\frac{960\cdot0.85\cdot2.6}{0.415\cdot0.95}=5,45$ (МВт);

$N_{дв5}=\frac{960\cdot1.93\cdot1.3}{0.415\cdot0.95}=6,11$ (МВт); $N_{дв12}=\frac{960\cdot0.753\cdot2.6}{0.415\cdot0.95}=4,9$ (МВт);

$N_{дв6}=\frac{960\cdot1.87\cdot1.3}{0.415\cdot0.95}=5,92$ (МВт); $N_{дв13}=\frac{960\cdot0.525\cdot3.9}{0.415\cdot0.95}=5,1$ (МВт);

$N_{дв7}=\frac{960\cdot1.67\cdot1.5}{0.415\cdot0.95}=6,3$ (МВт).

Обираємо двигун П2-22/150 потужністю 3,55 МВт.

2.2 Оцінка навантажувальної здатності валків за критерієм завантаження

Слід зазначити, що у прокатних цехах особливо часто мають місце поломки прокатних валків, що мають серед інших елементів головної лінії стану мінімальний запас міцності. При цьому частка валків у собівартості прокату становить значну частину. Тому зниження кількості поломок валків дозволяє одержати значний економічний ефект.

Робота валків характеризується дією навантажень, що змінюються за величиною та за величиною та знаком. Тому основна частина поломок валків - це руйнування внаслідок втоми.

Робота блюмінгів характеризується різноманіттям схем прокатки, отже, і навантажень на елементи валка. При цьому залежно від схеми прокатки та схеми розташування калібрів на валку змінюються умови навантаження кожного калібру. За відсутності прогнозу навантаження кожного калібру один із калібрів може виявитися перевантаженим, що призведе до руйнування валка.

Валки блюмінгу зазвичай мають 3-5 прямокутних калібрів, розташованих у різному порядку. Зазвичай перший калібр розташовують на краю валків, а наступні - по ходу прокатки. Таке розташування призводить до мінімальних пауз між проходами у зв'язку з переміщенням блюму по мірі прокатки. Але при цьому підшипники валків навантажені нерівномірно, тому розташування першого калібру посередині бочки добре зарекомендувало себе, особливо при прокатці слябів.

У роботі [1] досить повно викладено розроблену методику класифікації та розрахунку навантажень, засновану на використанні статистичних критеріїв, яка дозволяє із заданою ймовірністю прогнозувати величину навантажень, що діють на прокатну кліть з урахуванням сортаменту прокату та розрахувати ресурс та запаси міцності головної лінії стану. Однак наведена методика не дозволяє визначити доцільність

конкретного режиму обтискання та схеми розташування калібрів на валку з точки зору рівномірного завантаження калібрів.

Як критерій завантаження калібрів пропонується використовувати суму множення напружень вигину в даному калібрі на кількість циклів при прокатуванні зливка у всіх калібрах:

$$Z_q = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{m} \sigma_{ij}^{q} \cdot n_{ij} \ ,$$

де σ_{ij}^{q} - напруження вигину в і-му калібрі при прокатці зливка у всіх калібрах;

n_{ij} - кількість циклів при прокатці зливка в j-му калібрі;

p -кількість проходів при прокатці зливка;

m -кількість калібрів.

При цьому сумарне завантаження валка визначається виразом:

$$Z_{\forall} = \sum_{q=1}^{m} Z_q \ .$$

Методика розрахунку завантаження калібрів валків включає наступні блоки:

1) розрахунок швидкісного та температурного режимів прокатки;

2) розрахунок зусиль прокатки;

3) розрахунок завантаження калібрів.

Розрахунок швидкісного та температурного режимів прокатки при заданому режимі обтискання, в результаті якого визначається максимальна та середня швидкість у кожному проході з використанням методики Тягунова В.А. [2] та температура металу у кожному проході [3]. Передбачено використання експериментальних даних, що враховують особливості конкретного стану.

Розрахунок зусиль прокатки з проходів за формулою

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

де $p_{ср}$ - середній контактний тиск.

Розрахунок завантаження калібрів проводиться у наступній послідовності.

Визначаються моменти та напруги вигину у всіх калібрах при прокатці зливка в першому калібрі за формулами (для кожного калібру):

$$\text{Мзг} = P\,\frac{\text{x}}{\text{a}} \cdot (\text{a} - \text{x})\,,$$

де x – відстань від опори до середини відповідного калібру;

a -відстань між опорами валка.

Потім визначаються моменти вигину та напруження у всіх калібрах.

Кількість циклів у кожному проході визначається за такою формулою:

$$n_i = \frac{l_i}{\pi \cdot D_j}$$

де l_i - довжина блюма у і -тому проході;

D_j- катаючий діаметр j -го калібру.

Результати попередньо виконаного розрахунку зусилля на валки показали, що найбільше зусилля буде при прокатці блюма в першому калібрі, Р1 = 10300 кН. У калібрах 2, 3 та 5 прокатують заготовку перетином 350х350 мм, 250х250 мм і 185х185 мм. Найбільші зусилля при цьому будуть у калібрі 2-Р2 = 7600 кН, в калібрі 3 – Р3 = 5500 кН і в калібрі 5 – Р4 = 4600 кН.

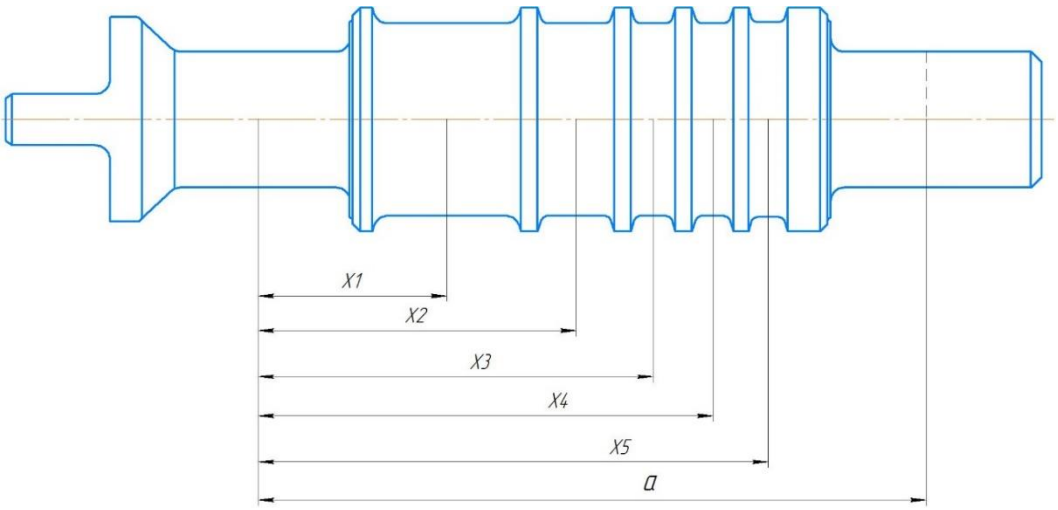


Рисунок 2.1 Розрахункова схема валка блюмінгу (послідовне розташування калібрів)

Максимальний момент вигину знаходимо за формулою:

$$Мзг = P\,\frac{x}{a}\cdot(a - x) = P \cdot x\,(a - x) \cdot \left(1 - \frac{x}{a}\right), \qquad (2.15)$$

При прокатці в першому калібрі х = 0,865 м

$$M_{зг1} = 10{,}3 \cdot 0{,}865 \left(1 - \frac{0{,}865}{3{,}02}\right) = 6300 \text{ кН·м}$$

При прокатці в калібрі 2 при х = 1,47 м

$$M_{зг2} = 7{,}6 \cdot 1{,}47 \left(1 - \frac{1{,}47}{3{,}02}\right) = 5700 \text{ кН·м}$$

При прокатці в третьому калібрі при х = 1,1 м

$$M_{зг3} = 5{,}5 \cdot 1{,}1 \left(1 - \frac{1{,}1}{3{,}02}\right) = 3800 \text{ кН·м}$$

При прокатці в п’ятому калібрі при х = 0,595 м

$$M_{зг4} = 4{,}6 \cdot 0{,}595 \left(1 - \frac{0{,}595}{3{,}02}\right) = 2200 \text{ кН·м.}$$

Визначаємо опір кожного поперечного перерізу бочки на вигин у перерізах 1 - 6 в м^3.

$W_{1\text{-}6} = 0{,}1D^3 = 0{,}57;\ 0{,}53;\ 0{,}55;\ 0{,}55;\ 0{,}315;\ 0{,}315$ м^3.

Визначаємо напругу згину в кожному перерізі від моментів вигину за формулою:

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из}}{W_б} = \frac{M_{из}}{0{,}1 \cdot D^3},\ \text{МПа} \qquad (2.16)$$

$\sigma_{з1\text{-}1} = \frac{6{,}3}{0{,}57} = 110500$ кПа ; $\sigma_{з2\text{-}1} = \frac{3{,}2}{0{,}57} = 56000$ кПа ;

$\sigma_{з1\text{-}2} = \frac{4{,}5}{0{,}53} = 85000$ кПа ; $\sigma_{з2\text{-}2} = \frac{5{,}7}{0{,}53} = 107000$ кПа ;

$\sigma_{з1\text{-}3} = \frac{3{,}5}{0{,}55} = 6400$ кПа ; $\sigma_{з2\text{-}3} = \frac{4{,}5}{0{,}55} = 82000$ кПа ;

$\sigma_{з1\text{-}4} = \frac{1{,}5}{0{,}55} = 27000$ кПа ; $\sigma_{з2\text{-}4} = \frac{2}{0{,}55} = 36400$ кПа ;

$\sigma_{з1\text{-}5} = \frac{1}{0{,}315} = 31700$ кПа ; $\sigma_{з2\text{-}5} = \frac{1{,}2}{0{,}315} = 38000$ кПа ;

$\sigma_{з1\text{-}6} = \frac{2,7}{0,315} = 85700$ кПа ; $\sigma_{з2\text{-}6} = \frac{1,3}{0,315} = 41300$ кПа ;

$\sigma_{з3\text{-}1} = \frac{1,8}{0,57} = 31600$ кПа ; $\sigma_{з4\text{-}1} = \frac{0,4}{0,57} = 7000$кПа ;

$\sigma_{з3\text{-}2} = \frac{3}{0,53} = 56600$ кПа ; $\sigma_{з4\text{-}2} = \frac{1,3}{0,53} = 24500$ кПа ;

$\sigma_{з3\text{-}3} = \frac{3,9}{0,55} = 7100$ кПа ; $\sigma_{з4\text{-}3} = \frac{1,5}{0,55} = 27300$ кПа ;

$\sigma_{з3\text{-}4} = \frac{1,7}{0,55} = 31000$ КПа ; $\sigma_{з4\text{-}4} = \frac{2,2}{0,55} = 40000$ кПа ;

$\sigma_{з3\text{-}5} = \frac{1,1}{0,315} = 34900$ кПа ; $\sigma_{з4\text{-}5} = \frac{1,5}{0,315} = 47600$ кПа ;

$\sigma_{з3\text{-}6} = \frac{0,7}{0,315} = 22000$ кПа ; $\sigma_{з4\text{-}6} = \frac{0,2}{0,315} = 6000$ кПа .

Максимальна напруга вигину буде в перерізі 6 при прокатці в першому калібрі -$\sigma_{зг}$= 111,5 МПа. Попередні підрахунки показали, що при цьому до валу прикладається крутний момент від електродвигуна Мдв = 2230 кН·м.

Тоді результуюче напруга складе:

$$\sigma_{рез} = \sqrt{(110,5^2 + 3 * 19,6^2)} = 115,0 \text{ МПа.} \qquad (2.17)$$

Валки виготовлені з кованої сталі, що має $\sigma_в$ = 650,0 МПа. Запас міцності становитиме:

$$n = \frac{650}{115} \approx 5,6$$

Перевіримо напругу кручення в шийці валка (переріз 6). При прокатці блюма в першому калібрі, шийка передає максимальний обертовий момент $M_{кр}$ = 2,23 МН·м, тому

$$\tau = \frac{2,23}{0,2 * 0,68^3} = 19,60 \text{ МПа.}$$

Допустиме значення крутного моменту $[\tau]$ = 80 МПа. З розрахунку видно, що $\tau_{max} < [\tau]$.

В умовах прокатного цеху перший калібр блюмінга розташований на краю валків.

У таблиці 2.2 узагальнені дані розмірів калібрів для валків блюмінга 1100.

Таблиця 2.2 Розміри калібрів валків блюмінга

Номер калібру	Висота $H_к$, м	Ширина , м		Радіус закруглення, мм		Ухил (випуск) %	Опуклість, мм
		по дну	у зазорі	r	r′		
I	0,16	0,723	0,759	65	20	24	-
II	0,19	0,295	0,356	30	20	33,8	5
III	0,17	0,200	0,250	25	25	31,3	2,5
IV	0,17	0,170	0,205	27	25	251,9	0,5
V	0,15	0,145	0,165	20	20	14,3	-

Режим обтискання блюмів представлено у таблиці 2.1.

Величини критерію завантаження калібрів і валка становлять:

$Z_1 = 1127$, $Z_2 = 1487$, $Z_3 = 997$, $Z_4 = 697$, $Z_3 = 538$ $Z_\Sigma = 4846$.

У разі розташування бочки в середній частині валка критерії завантаження калібрів дорівнюють:

$Z_1 = 1145$, $Z_2 = 1132$, $Z_3 = 867$, $Z_4 = 617$, $Z_3 = 498$ $Z_\Sigma = 4259$.

