Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повна найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

рівень вищої освіти перший бакалавpський

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему *Розробка режиму прокатування штаб розмірами 1,0х1200 мм зі сталі 08пс на стані гарячого прокатування 1700*

Виконав: студент 4 курсу, групи *б.136-олмт з*

Дмитренко Євген Васильович

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Бондаренко Ю.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2024 року

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

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*

Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський) рівень*
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність *136 металургія*
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *обробка металів тиском*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *МТЕТБ*
Ю.О. Белоконь

"17" 04 2023 року

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

Дмитренко Євгену Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекта) *Розробка режиму прокатування штаб розмірами 1,0х1200 мм зі сталі 08пс на стані гарячого прокатування 1700*

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "_____2024 року № -с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 19

3. Вихідні дані до роботи (проекта) Розробка режиму прокатування штаб на стані гарячого прокатування 1700

3 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Огляд технологічних рішень і обладнання для виробництва гарячекатаної штаби. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки. Перелік джерел посилань.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 10 слайдах (на 10 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Загальна частина	*Бондаренко Ю.В., доцент*	
Технологічна частина	*Бондаренко Ю.В., доцент*	
Огляд технологічних рішень і обладнання для виробництва гарячекатаної штаби	*Бондаренко Ю.В., доцент*	
Охорона праці та техногенна безпека	*Бондаренко Ю.В., доцент*	
Висновки	*Бондаренко Ю.В., доцент*	
Нормоконтроль	*Белоконь Ю.О. завідувач кафедри*	

7. Дата видачі завдання *17.04.2023*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Вступ*		
2	*Реферат*		
3	*Загальна частина*		
4	*Технологічна частина*		
5	*Огляд технологічних рішень і обладнання для виробництва гарячекатаної штаби*		
6	*Охорона праці та техногенна безпека*		
6	*Висновки*		

Студент _____ *Є.В. Дмитренко*
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи: 57. с., 15 рис., 2 табл., 21 перелік джерел посилань .

Об’єкт вивчення - стан гарячого прокатування 1700

Мета роботи – розробка режиму прокатування штаб на стані гарячого прокатування 1700

Проведено аналіз технологічних процесів на станах гарячого прокатування. У порівнянні із традиційними комплексами ливарно-прокатні агрегати мають переваги: краща якість виготовленої продукції, зниження енергетичних і економічних витрат, компактність.

Виконано розрахунки режиму деформації та енергосилових параметрів прокатки. Розроблено раціональний режим деформації штаби с розмірами 1,0×1200 мм підкату $h_п$=18мм.

Існує ряд технологічних труднощів, насамперед пов'язаних із забезпеченням планшетності штаби та стабільності процесу прокатки. З погляду вдосконалення обладнання пройдено шлях від традиційних безперервних та напівбезперервних широкоштабових прокатних станів до ливарно-прокатних комплексів з прокатування нескінченної штаби. З погляду технології необхідний здійснювати науково-обґрунтований вибір приватних обтискань під час прокатування, температурних режимів, вигинів та профілювання валків.

ГАРЯЧА ПРОКАТКА, ЛИВАРНО-ПРОКАТНИЙ АГРЕГАТ, ШИРОКОПОЛОСНИЙ СТАН, ТОНКИЙ СЛЯБ, ТОНКИЙ ЛИСТ, МАШИНА НЕПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТІВЛІ, КРИСТАЛІЗАТОР, ВАЛКИ, КЛІТЬ, ДЕФОРМАЦІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 6
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА .....**Error! Bookmark not defined.**
1.1 Загальна характеристика заводів чорної металургії в Україні та за кордоном ……..…9
1.2 Характеристика заводів з неповним металургійним циклом……13
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 2727
Розрахунки кінематичних і енергосилових параметрів для одержання штаби з розмірами 1,0×1200 сталь 08пс 2727
3 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕКАТАНОЇ ШТАБИ……..39
3.1 Напівнескінченна штаба…….39
3.2 Виникнення дефектів форми під час виробництва тонких штаб…..……41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА……..…….....46
4.1 Небезпечні механічні фактории……..…46
4.2Механічні рухи та дії технологічного обладнання та інструменту…….46
ВИСНОВКИ 55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 5556

Вступ

Розвиток авіації, автомобілебудування, приладобудування, енергетичного машинобудування, підвищення ефективності ліній з штампування виробів з рулонної листової сталі, у тому числі з глибоким витягуванням, а також зростання випуску покрівельних матеріалів та необхідність поліпшення якості товарів народного споживання (легкових автомобілів, холодильників, пральних машин. та ін) вимагає виробництва планшетних штаб, стрічок, листів та фольги. Найбільш актуальною є проблема отримання планшетних (рівної форми) штаб при гарячій прокатці на широкоштабових станах. Якість листа багато в чому залежить від правильного, а точніше, від науково-обґрунтованого налаштування стану.

Незважаючи на успіхи вчених і виробничників у галузі поліпшення площинності штаб, що прокочуються, більш жорсткі вимоги нових стандартів і замовників до якості прокату викликають необхідність у розробці та реалізації ефективних технологій і технічних засобів, що дозволяють виробляти планшетний метал.

Найбільшим ринком для такої штаби є зварні труби та будівельні металоконструкції. Гарячекатана штаба використовується як основа для нанесення покриттів, а також як вихідний матеріал для холодної прокатки. Нові технології гарячої прокатки та обладнання дають можливість досягати якості поверхні, стабільності товщини та форми профілю, які дозволяють цій продукції конкурувати з холоднокатаною штабою у ряді галузей.

Вирішальним чинником є конкурентоспроможність щодо собівартості такої продукції. Оскільки немає додаткового переділу, тобто. холодної прокатки, собівартість кінцевої продукції знижується, але водночас важливо забезпечити стабільний процес прокатки та якість тонкої гарячекатаної штаби. При цьому прогнозується, що в Європі до 27% холоднокатаної штаби на ринку може бути замінено на ультра тонку гарячекатану штабу завтовшки

менше 1,2мм. Фірма Danieli очікує, що ця частка може досягти 35% за зниження ціни на $20-30 за тонну.

Однак при гарячій прокатці штаби висока якість, як правило, гарантується при товщині штаби не менше ніж 1,5 мм. При спробі отримати тоншу штабу виникають проблеми з якістю поверхні, планшетністю, дотриманням швидкісних та температурних параметрів виробництва, стабільністю процесу прокатки. До того ж, при швидкостях прокатки більше 15 м/с у штаб товщиною близько 1 мм при транспортуванні по відведеному рольгангу до моталки відбувається нерегульований підйом (планування) переднього кінця. Таким чином, удосконалення технології та обладнання, що забезпечують виробництво якісної штаби товщиною менше 1,5 мм в умовах широкоштабових станів гарячої прокатки, є актуальним завданням.

Гарячу прокатку штаб здійснюють на безперервних та напівбезперервних станах. На сьогоднішній день традиційними вважаються стани для прокатки штаби зі слябу товщиною до 300 мм з повторним нагріванням у методичних печах або печах з балками, що крокують.

За даними фірми Siemens VAI, для виробництва штаби UTHS (Ultra Thin Hot Rolled Strip – надтонка гарячекатана штаба) найбільш раціонально використовувати тонкослябову заготовку товщиною 70-150 мм. Найбільш значущою подією останніх десятиліть у чорній металургії стало створення технології виробництва сталевої гарячекатаної штаби на основі тонкослябової виливки, яка передбачає пряму прокатку гарячого слябу після МНЛЗ. Цей процес отримав назву " Компактне виробництво штаби" - процес CSP (Compact Strip Production). Переваги цього процесу очевидні, а в порівнянні з традиційним способом виробництва рулонного прокату прокату CSP з тонкослябовою машиною безперервного лиття забезпечує:

1. зниження питомих капітальних витрат на 30 - 40%;
2. Зниження собівартості прокату на 20 – 25%;
3. Зниження енергетичних та матеріальних ресурсів на 50 – 60%;

4. Поліпшення екологічних умов;

5. Скорочення часу виконання замовлень.

Розглянемо докладніше особливості станів з виробництва гарячекатаної штаби.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика заводів чорної металургії в Україні та за кордоном

Україна

На Маріупольському металургійному комбінаті імені Ілліча проходить модернізація листопрокатного стану «1700», що випускає гарячекатаний рулонний прокат.

Цех оновлюється майже повністю: обладнання та технології, що постачає компанія Primetals Technologies Austria. У модернізацію Метінвест інвестувала близько 110 млн дол. Реконструкція листопрокатного цеху розпочалася у 2018 році. На першому етапі ввели в експлуатацію нову нагрівальну піч та встановили великовантажну моталку. Це дозволило збільшити масу рулонів до 16,5 т (до реконструкції – до 9,5 т). На другому етапі змонтували два нових окаліноломатєля, чорнову кліть, проміжний пристрій, що перемотує “coilbox” та інше технологічне обладнання, виконано посилення та модернізацію блоку чистових клітей прокатного стану «1700». З п'яти старих клітей чорнової групи залишається одна, інші замінені однією потужнішою – реверсивною, з еджером (обладнання для вертикального обтиснення слябу). Нова кліть оснащена автоматизованою системою керування, що дозволяє стабільно отримувати якісний підкат для чистової групи клітей. “Coilbox” встановлюється після чорнового блоку стану він виконує проміжну змотку довгихштаб, яка необхідна при прокатуванні важких рулонів. При цій операції відбувається вирівнювання температури по всій довжині штаби. У ході подальшої прокатки в чистових клітях це сприяє рівномірному обтиску штаби, підвищенню точності допусків, а також забезпечує стабільність механічних властивостей та мікроструктури перерізу

готового прокату. Восени 2019 року реконструкція завершилася та розпочалися випробування обладнання.

П'ять основних особливостей оновленого цеху ЛПЦ 1700.

1. Вага рулону збільшується.

Оновлений листопрокатний стан «1700» дозволяє збільшити вагу рулонів майже в три з половиною рази порівняно з продукцією, що випускається до реконструкції стану – до 27 тонн, а в перспективі – до 32 тонн. Прокат отримують із слябів преміум-класу, які випускає нова машина безперервного лиття заготовок, введена в експлуатацію у 2019 році. Гарячекатаний рулон затребуваний у будівельній галузі та машинобудуванні, у трубній галузі та металопереробці. Тяжкі рулони економлять час і витрати на переробку металу: чим більша вага рулону, тим менше проміжних операцій виконує споживач.

2. Рулон стає тонши.

Мінімальна товщина прокату, що випускається за євростандартами, зменшується з 1,8 до 1,2 мм, обсяг виробництва такого тонкого сортаменту збільшиться. Споживачі цієї продукції знову заощаджують час і ресурси: у багатьох застосуваннях тонкий прокат гарячекатання ефективно замінює

холоднокатані рулони, виключаючи необхідність додаткової прокатки. До того ж, ця позиція буде доступна в пакетному реченні, коли в одного постачальника можна отримати максимум необхідних типорозмірів продукції. Зменшення товщини гарячекатаного прокату особливо важливе для виробників профільних труб та споживачів на зовнішніх ринках для подальшого холодного перекату.

3. Сортамент розширюється.

Виробництво тонколистового прокату на стані «1700» відкриває нові можливості для розширення сортаменту холоднокатаної продукції, а також збільшення обсягів виробництва оцинкованого листа та рулону.

Комбінат вже випускає нову продукцію: гарячекатані тручені рулони без зварного шва вагою до 15 тонн та холоднокатані рулони без зварного шва вагою 14-14,5 тонн.

4. Якість поверхні покращується

Після модернізації листопрокатного цеху якість рулонів буде відповідати найвищим світовим вимогам. Австрійське обладнання на прокатному стані «1700» дозволяє забезпечити стабільність технологічних режимів, сприяючи отриманню готової продукції з вузькими допусками на геометричні розміри, однорідною структурою, рівномірним розподілом властивостей за довжиною та шириною прокату.

5. Зростають обсяги виробництва

Зараз листопрокатний цех «1700» може виробляти близько 1,3 млн. тонн гарячекатаного прокату на рік. А подальше комбінат розраховує вийти на виробництво близько 2,5 млн. тонн, з яких на вільному ринку буде доступно близько 1,5 млн. тонн високоякісних важких гарячекатаних рулонів. Вся продукція сертифікована за євростандартами та орієнтована переважно на експорт.

Індія

Індійська компанія JSW Utkal Steel Limited розпочала попередні

роботи з будівництва нового металургійного заводу повного циклу потужністю 13 млн т/рік в районі м. Парадіп (Paradip), шт. Одіша. Компанія планує, що завод вироблятиме гарячо- та холоднокатану металопродукцію. Окрім металургійного заводу на ділянці землі 169,5 га, на якому передбачається будівництво заводу, планується побудувати також цементний завод та електростанцію потужністю 900 МВт. Роботи з будівництва заводу ускладнені тим, що з майбутнього будівельного майданчика необхідно переселити там понад 50 тис. людей, які вже почали протестувати проти будівництва.

Раніше повідомлялося, що компанія JSW Utkal Steel отримала екологічний дозвіл уряду штату Одіша на будівництво металургійного заводу.

Китай

У Китаї схвалено плани будівництва восьми нових металургійних заводів, які будуть побудовані замість існуючих застарілих заводів, що підлягають виведенню з експлуатації.