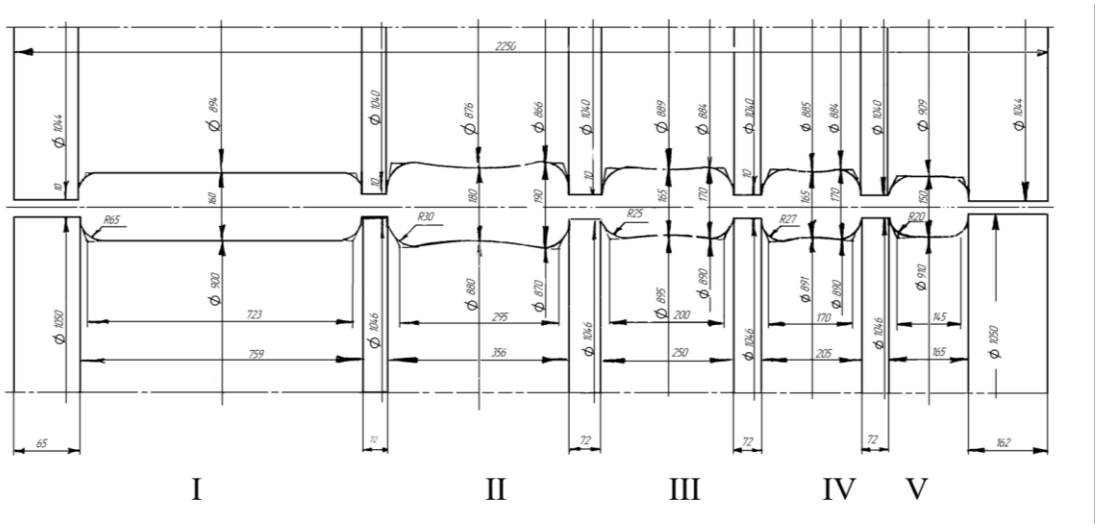


Рисунок 2.2 Калібровка валків блюмінга

Найменше навантаження калібрів і менше сумарне навантаження валка свідчить про перевагу другої схеми розташування калібрів.

Застосування запропонованої методики дозволяє оцінити завантаження калібрів та вибрати режим, що сприяє підвищенню терміну служби валків.

.

3. Дослідження навантажень та ресурсу валків прокатного стана

3.1 Дослідження валків з різними схемами розташування калібрів

Застосовується дві схеми розташування калібрів на валках. Перша називається послідовною (рис. 3.1). Прокатка на таких валках здійснюється у послідовності, показаній стрілками. Після кількох перепусток на гладкій бочці здійснюється кантування смуги, тобто зміна напряму обтиснення. Через кілька перепусток блюм передається в наступний калібр. Метал послідовно пересувається по всіх калібрах зліва направо в одному напрямку, що спрощує процес прокатки. Однак у найбільш навантажених перших пропусках на гладкій бочці лівий підшипник сприймає більше навантаження, ніж правий, тому підшипники нерівномірно зношуються. Крім того, з водою, що подається на валки для їх охолодження та видалення окалини, окалина потрапляє в лівий підшипник, посилюючи складні умови його роботи.

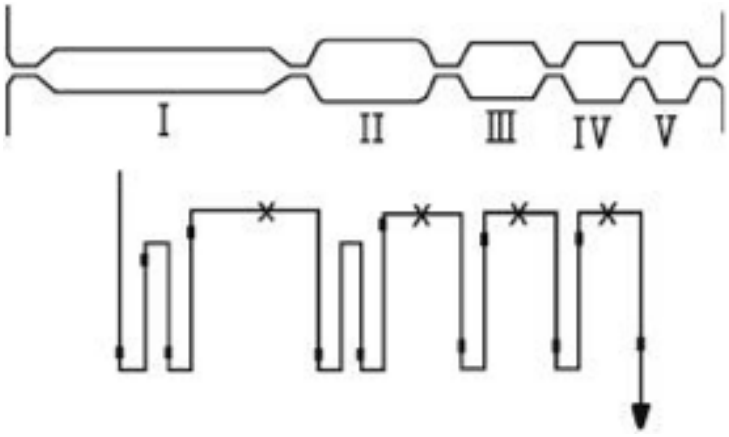


Рисунок 3.1. Послідовне розташування калібрів

Поточний тип калібрування валків застосовують на прокатному стані ПАТ «Дніпроспецсталь». Однак у такій схемі розташування калібрів наявні вище перелічені недоліки.

Щоб усунути ці недоліки, пропонується застосувати симетричне розташування калібрів на валках (рис. 3.2 стрілками показана послідовність прокатки).

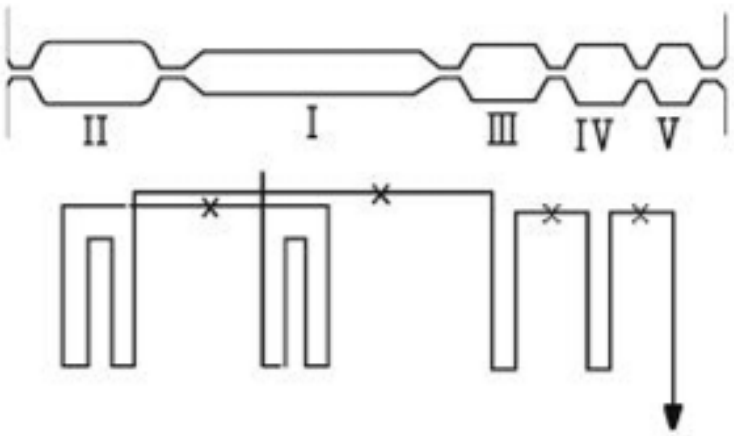


Рисунок 3.2. Симетричне розташування калібрів

З гладкої бочки метал спочатку рухається вліво до першого калібру, потім праворуч у другий калібр. Умови експлуатації підшипників покращуються. На кожному заводі вибирають свій варіант розташування калібрів на валках, але кращим вважається симетричний, особливо тоді, коли не потрібна максимальна продуктивність стану.

Для оцінки навантажувальної здатності валків за різними схемами розташування калібрів проведемо дослідження з використанням модуля Simulation програми SOLIDWORKS. Це система аналізу конструкцій, повністю інтегрована із SOLIDWORKS. Програма SOLIDWORKS Simulation забезпечує рішення щодо моделювання для лінійного та нелінійного статичного аналізу, аналізу частоти, стійкості, температурного аналізу, втоми, судини тиску, випробувань на ударне навантаження, лінійного та нелінійного динамічного аналізу, а також аналізу оптимізації.

Програмне забезпечення використовує метод кінцевих елементів (МКЕ). МКЕ – це чисельний метод аналізу технічних конструкцій. МКЕ прийнятий як стандартний метод аналізу завдяки його універсальності та

придатності для роботи на комп'ютерах. МКЕ ділить модель багато малих частин простих форм, званих елементами, ефективно замінюють складне завдання кількома простими, які необхідно вирішити разом. Елементи мають спільні точки, які називаються вузлами. Процес розподілу моделі на малі частини називається створенням сітки.

Реакція у будь-якій точці елемента інтерполюється з реакції вузлів елементів. Кожен вузол повністю описується рядом параметрів, які залежать від типу аналізу та використовуваного елемента. Наприклад, температура вузла повністю описує його реакцію у термічному аналізі. Для розрахунків конструкції реакція вузла представляється, загалом, трьома переміщеннями та трьома обертаннями. Вони називаються ступенями свободи (DOF). Аналіз із використанням методу FEM називається аналізом кінцевих елементів (FEA) [8].

Розрахунок виконувався способом імітаційного моделювання процесу навантаження в модулі «Статичний аналіз»

У лінійному статичному аналізі використовуються наступні припущення. Усі навантаження додаються повільно і поступово, доки досягнуть своїх повних величин. По досягненню своїх повних величин навантаження залишаються постійними (незмінними за часом). Таке припущення дозволяє знехтувати внутрішніми і демпфуючими силами через невеликі прискорення і швидкості. Навантаження, що змінюються за часом, що включають суттєві внутрішні та/або демпфуючі сили, можуть забезпечити динамічний аналіз. Динамічні навантаження змінюються за часом і в багатьох випадках включають істотні внутрішні і демпфуючі сили, знехтувати якими не можна.

Взаємини між навантаженнями та викликаними реакціями передбачаються лінійними. Можна приймати припущення лінійності, якщо: всі матеріали в моделі підпорядковуються закону Гука, відповідно до якого напруга прямо пропорційна деформації; викликані переміщення досить малі, щоб можна було знехтувати змінами жорсткості, викликаними

навантаженням; граничні умови не змінюються під час застосування навантажень.

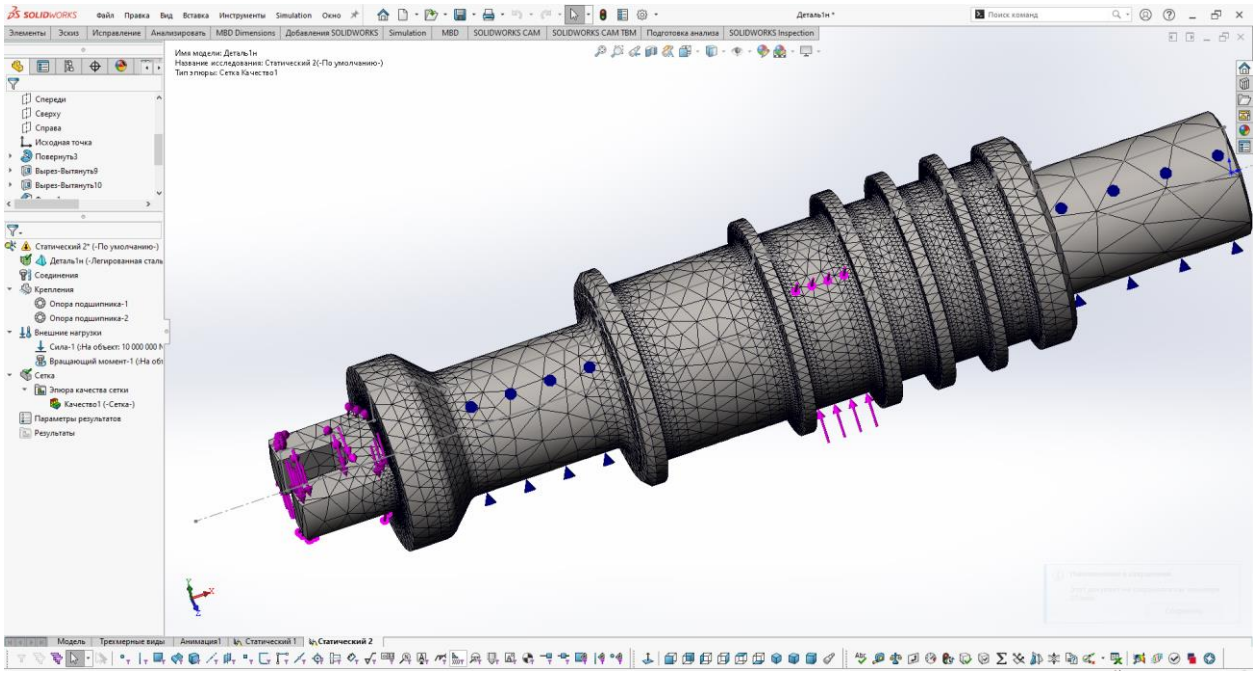


Рисунок 3.3 Об'ємна твердотільна модель валка обтискного стана зі схемою сітки

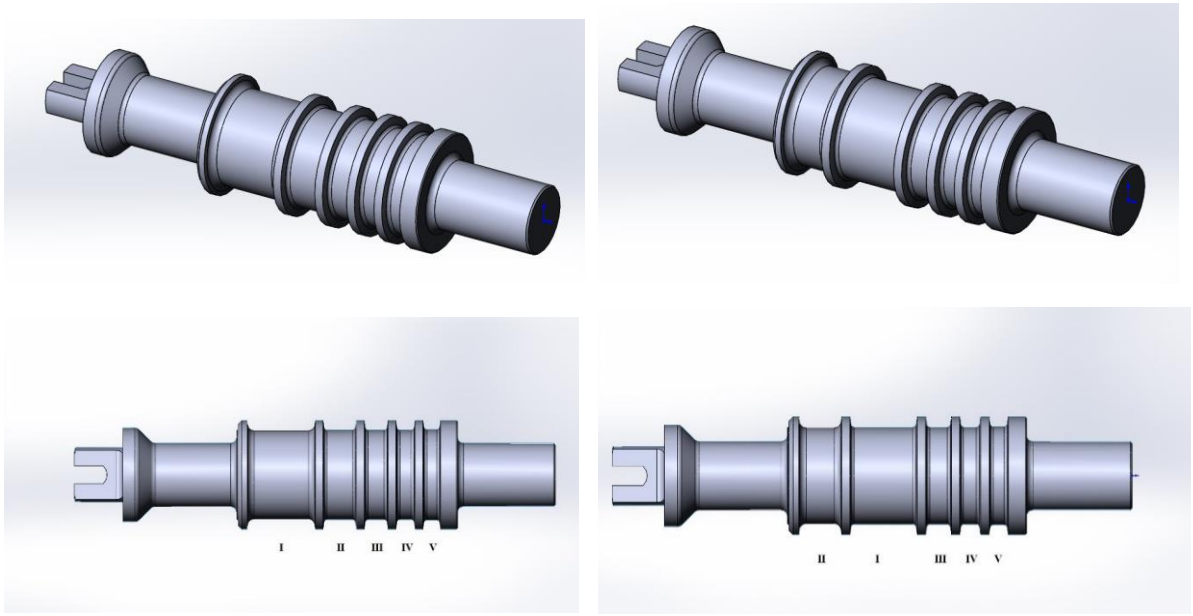


Рисунок 3.4 Існуюче та проектне розташуванням калібрів на валку

Результати досліджень на тривимірній моделі представлені на рисунках 3.5 – 3.6. В подальшому, для спрощення процесу розрахунку , валок було представлено у якості 2D семеричної моделі.