Сумарна потужність восьми нових заводів, які планується ввести в експлуатацію в найближчі 3–4 роки, становитиме 17,18 млн т/рік чавуну та 13,56 млн т/рік сталі. До цього з експлуатації буде виведено потужності в обсязі 19,53 млн т/рік чавуну та 15,21 млн т/рік сталі. З урахуванням закритих до кінця 2018 р. потужностей в обсязі 5,18 млн т/рік чавуну та 2,16 млн т/рік стали у 2020–2023 роках. фактично будуть закриті заводи з виробництва 14,39 млн т/рік чавуну та 13,04 млн т/рік сталі, і чисте збільшення потужностей у цей період становитиме 2,79 млн т/рік з виробництва чавуну та 0,51 млн т/рік із виробництва сталі.

Відповідно до прогнозів закордонних експертів, до кінця 2019 р. сумарні потужності металургійних заводів Китаю з виробництва сталі становити 1,2 млрд т/рік.

1.2 Характеристика заводів з неповним металургійним циклом

Іран

Іранська компанія SMS group ввела в експлуатацію в провінції Керман (Kerman) новийметалургійний завод потужністю 1,5 млн т/рік.

Завод включає фабрику з виробництва продуктів прямого відновлення заліза потужністю 800 тис. т/рік. Будівництво заводу,вартість якого становила 120 млн євро, розпочалось у 2017 р.

Кенія

Компанія Devki Group інвестує 100 млн дол. у будівництво нового металургійного заводу, який вироблятиме листовий прокат для подальшого виробництва покрівельного заліза. Новий завод буде збудовано недалеко від столиці Кенії м.

Найробі та планується до пуску у 2021 р. Devki Group виробляє сталевий прокат, покрівельне залізо та цемент.

США

Американська компанія Nucor Corp. почала випробування обладнання на новому мікрозаводі, який побудований в м. Седалія (Sedalia), шт. Міссурі. Очікується, що завод потужністю 400 тис. т/рік арматури буде пущений 27 або 28 грудня 2019 р. Завод побудований на базі технології MI.DA., розробленої фірмою Danieli, і вироблятиме арматуру в пачках та бунтах для будівництва. Завод матиме 40-т ДСП змінного струму, оснащений пристроєм ECS безперервного завантаження та попереднього нагрівання брухту, а також встановлення ковш- піч. Після обробки рідка сталь розливатиметься на високошвидкісний одноручної МНЛЗ. Відразу після виходу з МНЛЗ заготівля подаватиметься на 16-клітинний прокатний стан для забезпечення

безперервності процесу безперервне розливання сталі – прокатка. Ділянка чистової прокатки стану буде обладнана системою DRB (DirectRolling&Bundling)— пряма прокатка та укладання в бунти) та системою K-Spool, що дозволяє укладати прокат у бунти високої якості без його скручування.

Другий такий самий завод компанія будує в штаті Флорида. Завод планується до пуску на початку 2020 року.

Австралійська компанія BlueScope Steel вирішила розширити сталеплавильні потужності свого американського підрозділу-компаніїNorth Star, що знаходиться в Огайо, США. Компанія інвестує 700 млн дол. у будівництво третьої ДСП, другої слябової МНЛЗ та нової нагрівальної печі, що дозволить збільшити виробництво сталі на заводі на 850 тис. т/рік. Планується, що нове обладнання буде введено в експлуатацію у середині 2022 року.

В даний час сталеплавильні потужності заводуNorth Star становлять 2,2 млн т/рік, прокатні потужності—2,1 млн т/рік. Завод виробляє гарячекатану штабу товщиною від 1,27 до 12,7 ммта шириною від 1055 до 1550 мм.

Хорватія

Фірма Danieli Automation- підрозділ Danieli- встановила систему Q-One на 78-т ДСП, що працює в електросталеплавильному цеху хорватської компанії ABS Sisak. Система Q-One дозволяє згладити стрибки напруги в мережі живлення ДСП, а також забезпечує ефективний контроль роботи електродів та підвищення ефективності роботи печі. Після встановлення системи Q-One на ДСП витрати електродів знизилися на 20 %, крім того, на 10 % знизився час використання електроенергії. Реконструкція печі була викликана жорсткими вимогами постачальника електроенергії.

Індія

Індійська компанія Rashtriya Ispat Nigam Ltd (RINL) ввела в експлуатацію двопозиційну установку позапічної обробки сталі в сталеплавильному цеху заводу Visakhapatnam Steel Plant, м. Візакхапатнам, шт. Андхра-Прадеш. Установка має продуктивність 40 плавок/день при роботі на двох позиціях.

Установку побудовано з урахуванням програми розширення потужностей компанії з виробництва сталі з нинішніх 6,3 млн т/рік до 7,3 млн т/рік.

Будівництво установки коштувало 20,2 млн дол.

США

Компанія North Star - підрозділ авст- ралійської BlueScope Steel- розмістила замовлення на фірмі SMS group на постачання обладнання для одноручної тонкослябової МНЛЗ на своєму заводі, розташованому в м. Дельта (Delta), шт. Огайо. Машина продуктивністю 1,1 млн т/рік відливатиме сляби товщиною від 95 до 110 мм та шириною від 900 до 1595 мм.

Конструкція елементів нової МНЛЗ дозволить у разі потреби проводити їх заміну з існуючої тонкослябової машини. Нова МНЛЗ буде обладнана системою контролю ширини слябу X- Pact Width Control, системою оптимізації процесів розливу Level 2 X-Pact Cast Optimizer, системою моніторингу стану кристалізатора HD moldTC, а також системою контролю процесу затвердіння зливка X-Pact Solid Control, що включає підсистему водовоз- задушливого вторинного охолодження зливка.

Пуск нової машини дозволить збільшити виробництво тонких слябів із нинішніх 2,2 млн т/ рік до 3,3 млн т/рік. Очікуваний термін введення нової МНЛЗ в експлуатацію—2021 р.

Раніше компанія вирішила розширити сталеплавильні потужності North Star. Компанія розпочала будівництво третьої ДСП та нової

нагрівальної печі, що дозволить збільшити виробництво сталі на заводі на 850 тис. т/рік.

Нове обладнання буде введено в експлуатацію всередині 2022 року.

Сортові МНЛЗІспанія

Компанія Global Steel Wire SA (GSW)—

підрозділ Celsa Group— уклала кон- тракт із фірмою SMS Concast на реконструкцію своєїблюмової МНЛЗ, яка експлуатується у м.

Сантандер (Santander). В даний час МНЛЗ продуктивністю 900 тис. т/рік відливає блюмиквадратного перерізу розміром 180 мм.

Планується, що в результаті реконструкції, яка почнеться на початку 2021 р., МНЛЗ відливатиме блюми квадратного перерізу розміром ще й 200 мм, і 240 мм, збільшиться швидкість розливання і покращиться якість блюмів.

В рамках реконструкції на всіх струмках машини будуть встановлені пристрої CONDRIVE гойдання кристалізатора, потужні пристрої електромагнітного перемішування розплаву в кристалізаторах CONSTIR-MEMS. Особливістю цих пристроїв буде система CONSTIR-MWS (ModulatedWave Stirring)— перемішування модульованою хвилею), яка дозволяє знизити споживання електроенергії при перемішуванні на 30 %. Крім того, на машині буде встановлена програма CONSAFE контролю теплового режиму кристалізаторів, яка дозволить аналізувати в режимі реального часу температуру кристалізаторів у різних галузях з метою оптимізації процесу розливання. Усі системи контролю параметрів та автоматизації задовольнятимуть концепції “Індустрія 4.0”.

Компанія Global Steel Wire SA спеціалізується на виробництві прутка та катанки зі спеціальних сталей для автомобільної промисловості та машинобудування.

Прокатне виробництво

В'єтнам

Компанія Pomina Flat Steel— підрозділ Pomina Steel Group (раніше—Thep Viet) ввела до

експлуатацію комплексу з виробництва холоднокатаної штаби, побудований у в'єтнамській провінції Баріа-Вунгтау (Ba Ria – Vung Tau). Основне технологічне обладнання комплексу було поставлене фірмою Tenova: травільна лінія, цех регенерації кислоти, шестивалковий стан холодної прокатки, лінія гарячого цинкування, лінія нанесення полімерних покриттів, а також обладнання для шліфування прокатних роликів. Комплекс виготовляє високоякісну холоднокатану штабу в рулонах, оцинковану штабу (включаючи штабу з покриттям "Гальвалюм") у рулонах, штабу з полімерними покриттями.

Іспанія

Іспанська компанія ArcelorMittal Asturias розмістила замовлення на фірмі SMS group на встановлення нових систем горіння на нагрівальних печах 2N, 3N та 4N стану гарячої прокатки штаби заводу в м. Авілес (Aviles), Іспанія. Відповідно до умов контракту існуючі пальники систем горіння будуть замінені на пальники типу EcoFlamePLUS, розроблені фірмою SMS group, щодозволяють використовувати два види палива.

Такі пальники будуть встановлені в деяких зонах печей і використовуватимуть гази, що відходять, киснево-конвертерного цеху в якості одного з палив. Другим видом палива може бути природний газ. Пальники можуть ефективно працювати і тільки на газах, що відходять, конвертерного виробництва. При цьому перемикання на вид газу, що використовується, буде здійснюватися автоматично. Нові пальники забезпечуватимуть більш ефективне згоряння, оптимальне полум'я та як результат— сні- ження виділень оксидів типу NOхдо рівня 150 мг/нм3, а також зниження викидів CO2. Всього на кожній печі буде замінено 22

пальники.

Китай

Найбільший китайський виробник прокату з нержавіючої сталі компанія Ningbo Baoxin Stainless Steel Co. Ltd підписала контракт зі шведською фірмою ABB на поставку сучасного електрообладнання та приладів контролю для лінії, що будується, для виробництва високоякісної надтонкої штаби з нержавіючої сталі. Відповідно до умов контракту ABB поставить електродвигуни з регульованою швидкістю, приводи ACS880 з прямим керуванням крутним моментом, вимірювальне обладнання ABB AbilityTM, а також елементи системи автоматизації 1-го та 2-го рівнів на базі системи ABB AbilityTM System 800xA.

Нова лінія продуктивністю 30 тис. т/рік, що будується в м. Нінбо, провінція Чжец-зян, випускатиме високоякісну штабу завтовшки до 30 мкм, для виробництва якої дуже критичні точність регулювання натягу та його стабільність у процесі прокатки та відпалу. Штаба використовуватиметься в авіабудуванні, автомобільній промисловості та інших галузях. Лінія включатиме 20-валковий стан холодної прокатки, піч світлого відпалу, ділянку знежирення, агрегат регулювання натягу штаби та лінію розпуску штаби.

Китайська компанія Nanjing Iron and Steel Co. (NISCO) прийняла рішення реконструювати свій стан Стеккеля 3500 мм, який експлуатується в м. Нанкін (Nanjing), провінція Цзянсу. Розробку проекту реконструкції та виготовлення обладнання виконає виробничий центр фірми Danieli, безпосередньо роботи з реконструкції стану здійснюватиме фірма Danieli Service.

Основна мета реконструкції стану- підвищення точності прокатки та поліпшення якості штаби, що прокочується. В рамках реконструкції

на стані буде встановлена система HAGC (Hydraulic Automatic Gauge Controllers- автоматична система гідравлі- ного контролю товщини), яка забезпечить автоматичний контроль товщини штаби у вузьких межах.

Китайська компанія Shougang Jingtang завершує передпускові роботи перед введенням в експлуатацію поєднаної лінії DUE, що включає тонкослябову МНЛЗ та стан гарячої прокатки.

Концепція DUE (Danieli Universal Endless- універсальна безперервна техноло- гія Danieli) та обладнання унікальної лінії були розроблені та виготовлені фірмою Danieli. Таке суміщення агрегатів забезпечує безперервний процес виробництва штаби. Одноручна тонкослябова МНЛЗ виробляє сляби товщиною 110 мм, при цьому товщина слябу на виході з кристалізатора складає 130 мм і за рахунок системи Dynamic Soft Reduction (динамічна система м'якого обтискання) сляб стискається до 110 мм. Далі сляб надходить на стан гарячої прокатки, що функціонує у безперервному режимі. Перша партія об'ємом 45 тис. т гарячекатаної штаби товщиною 3 мм і шириною 1250 мм із низьковуглецевих та середньовуглецевих сталей продемонструвала задовільні механічні властивості та якість поверхні.

Завод у м. Цаофейдіан (Caofeidian), на якому побудовано суміщену лінію, матиме потужність 2,1 млн т/рік і вироблятиме гарячокатану штабу товщиною від 0,8 до 12,7 мм і шириною від 900 до 1600 мм із широкого діапазону марок сталей.

Фірма Primetals Technologies поставить лінію Arvedi ESP з виробництва безперервнолитої гарячекатаної штаби китайської компанії, розташованої в провінції Хебей. Ливарно- прокатний агрегат Arvedi ESP увійде до складу металургійного заводу, що будується, який матиме киснево-конвертерний цех з одним конвертером. Лінія вироблятиме якісну гарячекатану штабу товщиною до 0,7 мм та шириною до 1600 мм із вуглецевих сталей, високоміцних низьколегованих та двофазних

сталей. У порівнянні зі звичайними процесами виробництва штаби за допомогою безперервногорозливання та прокатки технологія Arvedi ESP дозволяє знизити споживання енергії на 45 %.

Крім того, різко знижуються виділення в атмосферу CO_2 та NOx, мінімізуючи шкідливий вплив на довкілля Уся лінія матиме довжину всього 180 м. Відповідно до підписаного контракту Primetals Technologies розробляє проект усієї лінії та постачає механічне обладнання, системи контролю та автоматизації, а також технологічний пакет. Планується, що нова лінія буде введена в експлуатацію у 2021 році.