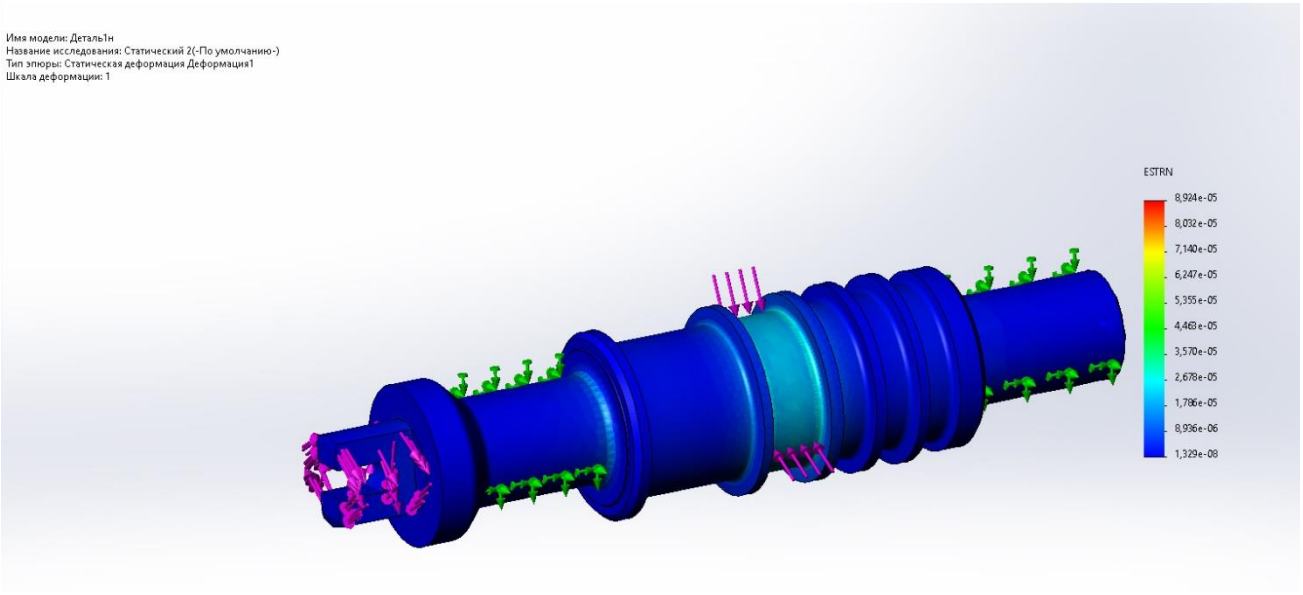


Рисунок 3.4 Епюри деформацій моделі валка

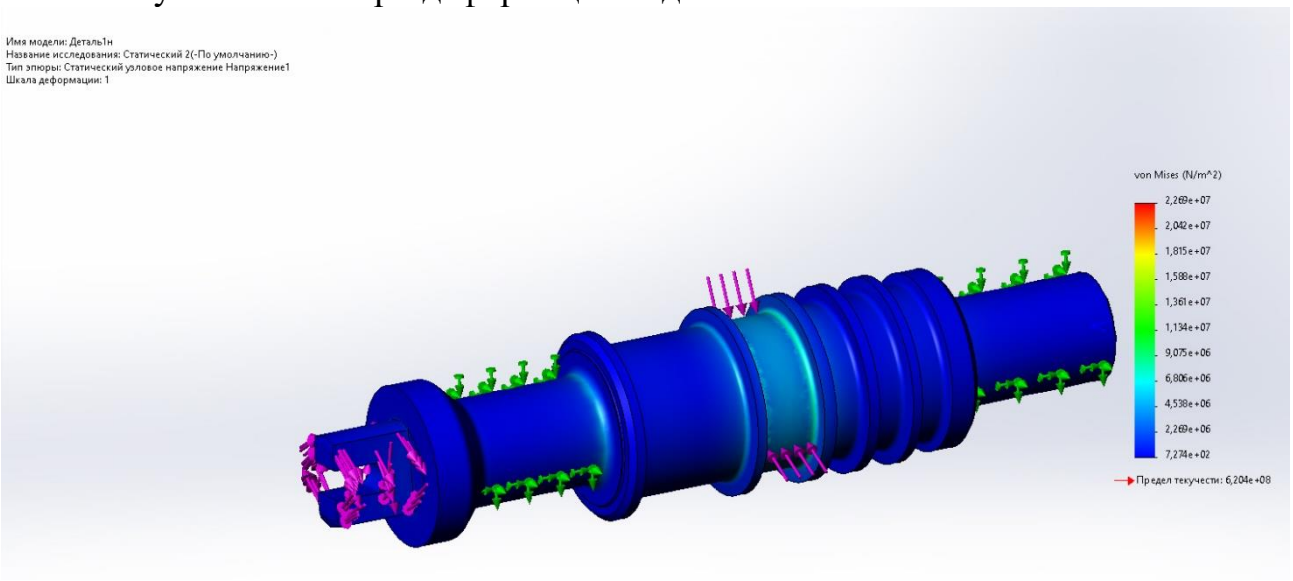


Рисунок 3.5 Епюри напружень моделі валка

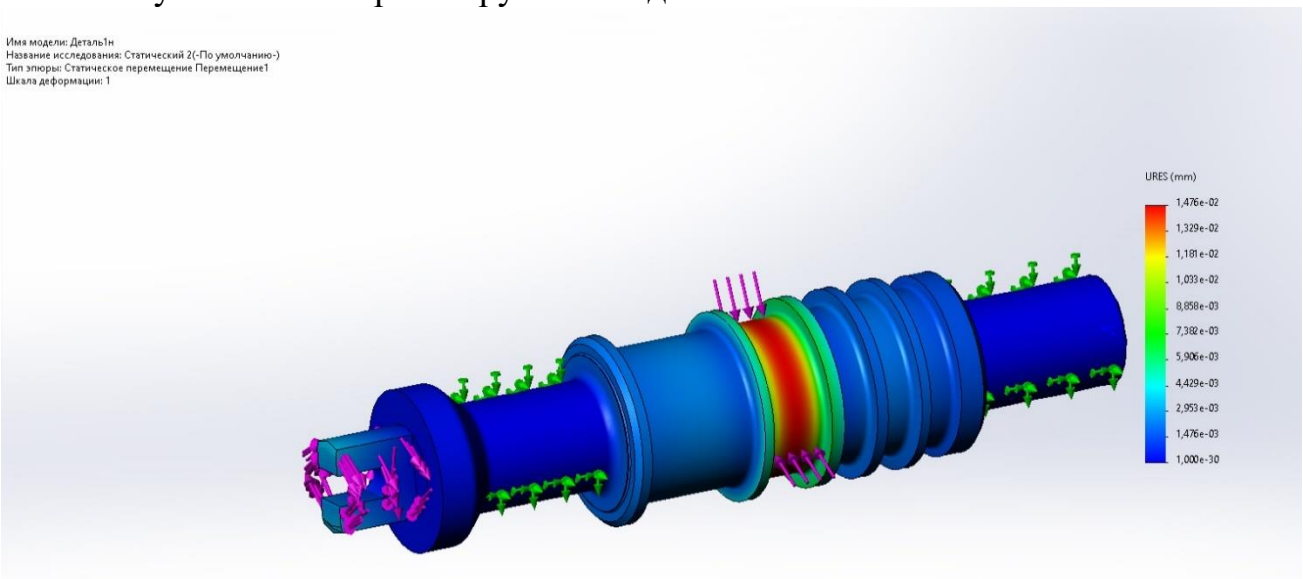
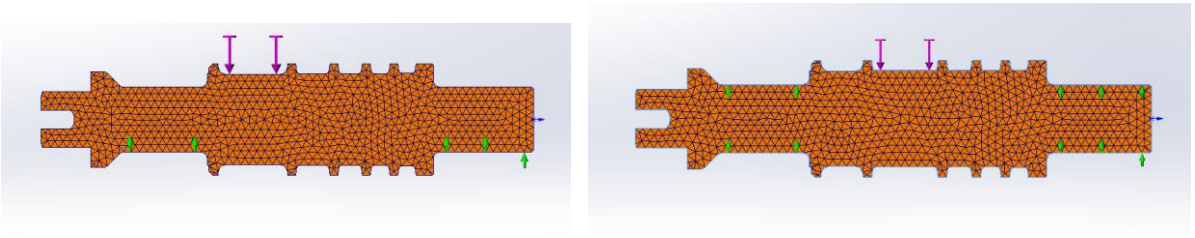
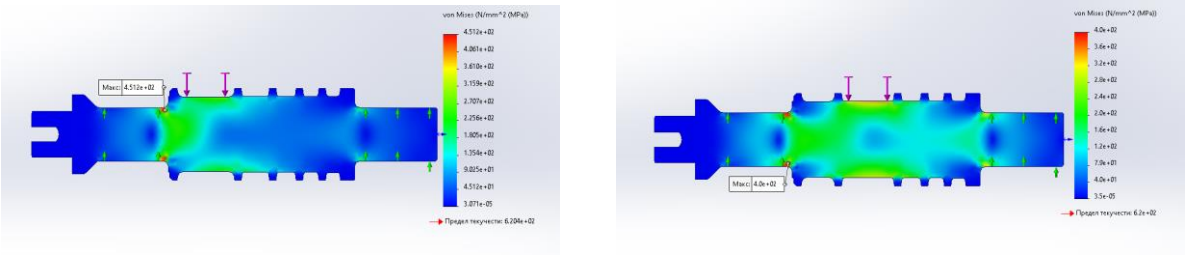


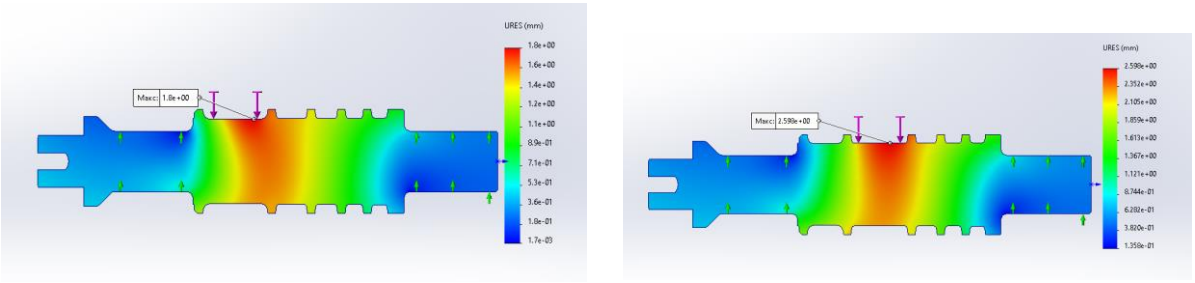
Рисунок 3.6 Епюри переміщень моделі валка



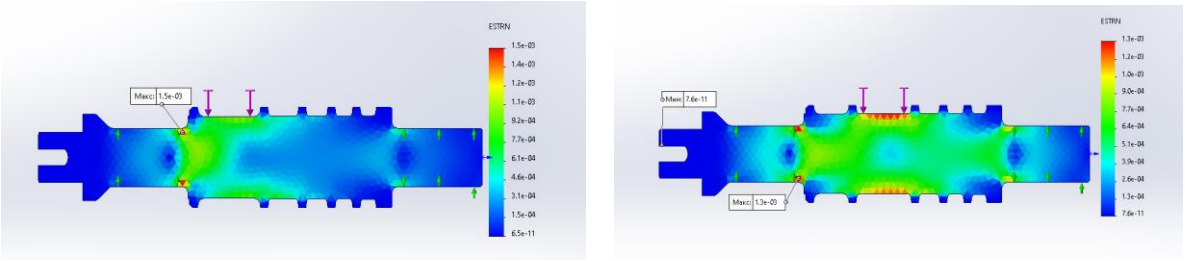
2D модель валка з розташуванням навантажень



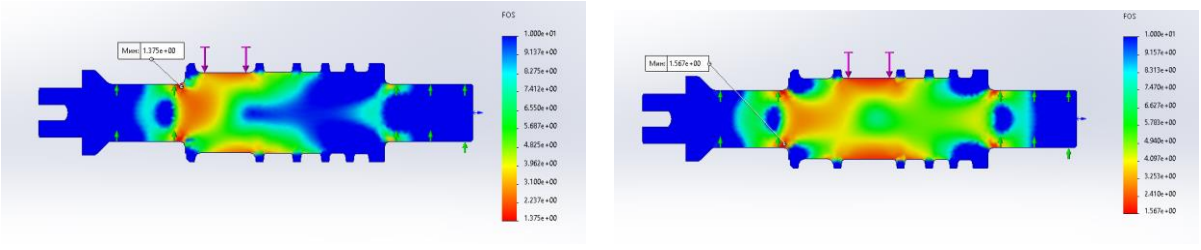
Епюри напружень існуючої та проектної моделі валка



Епюри переміщень існуючої та проектної моделі валка

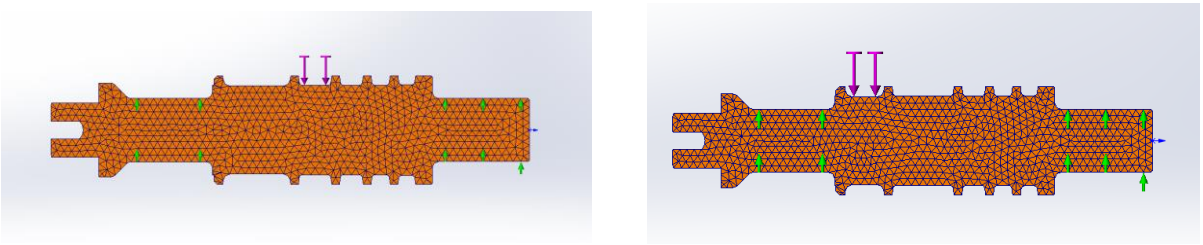


Епюри деформацій існуючої та проектної моделі валка

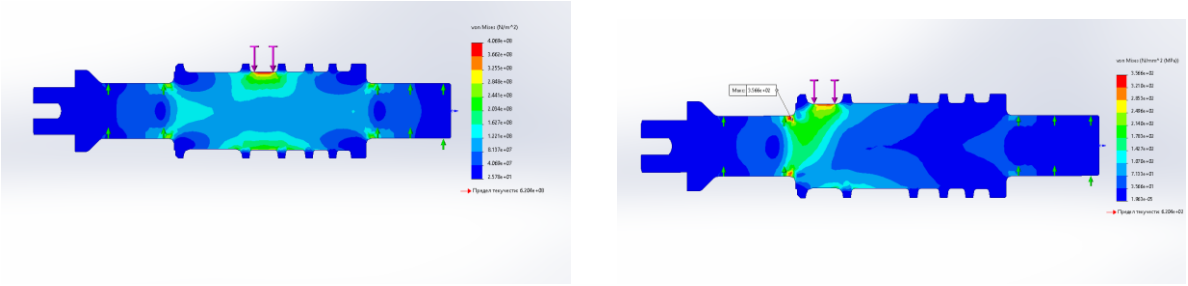


Епюри запасу міцності існуючої та проектної моделі валка

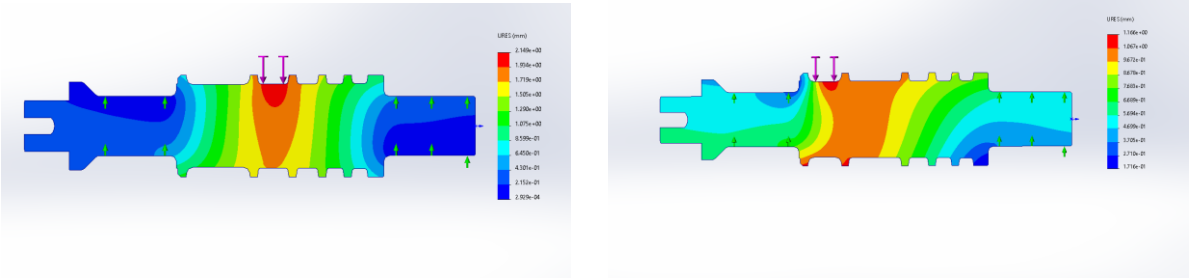
Рисунок 3.7 Порівняльні епюри під дією навантаження на калібр №1 моделі валка з існуючим (ліворуч) та проектним розташуванням калібрів (праворуч)