США

Американська компанія уклала контракт з фірмою Danieli на постачання обладнання для нового комплексу з виробництва товстого листа, який буде збудовано у м. Бранденбург (Brandenburg), шт. Кентукі. У рамках контракту Danieli поставить ДСП та стан Стеккеля, включаючи електричне обладнання та системи автоматизації. Крім того, Danieli поставить двопозиційну установку ковш-піч та двопозиційну установку вакуумної обробки сталі з механічними вакуумними насосами. Обидві установки будуть оснащені системами автоматизації останнього покоління, які дозволять здійснювати точний контроль температури та хімічного складу оброблюваної сталі. ДСП матиме систему випуску ЕВТ та буде оснащена системою автоматизації технологічного процесу типу Q-Melt. Крім того, система Zero Man Turn Around дозволить звести до мінімальної кількості обслуговуючого персоналу печі.

Американська компанія Nucor Steel Arkansas- підрозділNucor Corp.- ввела до екс- плуатацію комплекс з виробництва холодно-катаної сталі у м. Блайтвілл (Blytheville), шт. Арканзас. Комплекс виробляє листовий прокат для автомобільної промисловості з різних категорій сталей: високоміцних, високоміцних низьколегованих тощо. Будівництво

комплексу коштувало 230 млндол.

Стан продуктивністю 1,2 млн т/рік матиме дві кліті: чорнову та стан Стеккеля.

Чорнова кліть зможе приймати зливки товщиною 914 мм. Стан вироблятиме лист шириною 4064 мм і штабу в рулонах шириною 3175 мм. Товщина листа, що виробляється на стані, буде від 4,76 до 356 мм і штаби в рулонах- від 4,76 до 25,4 мм. Після стану Стеккеля будуть розміщені агрегат EVO 5 правки листа в гарячому стані, лінія обробки листа та лінія різання.

Новий комплекс вироблятиме товстий аркуш з термомеханічною обробкою, аркуш категорії API, зносостійкий аркуш високої твердості.

Вартість будівництва нового комплексу оцінюється в 1,35 млрд дол. Комплекс планується ввести в експлуатацію у 2022 р.

Американська компанія Steel Dynamics, Inc. (SDI) уклала контракт з фірмою Fives на поставку високоефективного чотиривалкового дресирувального стану DMS SkinPass 4Hi для лінії гарячого цинкування на своєму заводі GalvTech у м. Піттсбург, шт. Пенсільванія. Дресирувальний стан дозволить усунути ефект подовження металу при плинності та значно покращити такі характеристики штаби, як планшетність та шорсткість поверхні. Конструкція стану відрізняється високою жорсткістю кліті, можливістю швидкої зміни роликів, збільшеним терміном служби основних компонентів та простою процедурою ремонту.

Раніше фірма Fives поставила для підрозділу SDI—Columbus Mississippi- обладнання- ня для нової лінії гарячого цинкування та здійснила реконструкцію іншої лінії цинкування на цьому заводі.

Виробництво сортового прокату

Китай

Китайська компанія Yunnan Qujing Chenggang Steel Products розмістила замовлення на фірмі Danieli на постачання обладнання для будівництва нового високошвидкісного сортопрокатного стану продуктивністю 1,2 млн т/ рік. Стан працюватиме на заготівлі розміром 165 мм та масою 2500 кг та виробляти арматуру та круглий прокат діаметром від 8 до 40 мм із сталей HRBF 400E–500E. Стан буде обладнаний клітями типу SHS, системою охолодження прокату водою та іншими системами, що дозволяють виробляти високоякісний прокат. Пуск стану планується здійснити наприкінці 2020 року.

Японія

Японська компанія Yamato Steel Co. Ltd модернізує свій стан у м. Кокіо (Kokyo), що виробляє середньо- та великосортний профіль, включаючи двотаврові балки та швелер. На стані буде встановлена лазерна установка

PROgauge, яку поставить австрійська фірма TBK Automatisierung und Messtechnik GmbH. Установка PROgauge вимірюватиме геометричні параметри (розміри та форму) профілю, а також реєструватиме дефекти прокату, спричинені як умовами прокатки, так і якістю заготівлі. Висока швидкість вимірювання та велика кількість точоквимірювання дозволять уявляти поверхню прокату у форматі 3D. Планується, що встановлення PROgauge на заводі Yamato Steel Co. Ltd буде введено в експлуатацію наприкінці 2020 року.

Раніше фірма TBK Automatisierung und Messtechnik GmbH поставила таку саму лазерну установку на завод компанії Nucor Yamato Steel уСША.

TBK Automatisierung und Messtechnik GmbH є підрозділом SMS Group.

Ковочне виробництво

Китай

Китайська компанія AVIC Shaanxi Hongyuan Aviation Forging Co., Ltd— підрозділAVIC Heavy Machinery Co., Ltd— ввела в експлуатацію-цію найбільший у світі гвинтовий прес на своєму заводі в м. Сіань (Xi'an), провінція Шеньсі. Прес SPKA зусиллям 365 МН та масою 2900 т, виготовлений та поставлений фірмою SMS group, має діаметр гвинта 1330 мм. Це вже третій найбільший гвинтовий прес, поставлений замовникам фірмою SMS group.

Завдяки гвинтовій конструкції прес дозволяє більш тонко регулювати швидкість пуансону та оптимізувати процес кування порівняно з іншими механічними пресами. Прес використовуватиметься для виготовлення лопаток турбін та інших відповідальних деталей літаків.

AVIC Shaanxi Hongyuan Aviation Forging є одним з найбільших у Китаї виробників структурних елементів, авіаційних дисків та лопаток турбін із високолегованих сплавів, сплавів на основі титану та нікелю.

Виробництво труб

Мексика

Компанія Tenaris Tamsa, м. Веракрус (Veracruz), Мексика, ввела в експлуатацію рольгангову піч відпалу труб, обладнання якої було поставлене фірмою Danieli Olivotto Ferre. Піч продуктивністю 5 т/год призначена для термообробки труб діаметром від 15 до 120 мм, довжиною до 16 м та товщиною стінки від 1,5 до 20 мм, отриманих як гарячим, так і холодним способом. Конструкція печі дозволяє здійснювати наступні види термоутворення.

ботки: нормалізацію, відпал, відпустку та зняття напруги. Особливістю печі є можливість здійснення термообробки у різних видах атмосфери, включаючи відновну, 100 % N2та повітря. У разі використання відновлювальної атмосфери газ подається від

газогенератора, щододається.

Термічна обробка і обробка прокату

Китай

Фірма Fives поставила нагрівальну піч на сортопрокатний стан китайської компанії Yantai Walsin Stainless Steel, яка спеціалізується на виробництві сортового прокату з нержавіючої сталі— прутка та дроту.

Yantai Walsin Stainless Steel є подраз- розподілом Walsin Lihwa— світового лідера у виробництва нержавіючої сталі. Поставлена піч Stein Reheating WBF з кроку- вальною балкою продуктивністю 85 т/год обладнана пальниками AdvanTek останнього покоління, спроектованими у Франції. Завдяки конструкції пальників піч відрізняється наднизьким рівнем викидів оксидівтипу NOx— ме- її 100 мг/м3.

Фірма Fives також поставила іншу піч продуктивністю 130 т/год компанії HBIS SHISTEEL-Shijiazhuang Iron & Steel Company, що є підрозділом HBIS Group. Піч Stein Digit@l Furnace з крокуючою балкою працює на нагріванні природним газом і обладнана системою горіння з індивідуальним регулюванням пальників, що дозволяє здійснювати ефективне нагрівання продуктів при значній економії палива та зниження викидів оксидів типу NOx. Використані в печі пальники з широкою формою полум'я забезпечують оптимальний температурний профіль продуктів, що нагріваються як за їх довжиною, так і за їх перерізом. Розробку проекту за цим контрактом, постачання обладнання, монтаж обладнання та пуск печі в експлуатацію виконає компанія Fives Stein Metallurgical Technology (Shanghai)— Китайськийпідрозділ фірми Fives.

Метал з покриттям

Німеччина

Компанія ThyssenKrupp розпочала будівництво нової лінії гарячого цинкування штаби на майданчику свого заводу в м. Дортмунд

(Dortmund). Це буде десята лінія нанесення цинкових покриттів, які експлуатує ThyssenKrupp. Лінія вироблятиме штабу з високоякісними покриттями з цинку та сплавів цинк-магній для внутрішніх та зовнішніх частин кузовів автомобілів. Конструкція лінії дозволить отримувати дуже тонкі покриття, що мають високу зносостійкість. Планується, що нова сучасна лінія буде введена в експлуатацію у 2021 році.

США

Американська компанія Nucor Steel Gallatin - підрозділ Nucor Corp. - ввела в експлуа- нову поєднану лінію травлення та гарячого цинкування продуктивністю 500 тис. т/рік на своєму заводі в м. Гент (Ghent), шт. Кентукі.

Устаткування лінії повністю, включаючи електрообладнання та системи автоматизації, було поставлене фірмою SMS Group. У конструкції лінії використано найбільш передові технології: система турбулентного травлення сталевої штаби, потужна індукційна система нагрівання штаби, технологія цинкування FOEN та система Drever охолодження штаби після виходу з ванни цинкування. Конструкція лінії дозволяє наносити цинкові покриття на штабу завтовшки до 6,35 мм і завширшки до 1854 мм. Оцинковану штабу планується постачати для організацій будівельної промисловості, транспорту, автомобільної промисловості, а також у галузі, в яких можлива заміна холоднокатаної оцинкованої штаби на оцинковану гарячекатану, що виробляється заводом.

Американська компанія Flack Global Metals планує інвестувати 150 млн дол. у будівництво лінії з нанесення полімерних покриттів у своєму сервісному металоцентрі (СМЦ) у штаті Арканзас. Нову лінію буде споруджено поруч із заводом компанії Big River Steel, м. Оцеола (Osceola), що виробляє листовий прокат. Планується, що будівництво

лінії розпочнеться влітку 2020 р. і буде завершено у 2021 р. Крім лінії нанесення покриттів на майданчику СМЦ будуть побудовані лінії поздовжнього та поперечного різання штаби, а також лінія тиснення.

Матеріало та енергозбереження

В'єтнам

Канадська компанія Tenova Goodfellow Inc.- підрозділ Tenova-завершила реконструкцію

рукцію системи очищення газів, що відходять, в електросталеплавильному цеху в'єтнамської компанії VINA Kyoei Steel. Відповідно до умов контракту Tenova Goodfellow Inc. встановила систему Peak Shaver Tower контролю охолодження газів, що виділяються при роботі ДСП, рудовану вимірювальними приладами, які дозволяють контролювати ефективність видалення газів. Крім того, було модернізовано ряд вузлів системи газоочищення, що дозволило усунути протікання води та засмічення вузла охолодження газу та компресора.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Розрахунки кінематичних і енергосилових параметрів для одержання штаби з розмірами 1,0×1200 сталь 08пс

Вихідний сляб Н = 18 мм.

Розрахунки припустимих кутів захвата.

Допустимо, що мінімально можлива температура при ході в чистовій групі клітей буде рівна t=1000 ºС.

Становимо таблицю попередніх обтиснень

В 1й кліті ε=50%

$$\Delta h_5 = \varepsilon \quad h_{пр} = 0{,}5 \quad 18 = 9 мм$$

В 6й кліті ε=9%

$$\Delta h_6 = h_к \quad \frac{1}{1 \quad \varepsilon} \quad 1 \quad = 1 \quad \frac{1}{1 \quad 0.09} \quad 1 \quad = 0.09 мм$$

$$\Delta h\Sigma = h_{пр} \quad h_к \quad \Delta h_5 \quad \Delta h_{10} = 18 \quad 1 \quad 9 \quad 0.25 = 7{,}75 мм$$

Тоді $\Delta hi / \Delta h\Sigma = 0.085 + 0.089(9 \quad ni)^{1.3}$

$$\Delta h_2 / \Delta h\Sigma = 0.085 + 0.089(9 \quad 6)^{1.3} = 0.456$$

$$\Delta h3 / \Delta h\Sigma = 0.085 + 0.089(9 \quad 7)^{1.3} = 0.304$$

$$\Delta h_4 / \Delta h\Sigma = 0.085 + 0.089(9 \quad 8)^{1.3} = 0.174$$

$$\Delta h_5 / \Delta h\Sigma = 0.085 + 0.089(9 \quad 9)^{1.3} = 0.085$$

$$\Delta h_2 = 7{,}75 \quad 0.456 = 3{,}53 мм$$

$$\Delta h_3 = 7{,}75 \quad 0.304 = 2{,}35 мм$$

$$\Delta h_4 = 7{,}75 \quad 0.174 = 1{,}34 мм$$

$$\Delta h_5 = 7{,}75 \quad 0.085 = 0.65 мм$$

$$h_1 = 18 \quad 9 = 9мм$$

$$h_2 = 9 \quad 3{,}536 = 5{,}464мм$$

$$h_3 = 5{,}464 \quad 2{,}357 = 3{,}107мм$$

$$h_4 = 3{,}107 \quad 1{,}349 = 1{,}758мм$$

$$h_5 = 1{,}758 \quad 0{,}659 = 1{,}099мм$$

Розрахунки швидкостей.

У чистовій групі йде безперервна прокатка v_6=20м/с.

$$vi = v_6 h_6 / hi$$

$$v_5 = 20 \quad 1/1{,}09 = 18{,}19м/с$$

$$v_4 = 18{,}19 \quad 1{,}099/1{,}758 = 11{,}37м/с$$

$$v_3 = 11{,}37 \quad 1{,}75/3{,}1 = 6{,}43м/с$$

$$v_2 = 20/5{,}46 = 3{,}66м/с$$

$$v_5 = 20/9 = 2{,}22м/с$$

$$h_5 = 18 \quad 9 = 9мм$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{H} = \frac{9}{18} = 0.5$$

$$\varepsilon_2 = \frac{3.536}{9} = 0.39$$

$$\varepsilon_3 = \frac{2.35}{5.46} = 0.43$$

$$\varepsilon_4 = \frac{1.34}{3.10} = 0.43$$

$$\varepsilon_5 = \frac{0.65}{1.75} = 0.37$$

$$\varepsilon_6 = \frac{0.09}{1.099} = 0.09$$

$$t_н = 1000\ ºC$$

Температуру в клітях чистової групи знаходимо по формулі [2]:

$$ti = tnn \quad \frac{\frac{tnn \quad tк}{\frac{hnn}{hк} \quad 1}}{hi} \quad 1$$

$$tk = 682 + 0.35tnn \quad 241 \quad 10^3 / h_{10} \quad v_{10} = 682 + 0.35 \quad 1000 \quad 241 \quad 10^3 / 1 \quad 1200 = 831°C$$

$$t_1 = 1000 \quad \frac{\frac{1000 \quad 831}{\frac{18}{1} \quad 1}}{9} \quad 1 \quad = 990°C$$

$$t_2 = 1000 \quad \frac{\frac{1000 \quad 831}{\frac{18}{1} \quad 1}}{5.46} \quad 1 \quad = 977°C$$

$$t_3 = 1000 \quad \frac{\frac{1000 \quad 831}{\frac{18}{1} \quad 1}}{3.107} \quad 1 \quad = 952°C$$

$$t_4 = 1000 \quad \frac{\frac{1000 \quad 831}{\frac{18}{1} \quad 1}}{1.758} \quad 1 \quad = 908°C$$

$$t_5 = 1000 \quad \frac{\frac{1000 \quad 831}{\frac{18}{1} \quad 1}}{1.099} \quad 1 \quad = 847°C$$

$$t_6 = 831°C$$

Режим деформації штаби 1×1200 сталь 08пс

№ кліті	H мм	h мм	Δh мм	ε, %	V м/с	t°c
1	18	9	9	50	2,22	990
2	9	5,46	3,53	39,3	3,66	977
3	5,46	3,10	2,35	43,1	6,43	952
4	3,10	1,75	1,34	43,4	11,37	908
5	1,75	1,09	0,65	37,5	18,19	847
6	1,09	1	0,09	9	20	831

Розрахунки енергосилових параметрів прокатки.

1я кліть

$$\Delta h = 9 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{632{,}5 / 2 \quad 9} = 53{,}35 мм$$

$$hcc = \frac{H + h}{2} = \frac{18 + 9}{2} = 13{,}5 мм$$

$$l_d / hcc = 53{,}35 / 13{,}5 = 3{,}952$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta h}{Í} = \frac{9}{18} = 0.5$$

$$u = \frac{2222 \quad 0.5}{53{,}35} = 20{,}82 c^{\ 1}$$

Границя текучості металу Ст.08пс [9]:

Хімічний склад	%
Кремній (Si)	0,05-0,17
Марганець (Mn)	0,35-0,65
Мідь (Cu)	0,25
Арсенум (As)	0,08
Нікель (Ni)	0,25
Сірка (S)	0,04
Вуглець (З)	0,05-0,11
Фосфор (P)	0,035
Хром (Cr)	0,10

Вуглецевий коефіцієнт

N = C+Si+Mn+Cr+Ni+Cu+Al=0,11+0,5+0,25+0,25+0,08+0,1 =1,29%

Базова границя текучості:

Якщо N≤5:

$$\sigma_{T\delta} = 80 + 25[1 \quad ((5 \quad N)/4.5)^{1.8}] = 80 + 25[1 \quad ((5 \quad 1{,}29)/4.5)^{1{,}8}] = 87{,}34 H/мм^2$$

$$kt = 1.66 \quad 1.1 \left(\frac{990{,}07}{400} \quad 2\right)^{0.7} = 1{,}01$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43(1 \quad 6.3(0.5 \quad \varepsilon)^2) = 1 + 0.43(1 + 6.3(0.5 \quad 0.3)^2) = 1.32$$

$$ku = 1{,}03 + 0{,}1 \quad ((\ln u) \quad 2.3)^{1.5} = 1.03 + 0.1 \quad ((\ln 20.82) \quad 2.3)^{1.5} = 1.093$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \quad kt \quad k\varepsilon \quad ku = 87.34 \quad 1.01 \quad 1.43 \quad 1.093 = 137.88 H/мм^2$$

$$f_0 = 0.27 \quad 0.1 \left(\frac{t^\circ}{400} \quad 2\right)^2 = 0.27 \quad 0.1 \left(\frac{990}{400} \quad 2\right)^2 = 0.25$$

$$kv = 0.76 + 0{,}82(1 \quad 0{,}1 \quad v)^2 = 0{,}76 + 0{,}82(1 \quad 0{,}1 \quad 2{,}22)^2 = 1{,}25$$

$$k\varepsilon = 1 + 0{,}43(1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}5)^2) = 1{,}43$$

$$ke = 0.85 + 0.5 \cdot \varepsilon = 0.85 + 0.5 \cdot 0.5 = 1.1$$

$$\text{kb} = 0.75$$

$$kT = 1 + 0.43(1 \quad HSD/65)^2 = 1 + 0.43(1 \quad 70/65)^2 = 1.003$$

$$f = f_0 \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_e = 0.25 \cdot 1.256 \cdot 1.43 \cdot 1.1 \cdot 0.75 \cdot 1.003 = 0.37$$

$$fn = f(0{,}92 + 1{,}27\varepsilon) = 0{,}37(0{,}92 + 1{,}27 \quad 0{,}5) = 0.58$$

$$p_{cp} = 1.15\sigma_T(1 + 0{,}48\, fn \quad l_d \quad / hcc) = 1{,}15 \quad 137.88(1 + 0{,}48 \quad 0{,}58 \quad 3.95) = 226.5 H/мм^2$$

Зусилля прокатки в 1й кліті

$$P = p_{cp} \quad l_d \quad B = 226.5 \quad 0.05335 \quad 1.2 = 14.5 МН$$

$$\psi = 0{,}51 \left(\frac{l_d}{hcc}\right)^{0.092}$$

$$\psi = 0{,}51(3.95)^{0{,}092} = 0{,}449$$

$$M = \psi \quad l_d \quad P = 0.449 \quad 0.05335 \quad 14.5 = 0.35 МН$$

$$N\partial\partial = 2 \quad 960 \quad M_{np} \quad v/R = 2 \quad 960 \quad 0.35/0.31625 = 4721.53 кВт$$

2я кліть

$$\Delta h = 3{,}53 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{316.25 \quad 3.53} = 33.44 мм$$

$$hcc = \frac{H + h}{2} = \frac{9 + 5.46}{2} = 7.23 мм$$

$$l_d / hcc = 33.44 / 7.23 = 4.62$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta h}{Í} = \frac{3.53}{9} = 0.39$$

$$u = \frac{3660 \quad 0.39}{33.44} = 43.01c^{\ 1}$$

$$f_0 = 0.27 \quad 0.1 \ \frac{t^{\circ}}{400} \quad 2 \ ^{2} = 0.27 \quad 0.1 \ \frac{977.22}{400} \quad 2 \ ^{2} = 0.25$$

$$kv = 0.76 + 0{,}82(1 \quad 0{,}1 \quad v)^2 = 0{,}76 + 0{,}82(1 \quad 0{,}1 \quad 3.66)^2 = 1{,}08$$

$$k\varepsilon = 1 + 0{,}43\left(1 \quad 6{,}3(0{,}5 \quad 0{,}39)^2\right) = 1{,}39$$

$$ke = 0.85 + 0.5 \quad \varepsilon = 0.85 + 0.5 \quad 0.39 = 1.046$$

$$\text{kb} = 0.75$$

$$kT = 1 + 0.43(1 \quad HSD / 65)^2 = 1 + 0.43(1 \quad 70 / 65)^2 = 1.003$$

$$f = f_0 \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_e = 0.25 \cdot 1.003 \cdot 1.08 \cdot 0.75 \cdot 1.046 = 0.21$$

$$fn = f(0{,}92 + 1{,}27\varepsilon) = 0{,}21(0{,}92 + 1{,}27 \quad 0{,}393) = 0{,}3$$

$$kt = 1.66 \quad 1.1 \ \frac{977.22}{400} \quad 2 \ ^{0.7} = 1.04$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43\left(1 - 6.3(0.5 - \varepsilon)^2\right) = 1 + 0.43\left(1 + 6.3(0.5 - 0.39)^2\right) = 1.39$$

$$ku = 1{,}03 + 0{,}1 \cdot \left((\ln u) - 2.3\right)^{1.5} = 1.03 + 0.1 \cdot \left((\ln 43.01) - 2.3\right)^{1.5} = 1.2$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \quad kt \quad k\varepsilon \quad ku = 87.34 \quad 1.04 \quad 1.399 \quad 1.207 = 153.38 Н / мм^2$$

$$p_{cp} = 1.15\sigma_T\left(1 + 0{,}48 \, fn \quad l_d \quad / hcc\right) = 1{,}15 \quad 153.38(1 + 0{,}48 \quad 0{,}3 \quad 4.62) = 293.84 Н / мм^2$$

Зусилля прокатки в 2й кліті

$$P = p_{cp} \quad l_d \quad B = 293.84 \quad 0.03344 \quad 1.2 = 11.79 МН$$

$$\psi = 0{,}51(4.624)^{\ 0{,}092} = 0{,}44$$

$$M = \psi \quad l_d \quad P = 0.44 \quad 0.03344 \quad 11.79 = 0.17 МН$$

$$Nоб = 2 \quad 960 \quad M_{пр} \quad v / R = 2 \quad 960 \quad 0.17 \quad 3.66 / 0.31625 = 3733.2 кВт$$

3я кліть

$$\Delta h = 2{,}35 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R \Delta h} = \sqrt{316{,}25 \quad 2{,}35} = 27{,}30 мм$$

$$hcc = \frac{H + h}{2} = + \frac{5{,}464 + 3{,}107}{2} = 4{,}28 мм$$

$$l_d / hср = 27{,}3 / 4{,}28 = 6{,}37$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta h}{Н} = \frac{2{,}35}{5{,}46} = 0.43$$

$$u = \frac{6437 \quad 0.431}{27{,}30} = 101{,}61 с^{1}$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1\left(\frac{t^{\circ}}{400} - 2\right)^2 = 0.27 - 0.1\left(\frac{952{,}4}{400} - 2\right)^2 = 0.26$$

$$kv = 0.76 + 0{,}82(1 \quad 0{,}1 \quad v)^2 = 0{,}76 + 0{,}82(1 \quad 0{,}1 \quad 6{,}437)^2 = 1{,}052$$

$$k\varepsilon = 1 + 0{,}43\left(1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}43)^2\right) = 1{,}41$$

$$ke = 0.85 + 0.5 \cdot \varepsilon = 0.85 + 0.5 \cdot 0.43 = 1.06$$

$$kb = 0.75$$

$$kT = 1 + 0.43(1 \quad HSD / 65)^2 = 1 + 0.43(1 \quad 70 / 65)^2 = 1.003$$

$$f = f_0 \quad k_t \quad k_v \quad k_B \quad k_m \quad k_e = 0.26 \quad 1{,}003 \quad 1.052 \quad 0.75 \quad 1.0655 = 0.22$$

$$fn = f(0{,}92 + 1{,}27\varepsilon) = 0{,}22(0{,}92 + 1{,}27 \quad 0{,}431) = 0{,}32$$

$$kt = 1.66 \quad 1.1 \quad \frac{952{,}4}{400} \quad 2^{0.7} = 1{,}1$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43\left(1 \quad 6.3(0.5 \quad \varepsilon)^2\right) = 1 + 0.43\left(1 + 6.3(0.5 \quad 0.431)^2\right) = 1.41$$

$$ku = 1{,}03 + 0{,}1 \quad ((\ln u) \quad 2.3)^{1.5} = 1.03 + 0.1 \quad ((\ln 101{,}61) \quad 2.3)^{1.5} = 1.38$$

$$\sigma_T = \sigma_{Tб} \quad kt \quad k\varepsilon \quad ku = 87{,}33 \quad 1{,}1 \quad 1.41 \quad 1{,}38 = 188{,}41 Н / мм^2$$

$$p_{ср} = 1.15\sigma_T\left(1 + 0{,}48\, fn \quad l_d \quad / hcc\right) = 1{,}15 \quad 188{,}41(1 + 0{,}48 \quad 0{,}32 \quad 6{,}37) = 428{,}7 Н / мм^2$$

Зусилля прокатки в 3й кліті

$$P = p_{ср} \quad l_d \quad B = 428{,}7 \quad 0{,}02730 \quad 1.2 = 14{,}05 МН$$

$$\psi = 0{,}51(6{,}371)^{\ 0{,}092} = 0{,}42$$

$$M = \psi \quad l_d \quad P = 0.42 \quad 0.02730 \quad 14{,}05 = 0.16 МН$$

$$Nдд = 2 \quad 960 \quad M_{пр} \quad v / R = 2 \quad 960 \quad 0{,}16 \quad 6{,}43 / 0.31625 = 6252{,}79 кВт$$