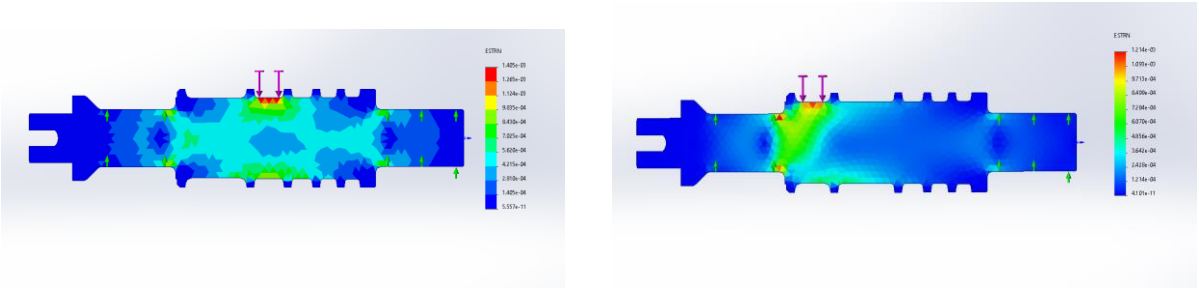
2D модель валка з розташуванням навантажень



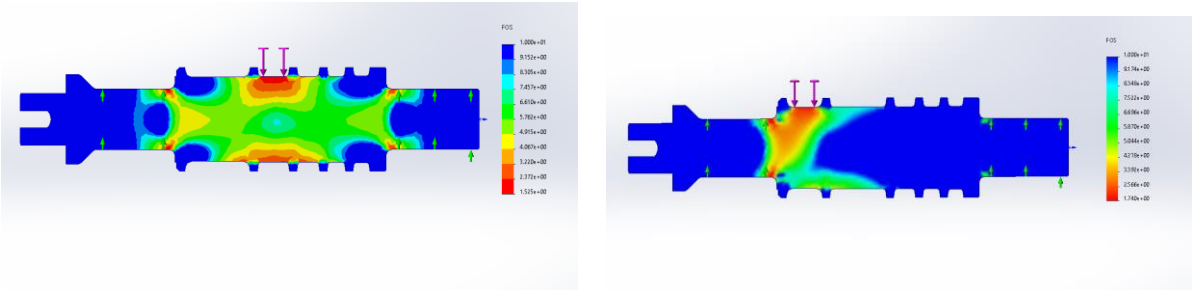
Епюри напружень існуючої та проектної моделі валка



Епюри переміщень існуючої та проектної моделі валка

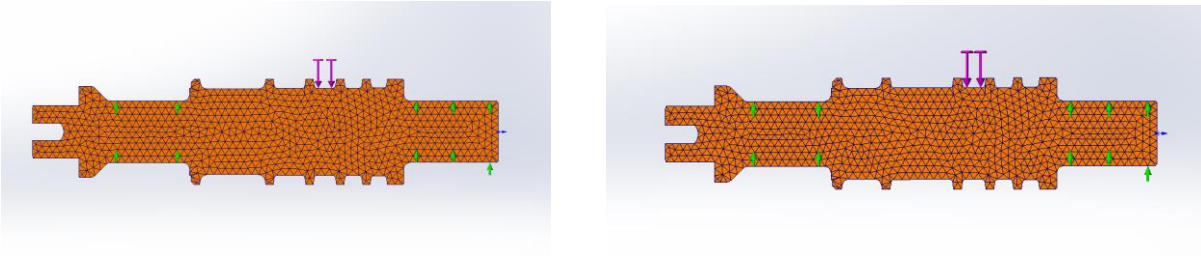


Епюри деформацій існуючої та проектної моделі валка

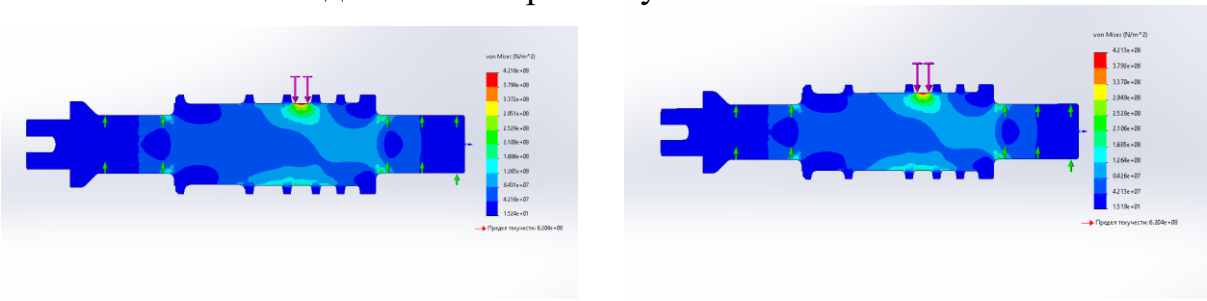


Епюри запасу міцності існуючої та проектної моделі валка

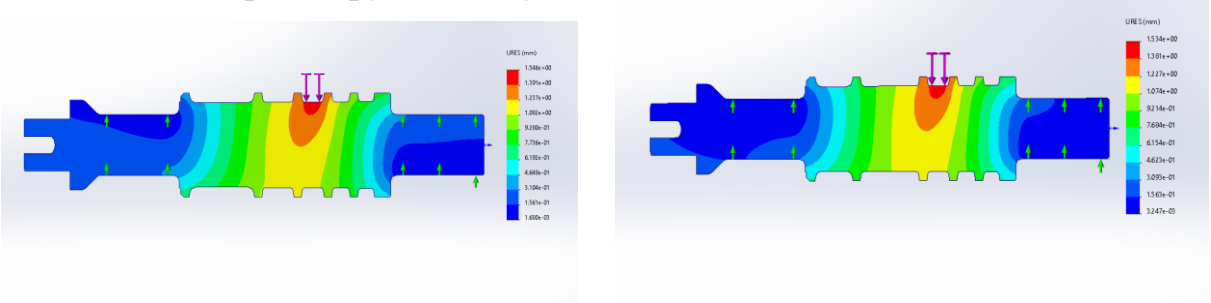
Рисунок 3.8 Порівняльні епюри під дією навантаження на калібр №2 моделі валка з існуючим та проектним розташуванням калібрів



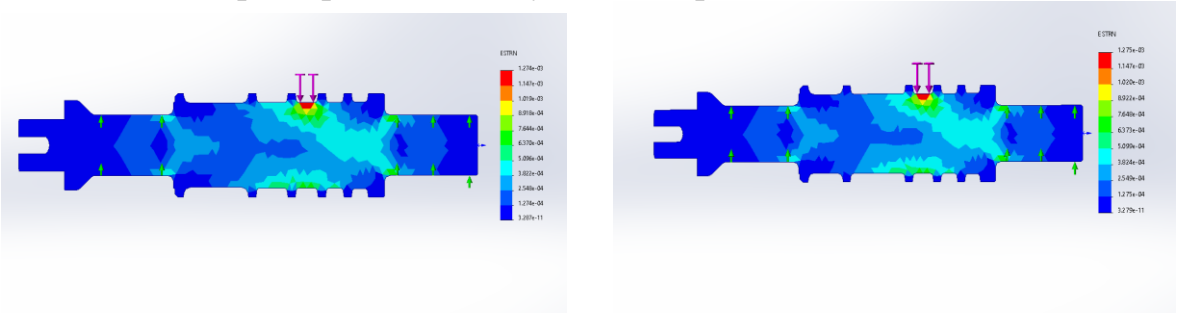
2D модель валка з розташуванням навантажень



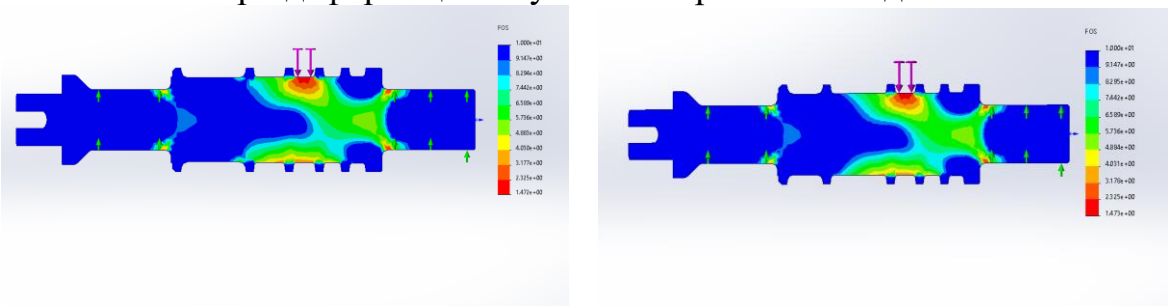
Епюри напружень існуючої та проектної моделі валка



Епюри переміщень існуючої та проектної моделі валка



Епюри деформацій існуючої та проектної моделі валка



Епюри запасу міцності існуючої та проектної моделі валка

Рисунок 3.9 Порівняльні епюри під дією навантаження на калібр №3 моделі валка з існуючим та проектним розташуванням калібрів

Проведені на кінцево– елементній моделі розрахунки показали: - отримані максимальні значення напруги та деформації на рисунках 3.7 та 3.9, що не перевищують максимально допустиме значення даного матеріалу значення межі міцності. З наведених епюр видно, що максимальні концентрації напружень і деформації спостерігаються в шийках валка і в першому калібрі прокатного валка.

Отримані в ході моделювання значення еквівалентних напружень представлені в наступних таблицях.

Таблиця 3.1. Розподіл еквівалентних напружень вздовж валка при послідовній схемі розташування калібрів

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 існуючий	Калібр №2 існуючий	Калібр №3 існуючий	Калібр №4 існуючий	Калібр №5 існуючий
1	2	3	4	5	6	7
1	508,92	2,04644	1,11178	0,63911	0,42062	0,26109
2	551,33	11,7762	6,39773	3,67774	2,42047	1,50241
3	593,74	21,50596	11,68368	6,71636	4,42032	2,74374
4	636,15	31,23571	16,96963	9,75499	6,42017	3,98507
5	678,56	40,96547	22,25557	12,79362	8,42002	5,2264
6	720,97	50,69523	27,54152	15,83225	10,41987	6,46772
7	763,38	60,42499	32,82747	18,87088	12,41972	7,70905
8	805,79	70,15475	38,11342	21,90951	14,41957	8,95038
9	848,2	79,88451	43,39936	24,94814	16,41942	10,19171
10	890,61	89,61427	48,68531	27,98676	18,41927	11,43303
11	933,02	99,34402	53,97126	31,02539	20,41912	12,67436
12	975,43	109,0738	59,25721	34,06402	22,41897	13,91569
13	1017,84	26,90304	14,61579	8,40189	5,52964	3,4323
14	1060,25	29,10635	15,81279	9,08999	5,9825	3,7134
15	1102,66	49,0615	26,65395	15,32203	10,08407	6,25929
16	1145,07	52,51402	28,52963	16,40026	10,7937	6,69976
17	1187,48	55,96654	30,4053	17,47849	11,50333	7,14024
18	1229,89	59,41907	32,28098	18,55673	12,21296	7,58071
19	1272,3	62,87159	34,15665	19,63496	12,92259	8,02119
20	1314,71	66,32412	36,03232	20,71319	13,63222	8,46166

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 існуючий	Калібр №2 існуючий	Калібр №3 існуючий	Калібр №4 існуючий	Калібр №5 існуючий
1	2	3	4	5	6	7
21	1357,12	69,77664	37,908	21,79142	14,34185	8,90214
22	1399,53	73,22916	39,78367	22,86965	15,05148	9,34261
23	1441,94	75,32517	41,65935	23,94789	15,76111	9,78309
24	1484,35	73,95943	43,53502	25,02612	16,47074	10,22356
25	1526,76	72,59369	45,4107	26,10435	17,18037	10,66404
26	1569,17	71,22796	47,28637	27,18258	17,89	11,10451
27	1611,58	69,86222	49,16205	28,26082	18,59963	11,54499
28	1653,99	68,49648	51,03772	29,33905	19,30926	11,98546
29	1696,4	67,13075	52,9134	30,41728	20,01889	12,42594
30	1738,81	65,76501	54,78907	31,49551	20,72852	12,86641
31	1781,22	64,39927	56,66475	32,57374	21,43815	13,30689
32	1823,63	40,22621	37,35883	21,47573	14,13408	8,77317
33	1866,04	39,35463	38,55583	22,16383	14,58695	9,05427
34	1908,45	60,30206	62,29177	35,80844	23,56704	14,62831
35	1950,86	58,93633	64,16744	36,88667	24,27667	15,06878
36	1993,27	57,57059	66,04312	37,9649	24,9863	15,50926
37	2035,68	56,20485	67,91879	39,04314	25,69593	15,94973
38	2078,09	54,83912	67,43969	40,12137	26,40556	16,39021
39	2120,5	53,47338	65,76014	41,1996	27,11519	16,83068
40	2162,91	52,10764	64,08059	42,27783	27,82482	17,27116
41	2205,32	50,7419	62,40105	43,35606	28,53445	17,71163
42	2247,73	31,51046	38,75073	28,3567	18,66274	11,58416
43	2290,14	30,63889	37,67889	29,0448	19,11561	11,86526
44	2332,55	46,64469	57,36241	46,59076	30,66334	19,03306
45	2374,96	45,27896	55,68286	47,66899	31,37297	19,47353
46	2417,37	43,91322	54,00331	48,05745	32,0826	19,91401
47	2459,78	42,54748	52,32377	46,56282	32,79223	20,35448
48	2502,19	41,18175	50,64422	45,0682	33,50186	20,79496
49	2544,6	25,40944	31,24786	27,80741	21,8328	13,55185
50	2587,01	24,53787	30,17602	26,85358	22,28566	13,83294
51	2629,42	34,7282	42,70781	38,0056	33,36679	20,71111
52	2671,83	33,44924	41,13499	36,60595	34,03133	21,1236
53	2714,24	32,17028	39,56216	35,20629	33,97174	21,53609
54	2756,65	30,89132	37,98933	33,80663	32,62116	21,94857
55	2799,06	20,18	24,81682	22,08445	21,31003	15,23844
56	2841,47	19,30842	23,74499	21,13062	20,38965	15,51954

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 існуючий	Калібр №2 існуючий	Калібр №3 існуючий	Калібр №4 існуючий	Калібр №5 існуючий
1	2	3	4	5	6	7
57	2883,88	27,05445	33,27084	29,60766	28,56943	23,18603
58	2926,29	25,77549	31,69801	28,208	27,21885	23,59852
59	2968,7	24,49653	30,12518	26,80834	25,86827	23,98353
60	3011,11	23,21757	28,55235	25,40869	24,5177	22,73136
61	3053,52	21,93861	26,97952	24,00903	23,16712	21,47918
62	3095,93	14,07898	17,31395	15,40765	14,86736	13,78414
63	3138,34	13,2074	16,24211	14,45383	13,94698	12,93082
64	3180,75	12,33583	15,17027	13,5	13,0266	12,0775
65	3223,16	11,46425	14,09844	12,54617	12,10622	11,22417
66	3265,57	46,77716	57,5253	51,19166	49,39656	45,79756
67	3307,98	42,92829	52,79208	46,97957	45,33217	42,0293
68	3350,39	39,07943	48,05885	42,76748	41,26778	38,26104
69	3392,8	35,23057	43,32562	38,55539	37,20339	34,49278
70	3435,21	31,38171	38,59239	34,34329	33,139	30,72452
71	3477,62	27,53284	33,85916	30,1312	29,07461	26,95626
72	3520,03	23,68398	29,12593	25,91911	25,01022	23,188
73	3562,44	19,83512	24,3927	21,70702	20,94584	19,41974
74	3604,85	15,98626	19,65947	17,49493	16,88145	15,65148
75	3647,26	12,13739	14,92624	13,28284	12,81706	11,88322
76	3689,67	8,28853	10,19302	9,07075	8,75267	8,11496
77	3732,08	4,43967	5,45979	4,85865	4,68828	4,34669
78	3774,49	0,59081	0,72656	0,64656	0,62389	0,57843

Таблиця 3.2. Розподіл еквівалентних напружень вздовж валка при симетричній схемі розташування калібрів

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 проект-ний	Калібр №2 проект-ний	Калібр №3 проект-ний	Калібр №4 проект-ний	Калібр №5 проект-ний
1	2	3	4	5	6	7
1	508,92	1,66344	2,02824	0,63632	0,42218	0,26365
2	551,33	9,57223	11,67149	3,66169	2,42942	1,5172
3	593,74	17,48102	21,31474	6,68706	4,43666	2,77074
4	636,15	25,38981	30,958	9,71243	6,44391	4,02428

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 проект-ний	Калібр №2 проект-ний	Калібр №3 проект-ний	Калібр №4 проект-ний	Калібр №5 проект-ний
1	2	3	4	5	6	7
5	678,56	33,2986	40,60125	12,7378	8,45115	5,27782
6	720,97	41,2074	50,2445	15,76316	10,45839	6,53137
7	763,38	49,11619	59,88775	18,78853	12,46563	7,78491
8	805,79	57,02498	69,531	21,8139	14,47288	9,03845
9	848,2	64,93377	79,17425	24,83927	16,48012	10,29199
10	890,61	72,84256	88,8175	27,86464	18,48736	11,54553
11	933,02	80,75135	98,46075	30,89001	20,49461	12,79908
12	975,43	88,66014	108,104	33,91538	22,50185	14,05262
13	1017,84	21,86802	26,66385	8,36523	5,55008	3,46608
14	1060,25	23,65897	28,84756	9,05032	6,00462	3,74994
15	1102,66	39,87942	48,62529	15,25517	10,12135	6,32088
16	1145,07	42,68579	52,04711	16,3287	10,83361	6,76569
17	1187,48	45,49216	55,46894	17,40222	11,54586	7,2105
18	1229,89	48,29853	58,89077	18,47575	12,25811	7,65531
19	1272,3	51,1049	62,3126	19,54928	12,97037	8,10012
20	1314,71	53,91127	62,65703	20,62281	13,68262	8,54493
21	1357,12	56,71763	62,52364	21,69633	14,39487	8,98974
22	1399,53	59,524	62,39024	22,76986	15,10713	9,43455
23	1441,94	62,33037	62,25685	23,84339	15,81938	9,87935
24	1484,35	41,56841	39,64542	15,90126	10,55002	6,58859
25	1526,76	43,35936	39,56029	16,58636	11,00456	6,87245
26	1569,17	70,74948	61,85667	27,06397	17,95614	11,21378
27	1611,58	73,55585	61,72327	28,1375	18,66839	11,65859
28	1653,99	76,36222	61,58988	29,21102	19,38065	12,1034
29	1696,4	79,16859	61,45648	30,28455	20,0929	12,54821
30	1738,81	81,97495	61,32309	31,35808	20,80515	12,99302
31	1781,22	84,78132	61,1897	32,4316	21,51741	13,43783
32	1823,63	87,58769	61,0563	33,50513	22,22966	13,88264
33	1866,04	90,39406	60,92291	34,57866	22,94191	14,32744
34	1908,45	88,83207	60,78951	35,65218	23,65417	14,77225
35	1950,86	86,82018	60,65612	36,72571	24,36642	15,21706
36	1993,27	84,80829	60,52272	37,79924	25,07867	15,66187
37	2035,68	82,7964	60,38933	38,87277	25,79093	16,10668
38	2078,09	80,7845	60,25594	39,94629	26,50318	16,55149
39	2120,5	78,77261	60,12254	41,01982	27,21543	16,9963
40	2162,91	76,76072	59,98915	42,09335	27,92769	17,44111

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 проект-ний	Калібр №2 проект-ний	Калібр №3 проект-ний	Калібр №4 проект-ний	Калібр №5 проект-ний
1	2	3	4	5	6	7
41	2205,32	74,74883	59,85575	43,16687	28,63994	17,88592
42	2247,73	46,41864	38,11311	28,23296	18,73173	11,69815
43	2290,14	45,13471	38,02798	28,91806	19,18627	11,98201
44	2332,55	68,71315	59,45557	46,38745	30,7767	19,22034
45	2374,96	66,70126	59,32218	47,46098	31,48895	19,66515
46	2417,37	64,68937	59,18878	48,20873	32,20121	20,10996
47	2459,78	62,67748	59,05539	46,7094	32,91346	20,55477
48	2502,19	60,66558	58,92199	45,21007	33,62571	20,99958
49	2544,6	37,43111	37,51721	27,89495	21,91351	13,6852
50	2587,01	36,14718	37,43208	26,93812	22,36805	13,96906
51	2629,42	51,15874	54,80335	38,12524	33,49014	20,91491
52	2671,83	49,27468	54,67843	36,72118	34,15713	21,33146
53	2714,24	47,39063	53,82939	35,31712	33,90994	21,748
54	2756,65	45,50657	51,68935	33,91305	32,56182	22,16455
55	2799,06	29,72752	33,76647	22,15397	21,27126	15,38838
56	2841,47	28,44359	32,3081	21,19714	20,35256	15,67225
57	2883,88	39,8544	45,26924	29,70086	28,51746	23,41419
58	2926,29	37,97034	43,12921	28,2968	27,16934	23,83073
59	2968,7	36,08629	40,98917	26,89274	25,82122	23,90579
60	3011,11	34,20223	38,84914	25,48867	24,4731	22,65767
61	3053,52	32,31817	36,7091	24,08461	23,12498	21,40956
62	3095,93	20,74	23,55785	15,45616	14,84032	13,73946
63	3138,34	19,45607	22,09948	14,49933	13,92161	12,8889
64	3180,75	18,17213	20,6411	13,5425	13,00291	12,03835
65	3223,16	16,8882	19,18273	12,58567	12,0842	11,18779
66	3265,57	68,90828	78,27055	51,35281	49,30671	45,64911
67	3307,98	63,23845	71,83039	47,12746	45,24971	41,89307
68	3350,39	57,56862	65,39022	42,90211	41,19271	38,13702
69	3392,8	51,89879	58,95006	38,67676	37,13572	34,38097
70	3435,21	46,22896	52,50989	34,45141	33,07872	30,62493
71	3477,62	40,55913	46,06973	30,22605	29,02173	26,86888
72	3520,03	34,8893	39,62956	26,0007	24,96473	23,11284
73	3562,44	29,21948	33,1894	21,77535	20,90773	19,35679
74	3604,85	23,54965	26,74923	17,55	16,85074	15,60074
75	3647,26	17,87982	20,30907	13,32465	12,79374	11,8447
76	3689,67	12,20999	13,8689	9,0993	8,73675	8,08865

Індекс точки заміру	Відстань вздовж валка, мм	Еквівалентне напруження, МПа				
		Калібр №1 проект-ний	Калібр №2 проект-ний	Калібр №3 проект-ний	Калібр №4 проект-ний	Калібр №5 проект-ний
1	2	3	4	5	6	7
77	3732,08	6,54016	7,42874	4,87395	4,67975	4,3326
78	3774,49	0,87033	0,98858	0,6486	0,62276	0,57656

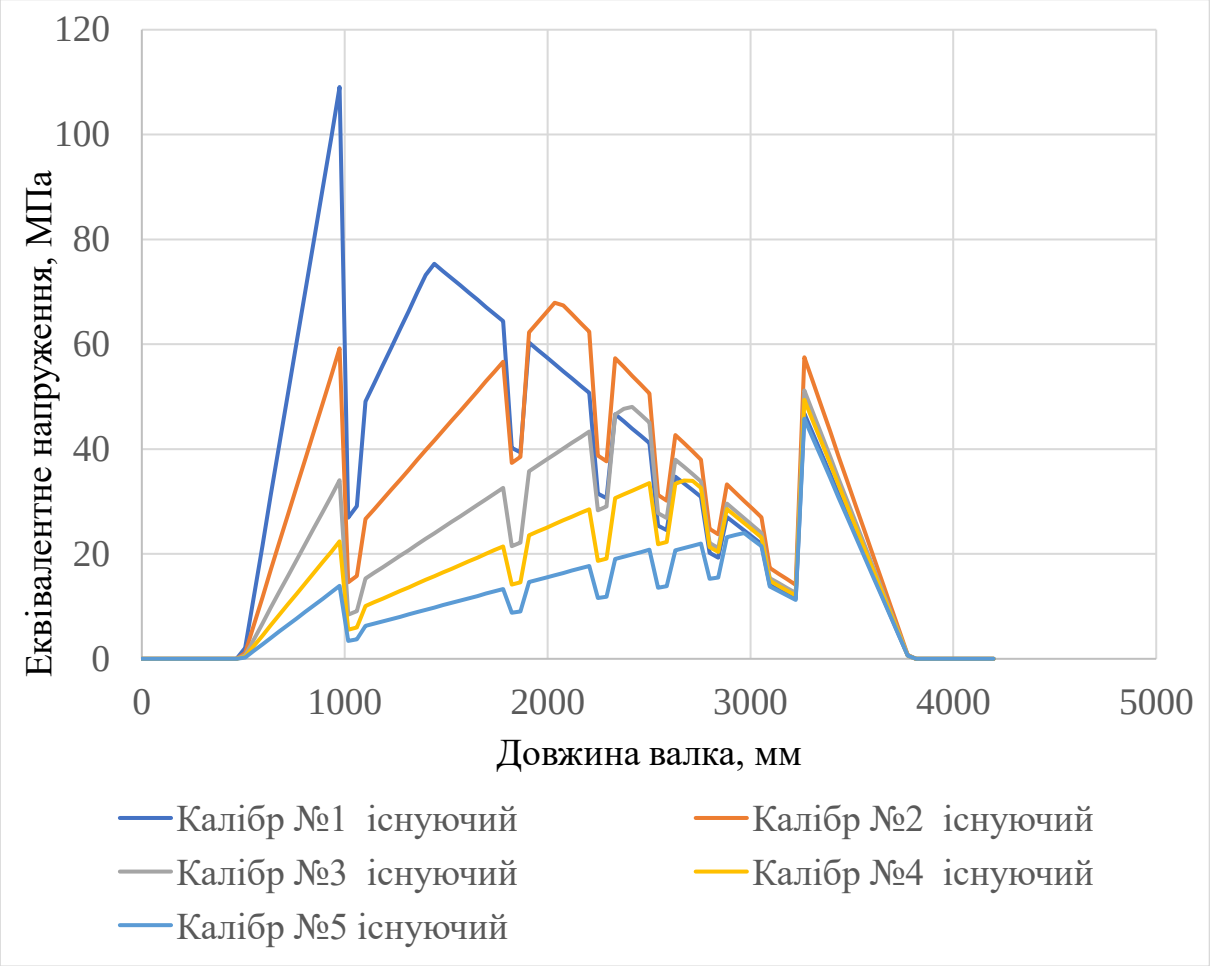


Рисунок 3.3 Графік зміни еквівалентних напружень по довжині валка при існуючому розташуванні калібрів

Графіки показують наявність найбільших напружень у шийці валка з боку привода та у першому калібрі при послідовній схемі розташування. Однак різні схеми розташування калібрів вказують на різне їх завантаження.