4я кліть

$$\Delta h = 1{,}34 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{316{,}25 \quad 1{,}34} = 20{,}65 мм$$

$$hcc = \frac{H + h}{2} = \frac{3{,}107 + 1{,}758}{2} = 2{,}43 мм$$

$$l_d / hcc = 20{,}65 / 2{,}43 = 8{,}49$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta h}{Í} = \frac{1{,}34}{3{,}1} = 0.43$$

$$u = \frac{11377 \quad 0.43}{20{,}65} = 239{,}05 c^{\ 1}$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1\left(\frac{t^\circ}{400} - 2\right)^2 = 0.27 - 0.1\left(\frac{908}{400} - 2\right)^2 = 0.26$$

$$kv = 0.76$$

$$k\varepsilon = 1 + 0{,}43\left(1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}43)^2\right) = 1{,}41$$

$$ke = 0.85 + 0.5 \cdot \varepsilon = 0.85 + 0.5 \cdot 0.43 = 1.06$$

$$kb = 0.75$$

$$kT = 1 + 0.43(1 \quad HSD / 65)^2 = 1 + 0.43(1 \quad 70 / 65)^2 = 1.003$$

$$f = f_0 \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_e = 0.26 \cdot 1.003 \cdot 0{,}76 \cdot 0.75 \cdot 1.065 = 0.16$$

$$fn = f(0{,}92 + 1{,}27\varepsilon) = 0{,}16(0{,}92 + 1{,}27 \quad 0{,}43) = 0{,}24$$

$$kt = 1.66 \quad 1.1 \quad \frac{908,25}{400} \quad 2 \quad ^{0.7} = 1,22$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43(1 \quad 6.3(0.5 \quad \varepsilon)^2) = 1 + 0.43(1 + 6.3(0.5 \quad 0.43)^2) = 1,41$$

$$ku = 1,03 + 0,1(\ln u \quad 2.3)^{1,5} = 1.03 + 0.1(\ln 239,05 \quad 2,3)^{1,5} = 1.59$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \quad kt \quad k\varepsilon \quad ku = 87,33 \quad 1.22 \quad 1,41 \quad 1.59 = 241,14 H / мм^2$$

$$p_{cp} = 1.15\sigma_T(1 + 0,48\, fn \quad l_d \quad / hcc) = 1,15 \quad 241,14(1 + 0,48 \quad 0,24 \quad 8,49) = 548,57 H / мм^2$$

Зусилля прокатки в 4й кліті

$$P = p_{cp} \quad l_d \quad B = 548,57 \quad 0.0206 \quad 1.2 = 13,59 МН$$

$$\psi = 0,51(8,49)^{\ 0,092} = 0,41$$

$$M = \psi \quad l_d \quad P = 0.41 \quad 0.02065 \quad 13,59 = 0.12 МН$$

$$N\partial\partial = 2 \quad 960 \quad M_{np} \quad v / R = 2 \quad 960 \quad 0,12 \quad 11,37 / 0.31625 = 8288,57 кВт$$

5я кліть

$$\Delta h = 0,659 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{316,25 \quad 0,659} = 14,43 мм$$

$$hcc = \frac{H + h}{2} = \frac{1,758 + 1,099}{2} = 1,42 мм$$

$$l_d / h\tilde{n}\eth = 14,43 / 1,42 = 10,1$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta h}{\acute{I}} = \frac{0,65}{1,75} = 0.37$$

$$u = \frac{18198 \quad 0.37}{14,436} = 472,72 c^{\ 1}$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1\left(\frac{t^\circ}{400} - 2\right)^2 = 0.27 - 0.1\left(\frac{847,27}{400} - 2\right)^2 = 0.27$$

$$kv = 0.76$$

$$k\varepsilon = 1,38$$

$$ke = 0.85 + 0.5 \cdot \varepsilon = 0.85 + 0.5 \cdot 0.375 = 1.037$$

$$\text{kb} = 0.75$$

$$kt = 1.003$$

$$f = f_0 \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_e = 0.27 \cdot 1.003 \cdot 0.76 \cdot 0.75 \cdot 1.037 = 0.16$$

$$fi = f(0{,}92 + 1{,}27\varepsilon) = 0{,}16(0{,}92 + 1{,}27 \cdot 0{,}37) = 0{,}22$$

$$kt = 1.66 - 1.1\left(\frac{847{,}27}{400} - 2\right)^{0.7} = 1{,}41$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43\left(1 - 6.3(0.5 - \varepsilon)^2\right) = 1 + 0.43\left(1 + 6.3(0.5 - 0.375)^2\right) = 1.38$$

$$ku = 1{,}03 + 0{,}1(\ln u - 2.3)^{1{,}5} = 1.03 + 0.1(\ln 472{,}72 - 2.3)^{1{,}5} = 1.78$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \quad kt \quad k\varepsilon \quad ku = 87{,}33 \quad 1.41 \quad 1{,}38 \quad 1.78 = 305{,}62 H / мм^2$$

$$p_{cp} = 1.15\sigma_T(1 + 0{,}48\, fn \quad l_d \quad / hcc) = 1{,}15 \quad 305{,}62(1 + 0{,}48 \quad 0{,}22 \quad 10{,}1) = 726{,}54 H / мм^2$$

Зусилля прокатки в 5й кліті

$$P = p_{cp} \quad l_d \quad B = 726{,}54 \quad 0.01443 \quad 1.2 = 12{,}59 MH$$

$$\psi = 0{,}51(10{,}1)^{\ 0{,}092} = 0{,}4$$

$$M = \psi \quad l_d \quad P = 0.4 \quad 0.01443 \quad 12{,}59 = 0.07 MH$$

$$N\partial\partial = 2 \quad 960 \quad M_{np} \quad v / R = 2 \quad 960 \quad 0{,}07 \quad 18{,}19 / 0.31625 = 7733{,}79 кВт$$

6я кліть

$$\Delta h = 0{,}099 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{316{,}25 \quad 0{,}099} = 5{,}595 мм$$

$$hcc = \frac{H + h}{2} = \frac{1 + 1{,}099}{2} = 1{,}049 мм$$

$$l_d / h\tilde{n}\partial = 5{,}595 / 1{,}0495 = 5{,}331$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta h}{\acute{I}} = \frac{0{,}09}{1{,}099} = 0{,}09$$

$$u = \frac{20000 \quad 0.09}{5{,}595} = 321{,}72c^{\,1}$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1\left(\frac{t^{\circ}}{400} - 2\right)^2 = 0.27 - 0.1\left(\frac{831}{400} - 2\right)^2 = 0.27$$

$$kv = 0.76$$

$$ke = 0.85 + 0.5 \cdot \varepsilon = 0.85 + 0.5 \cdot 0.09 = 0{,}895$$

$$\text{kb} = 0.75$$

$$kt = 1.003$$

$$f = f_0 \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_e = 0.27 \cdot 1.003 \cdot 0.76 \cdot 0.75 \cdot 0{,}895 = 0.138$$

$$fi = f(0{,}92 + 1{,}27\varepsilon) = 0{,}16(0{,}92 + 1{,}27 \cdot 0{,}09) = 0{,}143$$

$$kt = 1.66 - 1.1\left(\frac{831}{400} - 2\right)^{0.7} = 1{,}48$$

$$k\varepsilon = 0{,}8 + 0{,}2 \cdot \left(1 - 178 \cdot (0{,}1 - 0{,}09)^2\right) = 0{,}996$$

$$ku = 1{,}03 + 0{,}1(\ln u - 2.3)^{1{,}5} = 1.03 + 0.1(\ln 321{,}72 - 2.3)^{1{,}5} = 1{,}677$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \quad kt \quad k\varepsilon \quad ku = 87{,}33 \quad 0{,}996 \quad 1{,}48 \quad 1.67 = 215{,}9H / мм^2$$

$$p_{cp} = 1.15\sigma_T(1 + 0{,}48\, fn \quad l_d \quad / hcc) = 1{,}15 \quad 215{,}9(1 + 0{,}48 \quad 0{,}143 \quad 5{,}331) = 339{,}13H / мм^2$$

Зусилля прокатки в 6й кліті

$$P = p_{cp} \quad l_d \quad B = 339{,}13 \quad 0.005595 \quad 1.2 = 2{,}27MH$$

$$\psi = 0{,}5(5{,}331)^{\,0{,}092} = 0{,}429$$

$$M = \psi \quad l_d \quad P = 0.42 \quad 0.005595 \quad 2{,}27 = 0{,}005MH$$

$$N\partial\partial = 2 \quad 960 \quad M_{np} \quad v / R = 2 \quad 960 \quad 0{,}005 \quad 20 / 0.31625 = 607{,}1кВт$$

Геометричні й енергосилові параметри прокатки штаб 1×1200

сталь 08пс

№ кліті	ld,мм	$ld/h_{ср}$, мм	$\sigma_т$, Н/мм^2	f	$p_{ср}$, Н/мм^2	P, МН	ψ	$M_{пр}$, МНм	N, кВт
1	53,35	3,95	137,88	0,37	333	21,3	0,44	0,51	6889,1
2	33,44	4,62	153,38	0,21	293,8	11,79	0,44	0,17	3733,2
3	27,30	6,37	188,41	0,22	428,7	14,05	0,42	0,16	6252,7
4	20,65	8,49	241,14	0,16	548,5	13,59	0,41	0,12	8288,5
5	14,43	10,1	305,62	0,16	726,54	12,59	0,40	0,07	7733,7
6	5,59	5,33	215,9	0,13	339,1	2,27	0,42	0,005	607,11

3 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕКАТАНОЇ ШТАБИ

3.1 Напівнескінченна штаба

Критичним моментом при виробництві тонких штаб продовжує залишатися заправка переднього кінця штаби стан чистової прокатки і вихід заднього кінця. Компанія SMS-Siemag розробила напівнескінченний процес прокатки, який реалізований на заводах Masteel (Малайзія) та Lysteel (Китай). За цією схемою прокатки довгий тонкий сляб довжиною 270 м і більше розливають і прокочують одну операцію. Прокатку такого сляба спочатку ведуть до некритичної товщини штаби, що дозволяє забезпечити стабільне захоплення при прокатці та змотуванні штаби. Під час прокатки міжвалкові зазори зменшують до величини, необхідної для отримання необхідної товщини. Відмінності в конфігурації цих агрегатів у порівнянні з CSP полягають у високошвидкісних ножицях, встановлених безпосередньо перед моталками і забезпечують різання штаби на швидкості до 18-20 м/с, а також у вузлі напрямних роликів з перемикачем, що дозволяє швидко перенаправляти штаби з однієї підпільної моталки на іншу. Використовуючи принцип напівнескінченної прокатки, компанія Lysteel освоїла виробництво штаби завтовшки 0,77 мм.

ESP-виробництво нескінченної штаби

Цех ESP (endless strip production) нескінченної прокатки штаби, заводу Arvedi (Італія), спроектований та побудований фірмою Siemens VAI. Застосовувана технологія дозволяє отримувати тонку гарячекатану штабу високої якості за менших витрат, ніж описані вище технологічні процеси. Завдяки нескінченному характеру процесу (штаба досягає довжини 150 км) виключається необхідність в операції, що періодично повторюється, за завданням переднього кінця заготівлі в кліті прокатного стану. На цьому

ґрунтується можливість виробництва надтонких штаб у лініях ESP. Прокатка штаби відбувається при постійному натягу, що виключає небезпеку спотворення її форми, у тому числі в умовах нестабільного процесу прокатки кінців заготовок. Досягається низький витратний коефіцієнт металу, оскільки відсутній обріз від переднього та заднього кінців заготовок. Різання штаби виробляють тільки перед її надходженням до підпільних моталок.

Рис. 3.1 Схема технологічного процесу лінії Arvedi

Ливарно-прокатний агрегат (рис.3.1) має довжину 190 м, що становить менше половини довжини типового широкоштабового стану гарячої прокатки, без урахування МНЛЗ та проміжних складів. Номінальна виробнича потужність нового агрегату перевищує 2 млн т/рік гарячекатаної штаби в рулонах. Ширина прокатаної лінії досягає 1600 мм, товщина - від 0,8 мм і більше.

Три кліті чистової групи прокатного стану обладнані профільованими валками, що забезпечує високий рівень площинності прокатаної штаби. Всі кліті стану обладнані системами автоматичного регулювання товщини штаби та іншими контрольними системами. Після виходу з останньої кліті стану штабу охолоджують за допомогою системи ламінарного охолодження, завдяки чому одержують необхідні механічні властивості металу. Потім штаба проходить через високошвидкісні ножиці та змотується в рулон на одній із трьох підпільних моталок. Найкращим результатом у виробництві надтонкої штаби на агрегаті ESP є прокатка штаби товщиною 0,8 мм та шириною 1500 мм.

3.2 Виникнення дефектів форми під час виробництва тонких штаб

Незадовільна планшетність гарячекатаних штаб завтовшки менше 2 мм викликає підвищену відбраковування та доопрацювання рулонного прокату, що підвищує собівартість його виробництва. Також утворення дефекту планшетності призводить до порушення стаціонарного процесу прокатки, обривів штаб, що прокочуються, наварам робочих валків, порізу штаб.