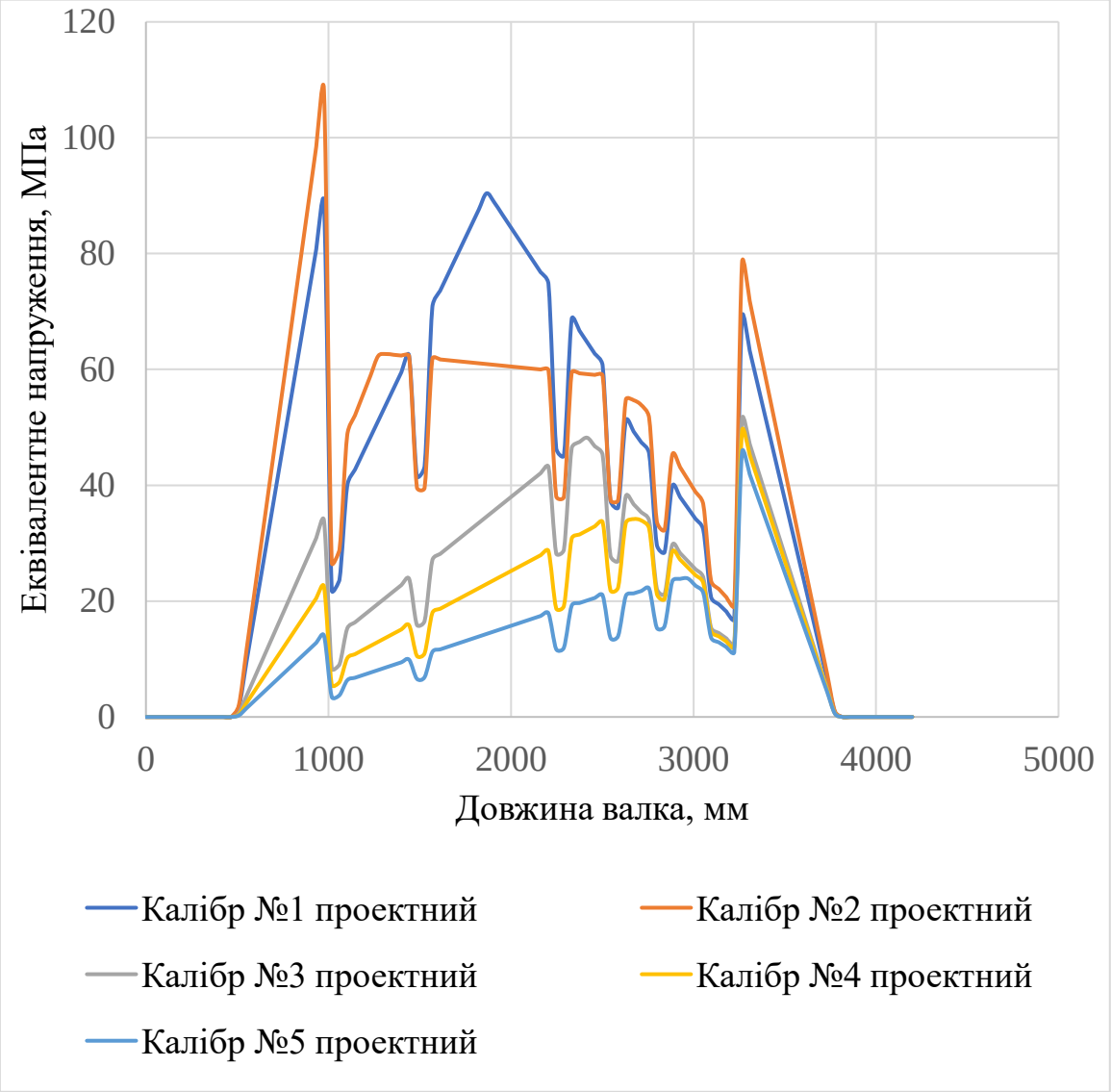


Рисунок 3.3 Графік зміни еквівалентних напружень по довжині валка при проектному розташуванні калібрів

При існуючій, послідовній схемі розташування калібрів, найбільші напруження виникають при прокатці у першому калібрі. Завантаження першого калібру складає біля 60%, що призводить до виникнення значних втомні напруження та поломки валка.

При проектній симетричній схемі розташування калібрів на валках, найбільші напруження виникають при прокатці у другому калібрі. При умові завантаження другого калібру біля 20% виникнення втомних напруження значно зменшується. Це призводить до збільшення ресурсу прокатних валків. Враховуючи різне розташування калібрів на валках, симетрична схема розташування калібрів є більш доцільною.

4. Охорона праці та техногенна безпека

4.1. Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Прокатне виробництво характеризується складністю і різноманітністю механічного обладнання. У зв’язку з цим виробничий процес має небезпечні фізичні фактори: рушійні елементи електрообладнання (зубчастих, ремінних або ланцюгових передач, обладнання що обертається і переміщується, регулюючого інструменту і т. д.), або обумовлюється можливістю ураження електричним струмом, впливом електромагнітних, лазерних, ультрафіолетових і інфрачервоних випромінювань, шуму, пилу, вібрації, ультразвуку, шкідливих газів, високої температури. Підвищенню безпеки технологічних процесів сприяють гігієнічні умови праці у виробничих приміщеннях: раціональне освітлення робочих місць, інтер’єрів і проходів, шумовий клімат, мікроклімат, загазованість та запиленість повітряного середовища, наявність виробничих випромінювань та інших факторів [24]. У зв’язку з цим рівень небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих значень. Ступінь механізації і автоматизації виробничих процесів шляхом встановлення відношення числа робітників, зайнятих обслуговуванням машин і механізмів, до загального облікового числа робітників, а так само числа робітників, обслуговуючих автоматизовані системи, пристрої, до загального числа робітників на виробництві (цеху, дільниці) [24]. Досить повне уявлення про рівень механізації можна отримати шляхом визначення відношення затрат (чол.г) механізованого та ручної праці за формулою:

$$B=M/(M+R)\cdot 100\%, \qquad (4.1)$$

де B - рівень механізації праці,%;

M - сума чол.г механізованої праці;

R - сума чол.г ручної праці.

Визначимо рівень механізації механослужби ділянки з ремонту механообладнання обтискного прокатного стана прокатного цеху ПАТ “Дніпроспецсталь”. Дані розрахунків зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації

№ п/п	Професія робочих	Штат робітників	Кількість відпрацьованих чол.г на добу			% механізованої праці
			вручну	За допомогою машин	всього	
1	Слюсар-ремонтник	6	4·6=24	4·6=24	48	50
2	Електрозварювальник	1	6·1=6	2·1=2	8	25
3	Токар верстатник	1	2·1=2	6·1=6	8	75
5	Машиніст крана	4	4·4=16	4·4=16	32	50
4	Разом	8	48	48	96	50

Підставивши числові значення у формулу (4.1), отримаємо:

$$B=48/(48+48)\cdot 100\% = 50\%.$$

Як видно з таблиці 4.1 на ділянці переважає змішаний працю (рівень механізації 30 - 60%).

4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці оператора поста керування обтискної кліті стану «Блюмінг» (таблиця 4.2).

Гігієнічна оцінка умов праці:-умови та характер праці відносяться до 3-го класу третього ступеня.

Оцінка технічного та організаційного рівня відповідає технологічному регламенту і проекту організації праці на робочому місці.

Робоче місце оператора має в наявності: 4 факторів 1-го ступеня, 2 фактор 2-го ступеня, 1 фактора 3-го ступеня. За показниками робоче місце слід вважати із шкідливими і важкими умовами праці, що відповідає показникам списку № 1.

Відповідно до списку № 1 пенсійний вік за пільговими умовами праці становить 50 років, надається додаткова щорічна відпустка в кількості 14 днів, видаються талони на отримання молока, виробляється доплата 12% згідно колективного договору.

Таблиця 4.2 Оцінка факторів виробничого і трудового процесів оператора поста керування обтискної кліті

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3-й клас - шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Час дії, %
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шкідливі хім. речовини, мг/м^3 1 клас небезпеки Ангідрид хромовий	0,01	0,012	1,2			92,3
	2 клас небезпеки Марганця оксиди	0,3	0,39	1,3			91,3
	3,4 клас небезпеки Масла мінеральні нафтові	5,0	9,0	1,8			92,3
2	Пил фіброгенної дії, мг/м^3 Діоксид кремнію - (2 - 10%)	4,0	14,96		3,7		92,3
3	Шум, Дб	80	104			24	100
4	Мікроклімат у приміщенні		36,2			15,0	92,3

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3-й клас - шкідливі і небезпечні умови і характер праці			Час дії, %
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7	8
	Температура повітря, ^{0}C	15-21					
	Швидкість руху повітря, м / сек	0,4	0,4				92,3
	2	3	4	5	6	7	8
	Відносна вологість повітря,%	75	93	18			92,3
5	Робоча поза Вимушені нахили корпусу більше 300, (раз за зміну)		308		308		
6	Напруженість праці Увага, тривалість зосередження,% до тривалості зміни Щільність сигналів у середньому за годину		72,9 366	366			
7	Кількість факторів	-	-	4	2	1	-

4.3 Виробнича санітарія основного приміщення цеху, побутових і допоміжних приміщень

Опалення та вентиляція.

В прокатному виробництві має місце випаровування технологічного змащення. Для видалення цих парів над агрегатом встановлюють витяжні парасольки.

Також в прольоті ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому вигляді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини, вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей), в яких в якості теплоносія використовують пар.

Освітлення

Залежно від джерела світла виробниче освітлення буває природне, штучне і поєднане.

Природне освітлення - освітлення приміщень світлом неба, проникаючим через світлові прорізи в зовнішніх огороджуючих конструкціях. За своїм спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення може бути бічним - через світлові прорізи в зовнішніх стінах (вікна), верхнім - через світлові прорізи в перекритті і ліхтарі, а також через світлові ліхтарі в місцях перепадів висот суміжних будівель.

Штучне освітлення на промислових підприємствах підрозділяється на робоче (для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення робіт при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того чи іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення [24].

Характер зорової роботи - високої точності, розряд зорової роботи - 3, подразряд роботи - В, контрастність об’єкта з фоном роботи - висока, фон - середній, освітлення - комбіноване з газорозрядними лампами серії ВЛВ, ВЛК, ЛОУ. Освітленість ділянки не менше 300 лк.

Санітарно - побутові приміщення

Відповідно БНіП 2.09.04 - 87 по санітарно-гігієнічної характеристики виробничий процес на стані блюмінг ПАТ «Дніпроспецсталь» відноситься до групи 26 [15]. Для даної групи побутові приміщення мають гардеробні для зберігання одягу, кожному працівнику виділений подвійний шафа з

урахуванням резерву 5%. Для вибору і розрахунку побутових і санітарних приміщень необхідно встановити штат.

Вхідні дані для розрахунків:

- загальна чисельність працівників, які працюють на стані 1100 - 114 чол;
- кількість працівників, що працюють в самій численній зміні - 45 чол.

Розраховуємо, згідно норм, кількість гачків для відкритого зберігання спецодягу:

$114 \cdot 1 = 114$шт

враховуємо 5% для практикантів, тоді

$114 \cdot 1{,}05 = 120$шт.

Кількість ящиків для зберігання домашнього одягу буде такою самою- 120шт.

Решта приміщень розраховуємо виходячи з кількості працівників, що працюють в самій численній зміні.

Число душових кабінок з розрахунку 1 на 3 особи - 45 / 3 = 15.

Число умивальників з розрахунку 1 на 20 осіб - 45 / 20 = 3.

Кількість санітарних точок у сан. вузлах визначаємо виходячи з норми 1 точка на 18 осіб. Для цього буде достатнім встановити 2 сан. точки в чоловічому санвузлі і 1 в жіночому.

Питні точки розташовуються не далі 75 метрів від робочих місць. Роздача питної води здійснюється за допомогою фонтанчиків та сатураторів. Одна питна тачка розрахована на обслуговування 100 чоловік.

Харчування працівників здійснюється у виробничих їдалень, з урахуванням того, що одне місце розрахована на обслуговування 4 чоловік у зміну.

Для надання першої медичної допомоги є здоровпункт 2 категорії згідно з БНиП 2.09.04 - 87, який працює цілодобово.

Аналіз і розрахунки санітарно-гігієнічних та побутових приміщень показали їх відповідність цим нормативам.

4.4 Заходи щодо захисту технологічного і обслуговуючого персоналу прокатного стану від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Для захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища існують способи по їх усуненню.

Для видалення зайвого тепла, що виникає від нагрітого до 1150-1250 ^{0}С металу, використовуються аераційні ліхтарі. Пости керування станом, відповідно до ДСТУ 12.2.064-91, мають теплопоглинаючу ізоляцію. Також на постах управління встановлюються кондиціонери для подачі повітря на робоче місце оператора. Для зменшення впливу тепла пости обладнані тепловідвідними екранами.

Для зменшення окаліновиділення і пиловиділення перед зевом валків стану необхідно встановити форсунки, що забезпечують подачу води під високим тиском (1-1.5 МПа/м^2).

Для захисту від відлітаючоі при прокатці окалини з боку кліті стану, навпроти прорізу станини і з боку прийомних і робочих рольгангів встановлюються запобіжні захисні пристрої.

Для ліквідації парів на ділянці пропонується встановити витяжний вентилятор, трубопровід який відвести до відстійника.

Всі електродвигуни та допоміжне обладнання, яке працює з великим напруженням (до 1000 В), крім того захисту, який передбачений при монтажі обладнання, повинно бути пофарбовано в застережливі кольори і в небезпечних ділянках ураження електрострумом повинні бути встановлені плакати і таблички, що попереджають про небезпеку.

Для зменшення рівня шуму та приведення його до низькочастотних пропонується забезпечити робітників засобами індивідуального захисту від шуму - навушники або беруші. Для зменшення шуму все обладнання встановлюється на віброгасильних підставах. Також пропонується для зменшення рівня шуму обладнати пости звукопоглинальний ізоляцією.