Найбільш поширеним дефектом планшетності в практиці прокатного виробництва є хвилястість, коли штаба, що прокатується, на її окремих ділянках згинається в поздовжньому і поперечному напрямку, причому радіус вигину змінюється як по довжині, так і по ширині штаби. Як правило розрізняють такі варіанти хвилястості: крайова хвилястість, центральна хвилястість та місцева хвилястість (рис.3.2). Хвилястість може бути як симетричною, так і не симетричною по ширині штаби, стабільною і не стабільною за її довжиною. Для випадків утворення хвилястості характерна різниця довжини сусідніх ділянок у напрямі ширини штаби. Так, при центральній хвилястості ділянки, розташовані по центру штаби, виявляються довшими за ділянки штаби, розташовані по її краях, при місцевій хвилястості ділянки штаби, розташовані в місці дефекту, зазвичай довші, ніж її планшетної частини.

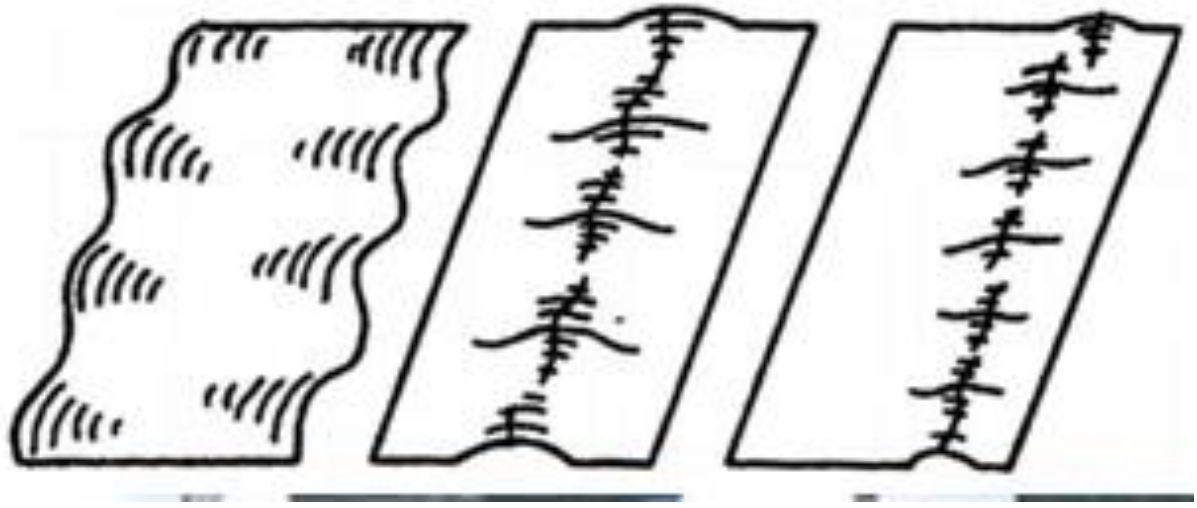


Рисунок - 3.2. Варіанти хвилястості (зліва направо): крайова, центральна, місцева

Утворення хвилястості при прокатці в міжклітинному просторі може спричинити утворення дефекту «поріз», коли складка металу закочується у валках наступної кліті (рис.3.3). Крім цього незадовільна планшетність, особливо на головній ділянці штаби, обумовлює нестабільний процес прокатки і може стати причиною обриву штаби та аварійної зупинки стану.

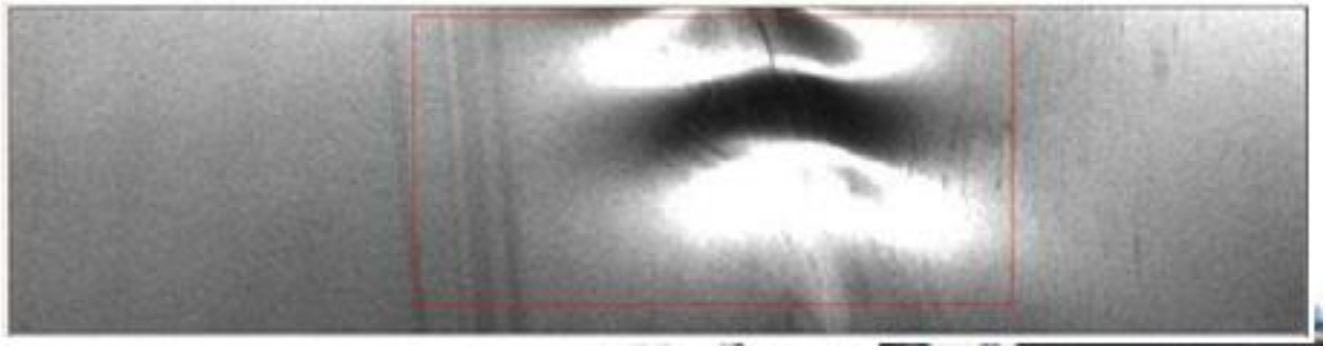


Рисунок 3.3 - Дефект «поріз»

В даний час визначені та вивчені фактори, що призводять до порушення планшетності прокатаних штаб. Це поперечна різнотовщинність підкату, нерівномірність обтискань по ширині вогнища деформації, викликана пружним вигином валкової системи, тепловою опуклістю та сплющуванням валкової системи, зносом робочих валків. При прокатці зазвичай відбувається одночасна зміна поперечного профілю та планшетності прокатаних штаб. Через пружне згинання валкової системи, зносу або теплової опуклості валків змінюється профіль зазору між робочими валками, що створює різне обтиснення ділянок прокатаних штаб по її ширині. У більш обтисканих ділянках штаби внаслідок стримуючого впливу менш обтисканих ділянок з'являються поздовжні стискаючі напруги. У менш обтисканих ділянках штаби внаслідок впливу обтисканих її ділянок з'являються поздовжні напруги, що розтягують. Таким чином, ділянки прокатаних штаб, що отримали велику витяжку, будуть пружно розтягуватися, а ділянки, що отримали велику витяжку, пружно

стискатимуться в поздовжньому напрямку. Нерівномірність напруг збережеться і в прокатаних штабах у вигляді поздовжніх залишкових напруг.

Якість планшетності штаб, що прокочуються, залежить від можливості регулювання параметрів прокатки. Класичні методи регулювання планшетності: профільування прокатних валків, регулювання теплового профілю валків, гідравлічний вигин робочих та опорних валків у чистових клітях, а також регулювання приватних обтискань. Перелічені методи мають відомі недоліки. Наприклад, профільування валків, як правило, оптимальне для прокатки певного типорозміру штаб, теплове регулювання валків має значну інерційність. Застосування протизгинання робочих валків призводить до додаткового навантаження підшипників валкового вузла і більш інтенсивного зношування бочок валків.

Важливою перевагою гідравлічного вигину валків перед іншими способами є його швидкодія, що дозволяє регулювати поперечний профіль штаби безпосередньо при прокатці, а також можливість на одних і тих же валках прокочувати штаби різної ширини різного профілерозміру з різними режимами обтискань. Для регулювання планшетності штаб, що прокатуються застосовують противигин робочих валків, і додатковий вигин опорних валків (рис.3.4).

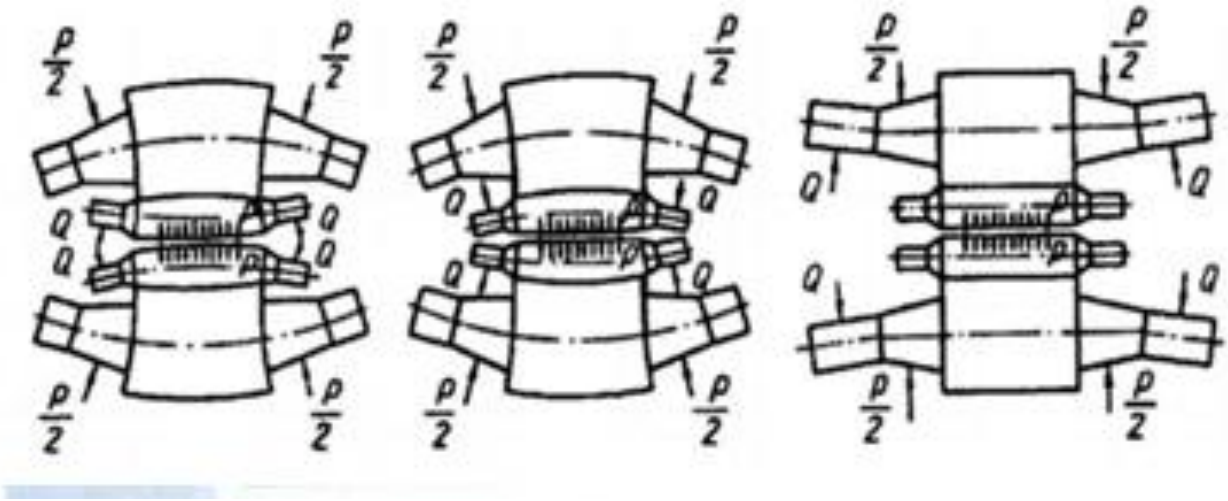


Рисунок 3.4 (зліва направо) Протизгинання робочих, додатковий згинання робочих валків, протизгинання опорних валків

При цьому неправильне використання згинів може мати негативний ефект. Тому при розробці технології та виробництві прокату необхідно забезпечити точний розрахунок енергосилових параметрів процесу прокатки, зокрема сили прокатки, яка значною мірою визначає необхідний вигин валків.

Висновок

Таким чином, сучасні обладнання та технології дозволяють отримувати якісну гарячекатану штабу мінімальною товщиною 0,77 мм. Така штаба може конкурувати з холоднокатаною у певному марочному та розмірному сортаменті, виграючи у неї за собівартістю. Однак існує ряд технологічних труднощів, насамперед пов'язаних із забезпеченням планшетності штаби та стабільності процесу прокатки. З погляду вдосконалення обладнання пройдено шлях від традиційних безперервних та напівбезперервних широкоштабових прокатних станів до ливарно-прокатних комплексів з прокатування нескінченної штаби. З погляду технології необхідний здійснювати науково-обґрунтований вибір приватних обтискань під час прокатування, температурних режимів, вигинів та профілювання валків.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Небезпечні механічні фактори

Джерелом механічних травм можуть бути: рухомі механізми та машини, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання, пересувні вироби, заготовки, конструкції, що руйнуються, гострі кромки, задирки та шорсткості на поверхні заготовок, виробів, інструментів та обладнання, підйомно-транспортне обладнання, а також падіння предметів з висоти. До перелічених вище джерел можна додати дії, пов'язані з корозією металів, що є причиною ослаблення міцності конструкції та сприяє раптовому її руйнуванню; дією судин, що працюють під тиском, які у разі руйнування впливають на навколишнє середовище та людей; падінням на слизьких поверхнях, дією навантажень під час підйому ваг і т.д.

4.2. Механічні рухи та дії технологічного обладнання та інструменту

Найбільш типовим джерелом механічних травм є ризики, задирки, виступи на рухомих (як правило, обертових) частинах механізмів та інструментів. Найчастіше вони розташовані у трьох основних місцях:

• точка операції - точка, у якій на матеріалі виконуються такі види робіт: різання, формування, штампування, тиснення, свердління, формування заготовок тощо.;

• приводи та пристрої, що передають механічну енергію, - будь-які компоненти механічної системи, що передають енергію частинам машини, що виконують роботу, - маховики, шківи, ремені, шатуни, муфти, кулачки, шпинделі, ланцюги, кривошипи та шестерні та ін.;

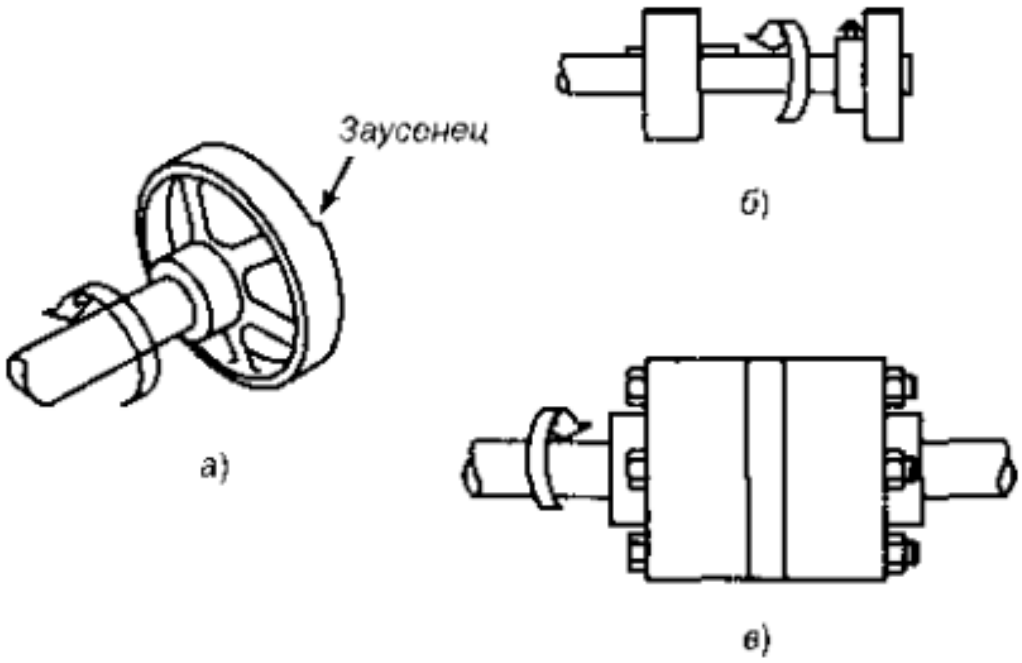
• інші рухомі частини - всі частини машини, які рухаються, поки машина перебуває в роботі, такі як поворотно-поступальні, обертові та поперечно рухомі частини, а також механізми подачі та допоміжні частини машини.