Для запобігання одержання травм від обертових деталей і механізмів необхідно встановити огорожі та захисні щитки не тільки з боків, але і зверху. Захисні щитки повинні бути дуже міцними, щоб витримувати удари шматків розірвавшихся муфт. Шпинделі стану огороджені міцним бар'єром з облаштуванням майданчика з поручнями для зручності обслуговування. Захисні огорожі та захисні кожухи повинні бути обладнані блокуваннями, для неможливості включення механізму при знятій огорожі або кожусі. Для зручності обслуговування механізмів передбачені містки та майданчики, виконані відповідно до ДСТУ12.2.094-93. Для попередження травматизму в цеху існує чітка система проходів з виділеними зонами для пішохідного руху з необхідною розміткою, покажчиками і освітленням, містками над рольгангами та іншими небезпечними ділянками.

Індивідуальні засоби захисту

У виробничих умовах засоби індивідуального захисту призначені для захисту людини від впливу шкідливих факторів виробничого середовища. До них відносяться: спецодяг, спецвзуття, діелектричні рукавички і черевики, окуляри, респіратори, навушники, каски і т. д. Основним недоліком засобів індивідуального захисту є незручність у роботі. Найбільш радикальними засобами захисту є механізація і автоматизація стану 1100. Згідно штатного розкладу і типових норм безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту працівники стану 1100 повинні забезпечуватись засобами індивідуального захисту в залежності від професії. Джерело - стандарт підприємства (Організація робіт щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту) СТП-16-761-88 та (16).

Таблиця 4.3 Норми видачі та носіння спецодягу.

№ п/п	Професія і посада	Кількість осіб за професією	Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індівідуального захисту	Термін носіння, міс.	Загальна кіль-кість на рік
1	2	3	4	5	6
1	Нагрівальник	4	Костюм х/б з вогнезахисною пропиткою Черевики шкіряні з металевим носком Рукавиці брезентові Щиток захисний Окуляри захисні	12 12 0,5 12 12	1 1 24 1 1
2	Вальцювальник	2	Костюм х/б з вогнезахисною пропиткою Черевики шкіряні з металевим носком Рукавиці брезентові Окуляри захисні	12 12 0,5 12	1 1 24 1
3	Оператор ПУ	11	Костюм х/б Рукавиці Черевики шкіряні	12 0,5 12	1 24 1
4	Різник металу	6	Костюм х/б Черевики шкіряні Рукавиці брезентові Окуляри захисні	12 12 0,5 12	1 1 24 1
5	Прибиральник відходів	1	Костюм х/б з вогнезахисною пропиткою Черевики шкіряні з металевим носком Рукавиці брезентові Щиток захисний	12 12 0,5 12	1 1 24 1

4.5 Заходи пожежної безпеки

Пожежі промислових підприємств завдають величезних збитків, тому послідовне здійснення комплексу профілактичних заходів боротьби з пожежами дає можливість успішно запобігати пожежі на промислових підприємствах.

За ступенем пожежної безпеки стан 1100 відноситься до категорії «Г». Згідно з ДБН 1.1.-7.2002, ДСТУ 2272-93 для стану передбачено приміщення 2 ступеня вогнестійкості.

Місця зберігання паливно-мастильних матеріалів обладнані вентиляцією та автоматичною системою пожежогасіння. Протипожежний водопровід розраховується на подачу зазначеної кількості води протягом 3 годин. На ділянці встановлено 5 пожежних кранів з рукавами і брандспойтами. Вуглекислотні вогнегасники призначені для гасіння тільки електроустановок. В електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- все частини обладнання, що іскрять укладені в пилонепроникні ковпаки;

- силова розводка виконана прихованою, в трубах;

- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

На видному місці, на ділянці розташовується бойовий розрахунок добровільної протипожежної дружини.

Для захисту від блискавок передбачена система громовідводів. З метою захисту від статичної електрики, передбачається заземлення нетокопровідних електропровідних частин обладнання. Металеві блискавковідводи ставляться через кожні 40 - 50м. Застосовується також зволоження повітря до 65 - 70%, що дозволяє зменшити електризацію матеріалу.

Таблиця 4.4 Засоби пожаротушіння

Найменування приміщень, установок	Одиниці виміру	Пінні вогнегас. ОХП-10	Вуглекислотні вогнегасники			Ящики з піском 0,5 м3 з ло-патами
			ОУ-2	ОУ-5	УП-1м УП-2м	
1	2	3	4	5	6	7
Виробниче приміщення	2050	10		10		6
Машинний зал				3		
Пости керування				6		1
Електромостовий кран	На 3 каб.			3		
Вентиляційні установки	На 4 уст.	1		1		2

4.6 Інженерний розрахунок кондиціювання поста керування обтискної кліті стану «Блюмінг» з припливом свіжого повітря

Пост керування загальною площею S = 30м^2, висота приміщення h = 3,2м, зазор в підвісній стелі становить 450мм, кількість працівників - 4 людини, кількість точок з електрообладнанням - 4.

Керуючись БНіП 2.04.05-91 (опалення, вентиляція і кондиціонування) , в робоче приміщення необхідно подати санітарну норму свіжого повітря: 60м^3/год на людину. Виходячи з кількості працівників (4 людини), визначаємо кількість припливного повітря:

$$L = 60 \cdot 4 = 240 м^3/год$$

Розрахунок теплонадлишків в приміщенні.

Теплопотокі, що виникають за рахунок різниці температур усередині приміщення і зовнішнього повітря Q1, розраховуються за формулою.

$$Q_1 = V \cdot q_{уд}, \quad (4.2)$$

де V = S · h – об’єм приміщення, 30 · 3,2 = 96м^3;

$q_{уд}$ - питоме теплове навантаження, приймаємо 35 Вт/м^3

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримаємо

$$Q_1= 96\cdot35=3360 \text{ Вт.}$$

Теплопотоки, що виникають за рахунок перебування на посаді точок з електрообладнанням Q_2, в середньому береться 1 кВт на одну точку

$$Q_2=4\cdot1000=4000 \text{ Вт.} \quad (4.3)$$

Теплопотоки, що виникають від людей, що знаходяться в приміщенні, приймаємо 1 особа - 200 Вт (для людей які займаються фізичною працею)

$$Q_3=4\cdot200=800 \text{ Вт.} \quad (4.4)$$

До підрахованим теплопотокам додається 20% на невраховані теплопотокі

$$Q_{общ}=(Q_1+Q_2+Q_3)\cdot1,2, \quad (4.5)$$

$$Q_{общ}=(3360+4000+800)\cdot1,2=9792 \text{ Вт.}$$

Для кондиціонування даного приміщення вибираємо спліт - систему з припливною вентиляцією.

За сумарною холодопродуктивності підбираємо модель кондиціонера (з урахуванням запасу) з наступними характеристиками:

- холодопродуктивність - 10,4 кВт;
- теплопродуктивність - 9,7 кВт;
- загальна кількість оброблюваного повітря - 1800 м^3/ч.

Загальна кількість повітря складається з кількості повітря, що забирається з вулиці, $L_н$ = 600 м^3/год (що відповідає необхідним санітарним нормам) та кількості рециркуляційного повітря, що забирається з приміщення, Lв = 1200 м^3/ч. У холодний період року для підігріву зовнішнього повітря з негативною температурою використовується секція електропідігріву. Причому для економії електроенергії процес підігріву повітря здійснюється після змішування його з рециркуляційним повітрям, має позитивну температуру [24]. Для визначення температури суміші використовують формулу:

$$t_{см}=(t_вL_в+t_нL_н)/(L_в+L_н), \quad (4.6)$$

де $t_н$ - розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період для заданої місцевості (див. БНіП 2.04.05-91), приймаємо - 15^0С;

$T_В$ - внутрішня температура забирає з приміщення повітря, приймаємо 22^0С;

$L_в$ - кількість повітря забирається з приміщення на рециркуляцію, м^3/год;

$L_н$ - кількість зовнішнього повітря, змішуваного з рециркуляційні, м^3/год.

Підставивши числові значення у формулу (7.6), отримаємо

$$t_{см}=(22\cdot1200+(-15)\cdot600)/(1200+600)=9,6^0С.$$

Секція електропідігріву з блоком автоматики вибирається на підставі теплотехнічного розрахунку. У поєднанні з теплонасосним блоком секція електропідігріву забезпечує потрібний температурний режим при низьких температурах в зимовий час.

Теплове навантаження на електронагрівач визначається за формулою:

$$Q=C_р\cdot L_{см}\cdot Р\cdot(t_{пр}-t_{см}), \qquad (4.7)$$

де Р - щільність повітря, 1,2 кг/м^3;

$t_{пр}$ - температура подається кондиціонером повітря, 22^0С;

$L_{см}$ - кількість змішаного повітря, 1800 м^3 / год;

$C_Р$ - теплоємність повітря, 0,28 ккал / кг $\cdot$ ^{0}С.

Підставивши числові значення у формулу (4.7), отримаємо

$$Q=0.28\cdot1800\cdot1.2\cdot(22-9.6)=7499 \text{ Вт}.$$

Обираємо секцію електропідігріву потужністю 8 кВт.

Таким чином, в розділі розглянуті основні питання охорони праці та техногенної безпеки під час експлуатації обладнання прокатних станів для гарячої деформації.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі наведено опис технологічного процесу та обладнання для виробництва блюмів. Виявлені недоліки в роботі сортопрокатних валків. Наведено аналіз існуючих конструкцій валків, як основного елемента привода.

Наведено розрахунки найбільш навантажених вузлів і деталей головної лінії обтискного прокатного стана. Описані різні схеми прокатки та режими обтиснення металу. Проведена оцінка навантажувальної здатності валків за критерієм завантаження. Детально проведено дослідження навантажень та ресурсу валків. з різними схемами розташування калібрів.

З'ясовано, що продуктивність прокатного стана та якість виробленої ним продукції багато в чому залежать від якості виготовлення та властивостей прокатних валків. Складність конструкції сортопрокатних валків полягає у наявності калібрів. До основних виді розташування калібрів відноситься послідовне розташування та симетричне розташування. Кожний з цих видів розташування калібрів на валках має свої переваги та недоліки. Оцінка навантажувальної здатності валків, за різними схемами розташування калібрів з використанням модуля Simulation програми SOLIDWORKS, показали збільшення ресурсу валків при симетричному розташуванні калібрів. Застосування запропонованої методики дозволяє оцінити завантаження калібрів та вибрати режим, що сприяє підвищенню терміну служби валків. Запропоновано нова конструкція валків з симетричним розташуванням калібрів. Така конструкція валків дозволяє збільшити ресурс з урахуванням необхідних критеріїв міцності.

Проведені дослідження сортопрокатних валків з симетричною схемою розташування калібрів показали її високу надійність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ніколаєв В.О.. Калібрування прокатних валків: Навчальний посібник. – Запоріжжя : ЗДІА. 2015. 163 с.

2. Явтушенко О.В., Проценко В.М., Корнілов О.О. Розрахунок валків прокатних станів на міцність і деформацію у програмному комплексі «AUTOCAD MECHANICAL». МЕТАЛУРГІЯ. 2018. № 2 (40). С. 85–90.

3. Mishchenko A. V. Development of the ideology of calibrations of the tool for cold rolling of pipes from alloys based on titanium. Metal and Casting of Ukraine. 2020. Vol. 317-319, no. 10-12. P. 64–73. URL: https://doi.org/10.15407/steelcast2019.10.064 (date of access: 10.09.2024)

4. Приходько І.Ю., Бобирь С.В., Воробей С.О. Прогнозування живучесті прокатних валків. Метал та лиття України. № 30, 2022, № 2 (329), С.103-108.

5. Кирилюк Ю.Е. Допуски і посадки . Довідник . Київ : Вища школа. 1989. 135с.

6. Гребенік В.М., Іванченко Ф.К., Ширяев В.И. Розрахунок металургійних машин та механізмів. Київ. Вища школа, 1988. 383 с.

7. Ремонт металургійного обладнання: Навчальний посібник./ А.Я. Жук, Н.К. Желябіна, Г.П. Малишев, К.В. Таратута. Київ: Видавничий дім: «Кондор», 2017. 236с. ISBN 978-617-7582-08-2.

8. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Таратута К.В., Коваль М.В. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 1. Навчальний посібник. Київ: Кондор-Видавництво. 2012.- 574с.

9. Жук А.Я., Бойко О.В., Таратута К.В., Коваль М.В. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 2. Навчальний посібник. Київ: Кондор-Видавництво, 2012.542с

10. 2. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб./ А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 288 с.

11. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.

12. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.

13. Рабер Л. М., Єрмократьєв В. О., Мазур І. А. Несучі конструкції металургійних агрегатів : навч. посіб. для студентів спец. 133 «Галузеве машинобудування». Павлоград : АРТ Синтез-Т, 2023. 254 с.

14. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : видавництво ЗДІА, 1996. 145 с.

15. Жук А. Я., Желябина Н. К. Теорія и практика приводів. У 3-х книгах. Книга 1. Електромеханічний привод : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2001. 398 с.

16. Жук А.Я., Желябина Н.К. Теорія и практика приводів. У 3-х книгах. Книга 2. Гідро- і пневмопривод : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2001. 220 с.

17. Жук А.Я., Желябина Н. К. Теорія и практика приводів. У 3-х книгах. Книга 3. Експеримент та діагностика : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2001. 176 с.

18. Жук А. Я., Желябина Н. К. Механічне устаткування цехів по виробництву металів та сплавів : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 1998. 216 с.

19. Жук А. Я. Механічне обладнання заводів кольорового металургійного переділу : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. 199 с.

20. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. І. Тіхонов, С. О. Лузан та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.

21. Abdushukur E. M., Shirinboy N. B. Improvement of the control system with the drive of high voltage arc furnaces. *Vibroengineering Procedia*.

2024. Vol. 54. pp. 141–146. URL: https://doi.org/10.21595/vp.2024.23995 .

22. ДСТУ 7095:2009. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Захист населення у надзвичайних ситуаціях. Основні положення.

23. ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

24. Геврик Є.О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280с.