Широке розмаїття видів механічного руху і дій, які можуть становити небезпеку для робітників, включають рух обертових деталей, зворотно-поступальних плечей, ременів, шестірнів, ріжучих зубів і будь-яких частин, які можуть вдарити, штовхнути або надати інший динамічний вплив.

Різні типи механічного руху та дій притаманні майже всім машинам, і розуміння цього – перший крок до захисту від небезпеки, яку вони можуть становити. Існує три основні типи руху: обертальний, зворотно-поступальний і поперечний. Обертальний рух може бути небезпечним, тому що навіть гидкі вали, що повільно обертаються, можуть захопити одяг і вивернути руку. Тілесні ушкодження, викликані контактом з частинами, що обертаються, можуть бути дуже серйозними. Втулки, муфти, кулачки, маховики, наконечники валів, шпинделі, горизонтальні або вертикальні вали є прикладами загальноприйнятих механізмів, що обертаються, які можуть становити небезпеку. Існує додаткова небезпека, коли на частинах, що обертаються, машин і механізмів (рис. 4.1) є прорізи, задирки, виступаючі болти, шпонки, настановні гвинти.

Зони захоплення створюються частинами машини, що обертаються. Існують три основних типи зон захоплення:

1. Частини з паралельними осями можуть обертатися в різних напрямках. Ці частини можуть стикатися (створюючи таким чином точку захоплення) або знаходитись поблизу один від одного. У цьому випадку матеріал, який подається між валиками, створює точки захвату. Ця небезпека є спільною для машин і механізмів зі зчепленими шестернями, вальцями, що обертаються, і каландрами, як показано на рис. 4.2.



а - шків, що обертається, зі спицями і виступаючими задирками на поверхні шківа; б - вал, що обертається, і шківи з виступаючими ключем і настановним гвинтом; в - муфта, що обертається, з виступаючими головками болтів

Рисунок 2.1. Приклади небезпечних виступів на обертових частинах механізмів

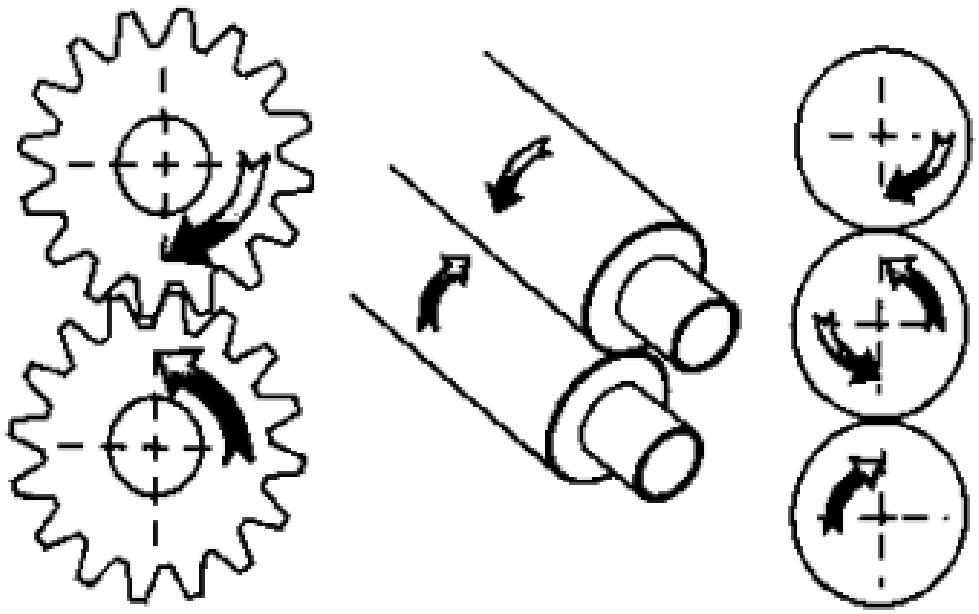


Рисунок 4.2. Найбільш поширені зони захоплення частинами машин, що обертаються 2.

Другий тип точки захоплення створюється між обертовими і тангенціально (по дотичній) частинами, що рухаються: точка дотику між трансмісійною стрічкою і її шківом, ланцюгом і зірочкою, зубчастою рейкою і шестернею (рис. 2.3).

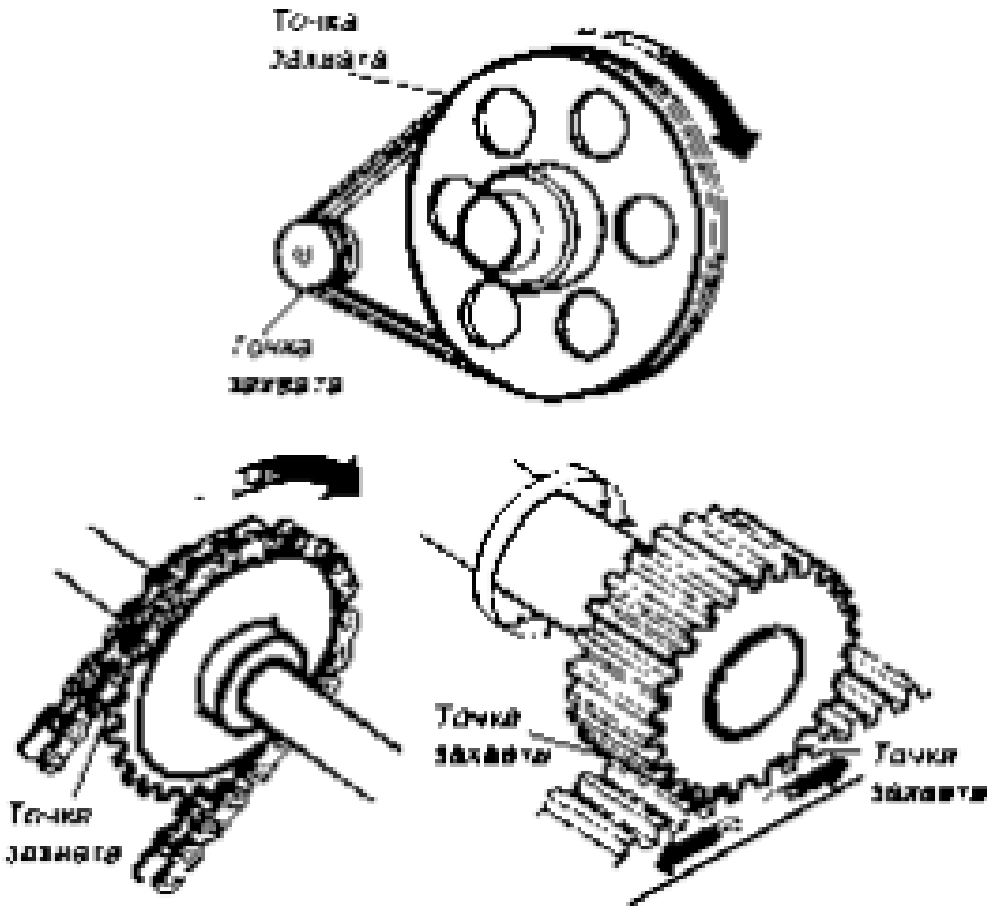


Рисунок 4.3 Зони захоплення елементами, що обертаються, і частинами з поздовжніми рухами 3.

Точки захоплення також можуть виникати між частинами, що обертаються і нерухомими, викликаючи ріжучу, дробить і обдираючу дію. Як приклад можна навести маховики зі спицями, різьбові конвеєри або коло абразивного колеса з неправильно відрегульованою опорою (рис. 4.4).

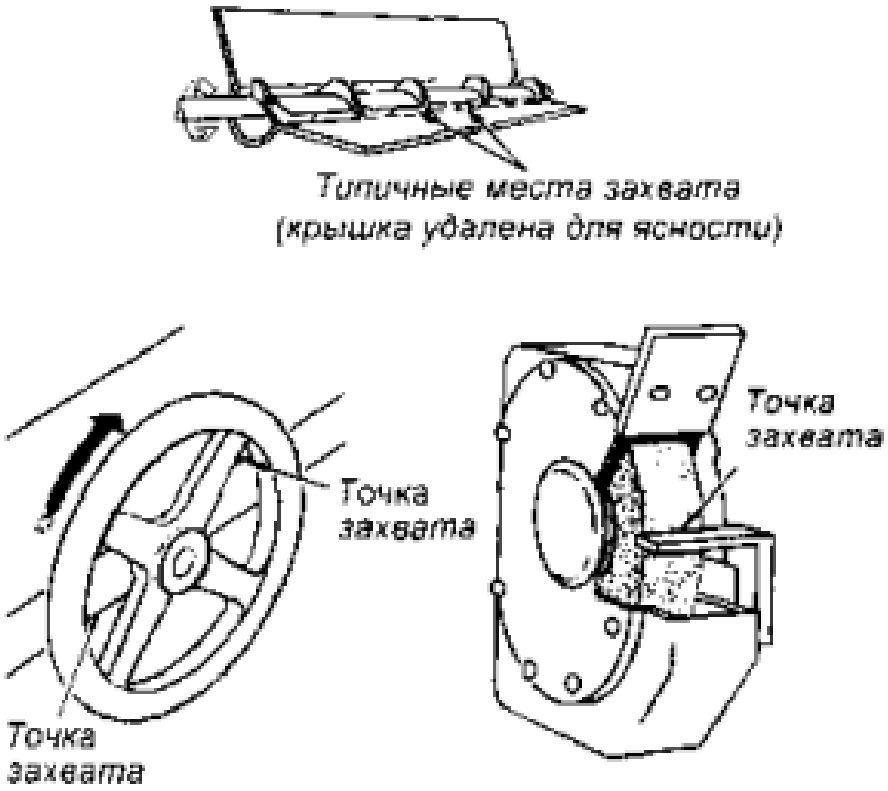


Рисунок 4.4. Зони захоплення обертовими частинами машин

Поворотно-поступальний рух може бути небезпечним, оскільки під час руху вперед-назад або вгору-вниз робітник може отримати удар або потрапити між частиною, що рухається, і нерухомою частиною Приклад отримання такої механічної травми показаний на рис. 4.5.

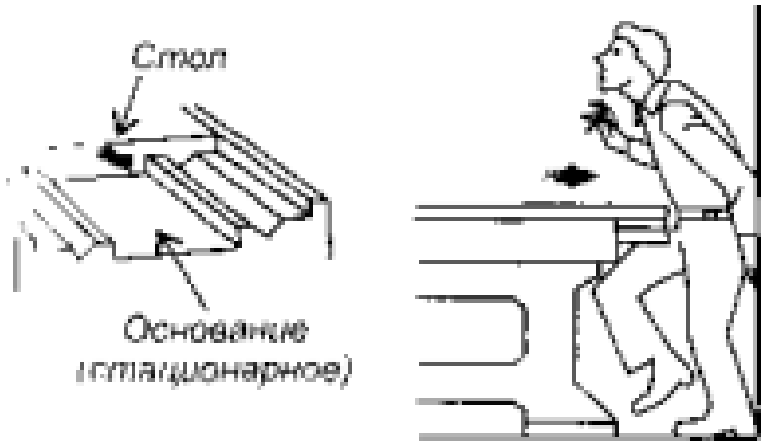


Рисунок 4.5 Небезпечний зворотно-поступальний рух

Поперечний рух (рух по прямій безперервній лінії) створює небезпеку, тому що робітник може отримати удар або бути захоплений частиною, що рухається. Приклад поперечного руху ременя приводу показано на рис. 4.6.

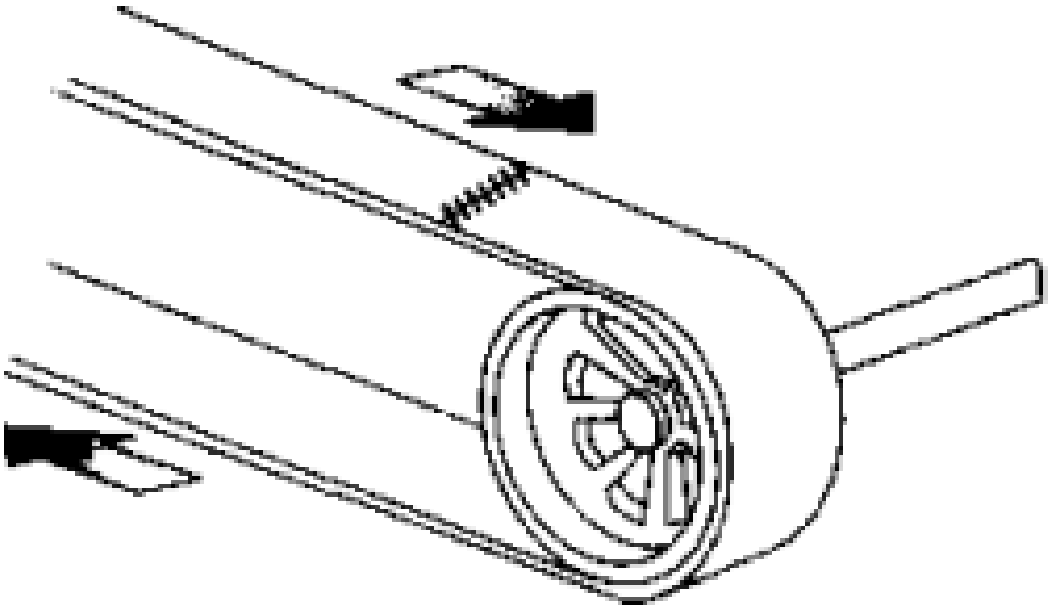


Рисунок 2.7 Приклад поперечного руху

Існують чотири основні типи дій механізмів та інструменту технологічного обладнання: різання, пробивання (удар), зрізання та згинання. Ріжуча дія може бути пов'язана з обертальним, зворотно-поступальним або поперечним рухом. Ріжуча дія створює небезпеку, тому що в точці операції можуть бути пошкоджені пальці, голова і руки, а стружка, що відскочила, може потрапити в очі і обличчя. Типовими прикладами машин, що становлять небезпеку з погляду різальної дії, є стрічкові та круглі пили, озточувальні та свердлильні верстати, токарні та фрезерні верстати (рис.4.7).