25. Таратута К. В. Проценко В. М. Востоцький С. М. БІлецький В. Р. Моделювання температурного поля каліброваних валків прокатних станів. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2024». Херсон-Хмельницький : ХНТУ, 2024. С. 205–207.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України
НАН Вищої освіти України
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
Національний авіаційний університет
Державне підприємство Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» ім. академіка О.Г. Івченка
АТ «Мотор Січ»
Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна Національної академії наук України
Інститут Проблем Матеріалознавства ім.. І.М. Францевіча НАНУ
Вінницький національний технічний університет
Вінницький національний аграрний університет
Донбаська державна машинобудівна академія
Київський національний університет технологій і дизайну
Луцький національний технічний університет
Люблінський політехнічний університет
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Одеський національний політехнічний університет
Спілка машинобудівників Болгарії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Херсонська державна морська академія
Хмельницький національний університет
Центральноукраїнський національний технічний університет

ХНТУ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

VIII-ої Міжнародної науково-практичної конференції

"Сучасні технології промислового комплексу – 2024",
яка присвячена 65-річчю з дня заснування ХНТУ
Вересень 17, 2024 – Вересень 19, 2024



Херсон-Хмельницький 2024

УДК 621.7(06.055)(477)
М 34

Сучасні технології промислового комплексу – 2024: матеріали VIII міжнар. М 34 наук.-практ. конф. (17-19 вересня 2024 р., м. Херсон, м. Хмельницький) / за ред. Д. О. Дмитрієва. – Херсон : Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2024. – 220 с.

ISBN 978-617-8187-33-0 (електронне видання)

Рекомендовано до друку як наукове видання
Науково-технічною радою Херсонського національного технічного університету,
Протокол №4 від 01.10.24 р.

В матеріалах конференції викладені нові теоретичні і прикладні результати щодо застосування сучасних інноваційних технологій у промисловому комплексі регіонів та машинобудуванні України. Розглянуті проблеми в галузях: технології машинобудування, обробки матеріалів тиском, технології нанесення та обробки покриттів, виробництві нових матеріалів, зміцнення та відновлення деталей машин, системного аналізу та математичного моделювання складних об'єктів, проблем надійності та енергозбереження, захисту довкілля, екологічної безпеки, ресурсозберігаючих технологій.

Викладені практичні рекомендації по використанню результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок в машинобудуванні. Даний збірник є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень провідних вчених України, викладачів, аспірантів та студентів ЗВО.

Збірник розрахований на наукових і інженерно-технічних робітників ЗВО, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Відповідальний за випуск: Дмитрієв Д.О., д.т.н., професор.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

УДК 621.7(06.055)(477)

ISBN 978-617-8187-33-0 (електронне видання)
© Херсонський національний технічний університет, 2024
© Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2024

СЕКЦІЯ 6
«ПРОБЛЕМИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ, CAD/CAM/CAE»

Дейлід Д. С., Іщенко О.А.
Уточнене моделювання залишкових напружень трубопроводу в програмному комплексі ANSYS WORKBENCH..... **201**
Тимошенко О.В., Мусієнко О. С., Демешко Я. В., Сроднікова Р. Д.
Проведення топологічної оптимізації деталі в середовищі ANSYS..... **203**
Марченко С.К., Плівак О.А., Семінська Н.В., Джулій Д.Ю.
Застосування 3d сканування при реверс–інжинірингу..... **204**
Таратута К.В., Проценко В.М., Востоцький С.М, Білецький В.Р.
Моделювання температурного поля каліброваних валків прокатних станів..... **205**
Ткачук А.А., Степанець А.В.
Особливості розгортання мереж 5g на основі існуючої інфраструктури..... **207**

СЕКЦІЯ 7
«РОЗВИТОК НАУКИ ПРО ЖИТТЯ І ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ»

Сімінченко І.П. Поніч Д.П.
Революція в освіті: як великі мовні моделі можуть перетворити навчання у вищих навчальних закладах України..... **211**
Ткач В.О., Войтович О.А.
Аналіз залежності результатів навчання від якості підготовки студентів..... **213**
Сапон С.П., Данильченко Ю.М., Петраков Ю.В., Охріменко О.А.
Цифрові двійники в металообробці: термінологія і проблематика..... **215**
Кириченко А.М., Амірсеідов М.Е.
Просторова жорсткість верстата з двохкоординатним механізмом паралельної структури..... **217**

заявлена виробником до 10 мкм; роздільна здатність камер 5.0 Мп. Технічні характеристики FreeScan Combo: швидкість сканування – 1860000 пікселів/с; точність сканування, заявлена виробником, до 20 мкм; два режими сканування: лазерний (Laser mode) та оптичний(IR mode).

Для сканування деталей на Autoscan Inspec деталь розміщується на поворотному столі, а процес сканування відбувається за наперед заданою програмою, тому для однотипних деталей це може бути перевагою в швидкості процесу. В результаті отримуємо хмару точок, яка буде містити також і утримуюче пристосування, а також може мати відблиски, особливо, для глянцевих поверхонь, в цьому випадку рекомендується використовувати спеціальні матуючі спреї. Ці, зайві, елементи можна виправити на цьому етапі, видаливши їх. За потреби можна додати додаткові положення до відсканованих даних, а для отримання хмари точок деталі з усіх положень використовується декілька положень сканування, які об'єднуються в одну хмару точок, процес суміщення може бути автоматичним або ручним (за 3–ма точками). Після цього хмара точок опрацьовується за заданими параметрами і можна отримати тривимірну модель в форматі stl, яку уже можна друкувати або виконувати інші маніпуляції в CAD системах.

Для сканування габаритних деталей використовуються ручні сканери типу FreeScan Combo. Лазерний режим сканування забезпечує високу точність, але вимагає спеціальних маркерів для сканування (мінімум 4 штук в полі видимості). Сканування в цьому режимі може виконуватись 26 перехресними лініями для швидкого сканування, 7 паралельними лініями для більш точного сканування та однією лінія для отримання даних про глибокі отвори та западини. Сканування в IR mode є більш простим, при цьому страждає роздільна здатність, але уже не потрібні спеціальні маркери, орієнтація відбувається за уже відсканованими даними. Відмітимо, що в цьому режимі можливе сканування живих об'єктів, програмне забезпечення вводить корективи на дрібні рухи, що можуть при цьому виникати. Як і в попередньому випадку для отримання повної моделі деталі може знадобитися виконання декількох сканів з різних сторін та положення деталі з подальшим їх об'єднанням в програмному забезпеченні.

Отримані скани можна відразу роздрукувати або за методами реверс–інжинірингу зробити повноцінну модель деталі в одній з CAD систем для подальшого аналізу або модифікації.

Висновки. Отже, використання технології 3D сканування є дуже корисним для економії часу та спрощення задач при моделюванні, особливо, в ремонтному машинобудуванні, для конкретних задач потрібно обирати відповідний спосіб сканування, сканер та режим його роботи.

УДК 621.09

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КАЛІБРОВАНИХ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Таратута К.В., Проценко В.М., Востоцький С.М, Білецький В.Р.
Запорізький національний університет

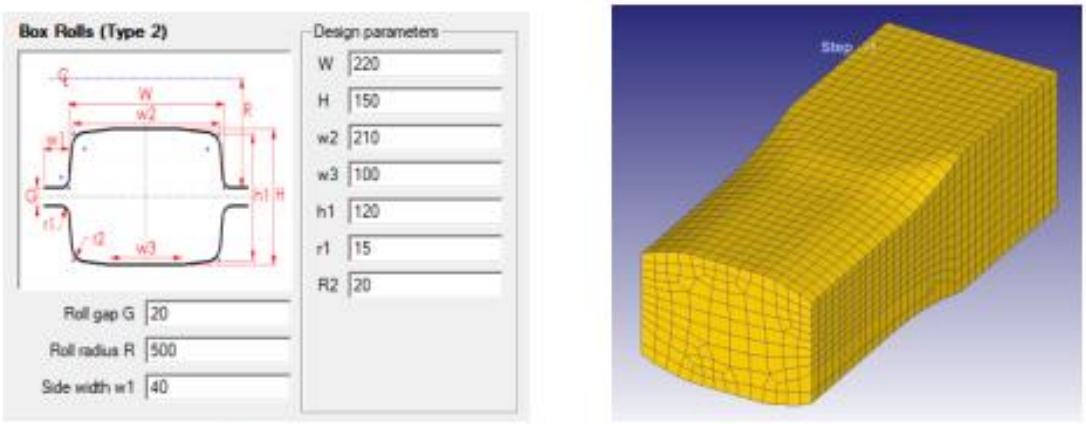
Валки прокатних станів виконують пластичну деформацію металу під час прокатки. Під час пластичної деформації металу валки сприймають тиск, що виникає при обтиску металу. Прокатні валки виконують з гладкою бочкою та каліброваним. Калібр по своєму поперечному перерізу відповідає формі прокату, який отримується після

деформації. За призначенням калібри поділяють на обтискні (витяжні), чорнові (підготовчі) та чистові (обробні). Обтискні калібри діляться на ящичні, квадратні ромбічні, овалі, круглі [1].

У поточній роботі розглядаються валки з обтискними ящичними калібрами (рис. 1), що здійснюють пластичну деформацію заготовки температурою 1050 °С.

Моделювання напружено-деформаційного стану прокатних валків обтискних та заготівельних станів необхідно для визначення оптимального розташування калібрів та підвищення якості готового прокату за рахунок зменшення пружних деформацій.

Для моделей були задані механічні властивості валків, що використовуються для виробництва сортових заготовок, із сталі марки 35ХГСА.



а б

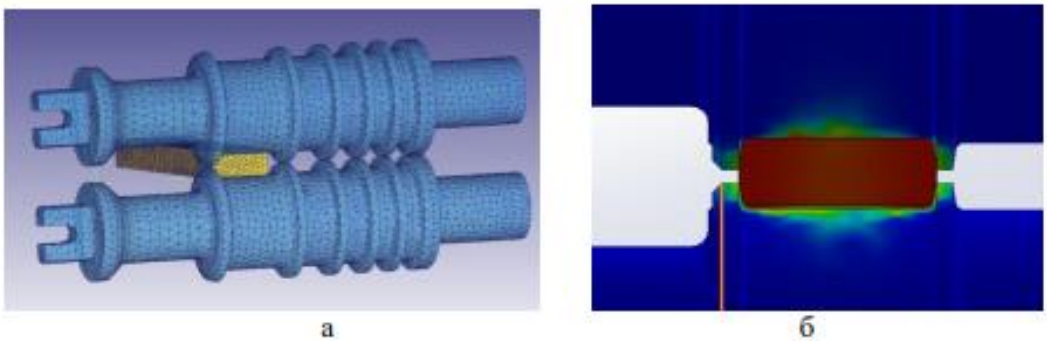
а- геометричні параметри калібра , б – заготовка в процесі деформації

Рисунок 1 – Параметри ящичного калібра та заготовки

Особливістю моделювання та розрахунків прокатних валків є урахування теплового впливу з боку заготовки. Нагрівання валків відбувається за рахунок енергії, що віддає заготовка та за рахунок пластичної деформації. Причому останній фактором можна умовно не враховувати при гарячий прокатці через його незначний вплив на нагрівання валків. Зазвичай при гарячій прокатці відбувається охолодження валків водою. Умови охолодження та нагрівання валків неоднакові по довжині валка. Ще більше це спостерігається при прокатці у калібрах, колі зона контакту валка і заготовки обмежена калібром.

Температурні напруження є функцією температурних полів, що знаходяться при вирішенні диференційного рівняння теплопровідності.

Отримані під час розрахунку дані представлені як рисунки системи валків з картинами температурних полів (рис. 2).



а б

а – тривимірна модель прокатних валків, б –температурне поле у калібрі під час захоплення метала валками

Рисунок 2 – Температурне поле у калібрі прокатних валків при деформації заготовка розмірами 220х150 мм.

Висновки. Об'єкт дослідження – прокатні валки з ящичними калібрами, що здійснюють пластичну деформацію заготовки попередньо нагрітої до температури 1050 °С. Встановлено, що найбільше на міцність та стійкість валків впливають контактні та температурні напруження. Зазначені напруження можуть досягати межі втомної міцності металу. Найбільш небезпечні контактні напруження у поверхневому шарі валків на глибині 5-10мм.

ЛІТЕРАТУРА

6. Ніколаєв В.О.. Калібрування прокатних валків: Навчальний посібник. – Запоріжжя : ЗДІА. 2015. 163 с.
7. Явтушенко О.В., Проценко В.М., Корнілов О.О. Розрахунок валків прокатних станів на міцність і деформацію у програмному комплексі «AUTOCAD MECHANICAL». МЕТАЛУРГІЯ. 2018. № 2 (40). С. 85–90.
8. Mishchenko A. V. Development of the ideology of calibrations of the tool for cold rolling of pipes from alloys based on titanium. Metal and Casting of Ukraine. 2020. Vol. 317-319, no. 10-12. P. 64–73. URL: https://doi.org/10.15407/steelcast2019.10.064 (date of access: 10.09.2024)
9. Приходько І.Ю., Бобирь С.В., Воробей С.О. Прогнозування живучесті прокатних валків. Метал та лиття України. № 30, 2022, № 2 (329), 103-108

УДК 621.396.67

ОСОБЛИВОСТІ РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖ 5G НА ОСНОВІ ІСНУЮЧОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Ткачук А.А., Степанець А.В.
Луцький національний технічний університет

Як і в попередніх поколіннях, організація стандарту 3GPP визначає базову мережу 5G (5GC) і мережу радіодоступу 5G (5G NR). 5G NR складається з одного типу об'єкта – станції en-gNB. Архітектура протоколу нового радіоінтерфейсу (NR) має схожість з радіоінтерфейсом Long-Term Evolution (LTE). Цей інтерфейс підтримує сигналізацію керування радіоресурсами, що передається в радіоканалі сигналізації, і пакети Інтернет-протоколу, що передаються в радіоканалі даних. Інтерфейс NR представляє новий протокол адаптації даних служби, який інкапсулює IP-пакети. Ланцюг передачі інтерфейсу NR має ідентичну структуру з інтерфейсом LTE для низхідної та висхідної лінії зв'язку. У розділі описано основні відмінності в технічних характеристиках інтерфейсів LTE та NR. Як і в попередніх поколіннях, організація стандарту 3GPP визначає базову мережу 5G (5GC) і мережу радіодоступу 5G (5G NR) [1]. Однак на відміну від попередніх поколінь, які одночасно розгортали базову мережу та мережу радіодоступу, п'яте покоління дозволяє інтегрувати елементи четвертого покоління (4G) у різних конфігураціях, а саме:

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Креслення загального виду	1	А1
2	Складальні креслення	2	А1
3	Деталювання	2	А2
4	Плакати дослідницької частини	1	А1