Ударна дія (пробивка) виникає тоді, коли сила додається до санок (плунжера) з метою вирубування заготовки, вибивання або штампування металу або інших матеріалів. Небезпека такого типу дій виникає у точці операції, де матеріал вставляється, утримується, та був виймається вручну. Типовими машинами, що використовують ударну дію, є преси з механічним приводом (рис. 4.8).

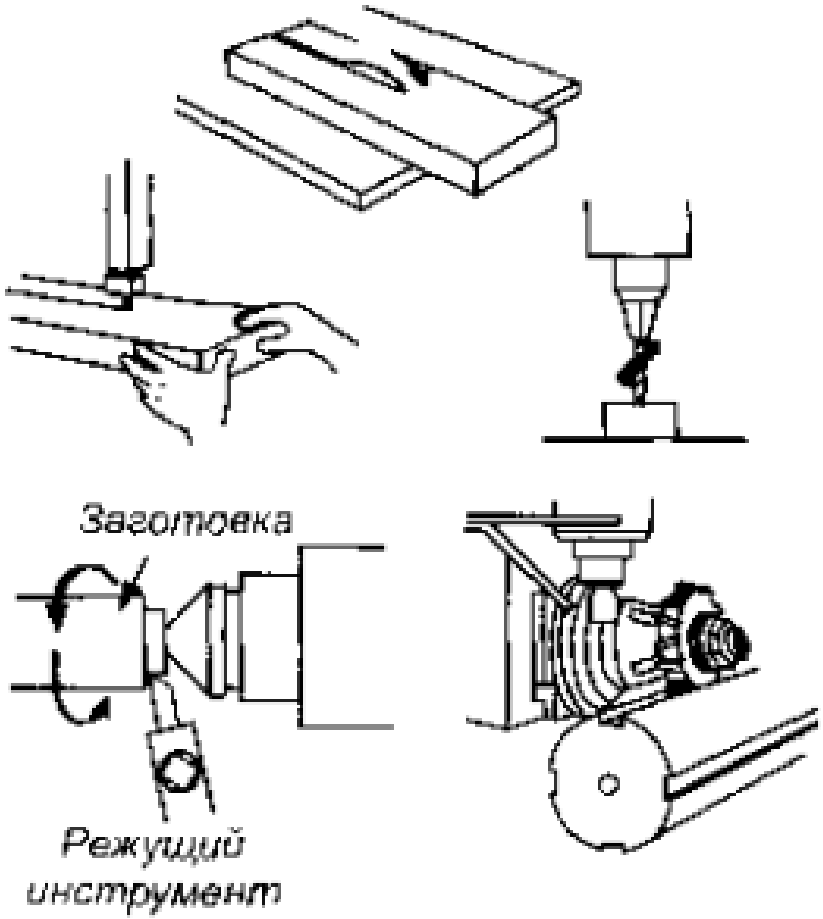


Рисунок 4.7 Приклади небезпек порізу

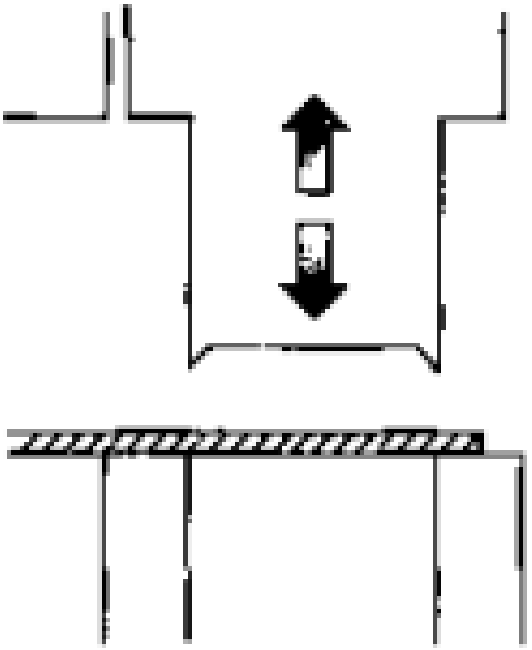


Рисунок 4.8 Типова штампувальна операція

Зрізуюча дія виникає при додатку сили до санок або ножа, щоб зрізати або заколоти край металу або іншого матеріалу. Небезпека виникає у точці операції, де матеріал вставляється, утримується, та був виймається. Типовими прикладами машин та механізмів, що використовуються для подібних операцій, можуть бути механічні, гідравлічні або пневматичні ножиці (рис. 4.9).

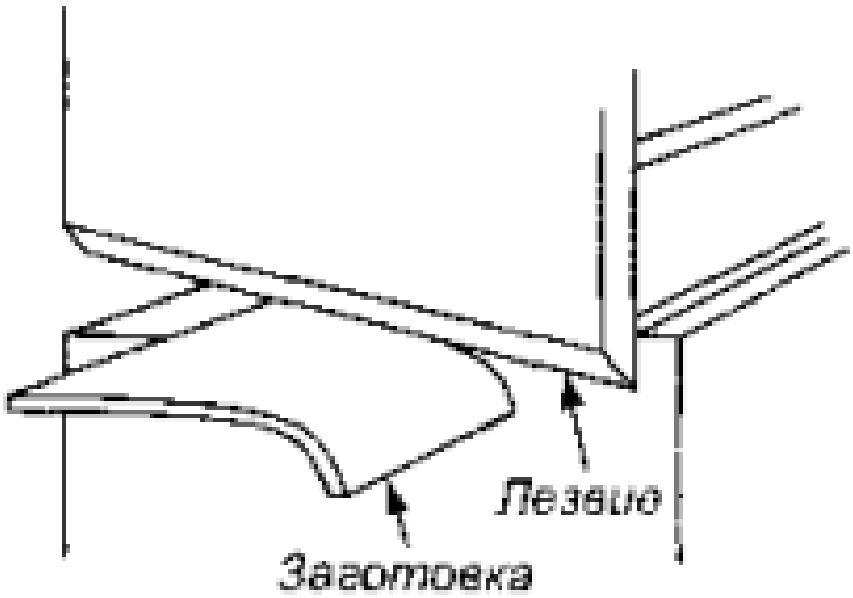


Рисунок 4.9 Різальні операції

Згинальна дія виникає тоді, коли сила додається на санки з метою профілювання, витягування та штампування металу та інших матеріалів. Небезпека виникає у точці операції, де матеріал вставляється, утримується і потім виймається. Обладнання, що використовує згинальну дію, включає преси з механічним, пневматичним, гідравлічним приводами та верстати для згинання труб (рис. 4.10).

Джерелом механічних травм може бути ручний (викрутки, ножі, напилки, зубила, молотки, пили, рубанки і т. д.) та механізований (дрилі,

перфоратори, рубанки, пилки тощо з електро- та пневмоприводом)) слюсарний, столярний та монтажний інструмент.

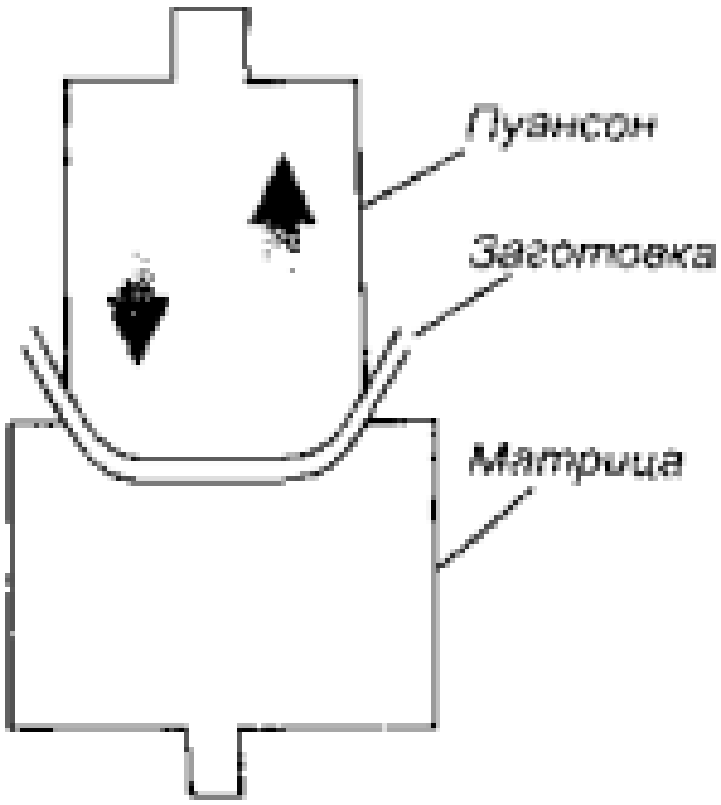


Рисунок 4.10 Згинальна дія преса

Як правило, цими видами інструменту ушкоджуються пальці і руки при їх попаданні в зону обробки матеріалу, а також очі осколками, стружкою, пилом, що відлітають із зони обробки.

Іншими причинами одержання механічних травм можуть бути: • падіння на слизькій підлозі, тому що іноді на підлозі можуть виявитися плями розлитого або витік з обладнання масла; • падіння з висоти або нестійкої, коливальної основи, на якій стоїть людина при виконанні роботи; • технологічний транспорт (вагонетки, електрокари, навантажувачі), що пересуваються у робочій зоні, цеху, на території підприємства; • промислові роботи та маніпулятори при попаданні людини в зону їхньої дії; • а також цілий ряд інших різноманітних, але менш типових причин, наприклад,

руйнування трубопроводів та ємностей, що знаходяться під тиском, падіння предметів з висоти, обвалення будівельних конструкцій тощо.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз технологічних процесів на станах гарячого прокатування. У порівнянні із традиційними комплексами ливарно-прокатні агрегати мають переваги: краща якість виготовленої продукції, зниження енергетичних і економічних витрат, компактність.

2. Виконані розрахунки режиму деформації та енергосилових параметрів прокатки. Розроблено раціональний режим деформації штаби с розмірами 1,0×1200 мм підкату $h_п$=18мм.

Ввизначено, що величина обтиску значно впливає на силу прокатки, крутний момент та потужність прокатки.

3. Розглянуті питання охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

2. Николаев В.А. Холодная прокатка полос. Запорожье, ЗНТУ.2011. 126 с.

3. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату. Запоріжжя: видавництво ЗД1А, 2000. Ч. II. 220 с.

4. Николаев В.А., Путноки А.Ю. Прокатка широкополосной стали . К.: Освіта України, 2009. 268 с.

5. Васильев Я.Д., Сафьян. А.М. Производство полосовой и листовой стали.К.: Вища школа, 1976. 192 с.

6. Мазур В.Л., Сафьян А.М., Приходько И.Ю. Управлением качеством тонколистового проката. К.: Техника, 1997. 384 с.

7. Шнайдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным рельефом. Л.: Машиностроение.1982. 248 с.

8. Скороходов В.Н., Настич В.П., Чернов П.П.и др. Опыт применения опорных валков со спиральными канавками на стане 1400 холодной прокатки: *Производство проката*, 1999. №10. С.50-54.

9. Николаев В.А. Профилирование и износостойкость листовых валков. К.: Техніка, 1992.158с.

10. Николаев В.А. Давление и момент при прокатке полос с вибрационным напряжением. *Изв. вузов. Черная металлургия*, 1971. №6. С. 102 – 105.

11. Николаев В.А., Пименов А.Ф., Скороходов В.Н.и др. Разработка и внедрение режимов поверхностного пластического деформационного упрочнения прокатных валков. *Производство проката*, 1999. №10. С.16-19.

12. Николаев В.А., Путноки А.Ю. Особености прокатки полос в неприводных рабочих валках. *Металургическая и горнорудная промышленность,* 2008. №1. С.71-74.

13. Будаква А.А., Коновалов Ю.В., Ткалич К.Н. и др. Профилирование валков листовых станов. К. Техніка. 1986. 190 с.

14. Полухин П.И., Железнов Ю.Д., Полухин В.П.. Тонколистовая прокатка и служба валков. *Металлургия*, 1967. 388 с.

15. Байков Е.В. Исследование на непрерывном стане холодной прокатки продольной разнотолщинности полос. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні.* №1, 2008. С. 102-105.

16. Байков Е.В. Исследование технологии холодной прокатки полос на непрерывном стане с рассогласованием скоростей валков. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванш*: Тематич. зб. наук. пр. Краматорськ: ДДМА, 2007. С. 424-427.

17. Garber E.A., Nikitin D.I., Shadrunova I.A., Traino A.I. Calculation of the Cold-Rolling Power with Allowance for the Variable Work of Friction along a Deformation Zone . *Russian Metallurgy* . Vol. 2003. No. 4. P. 340-346.

18. Назарова Е.С. Исследование системы оптимального управления натяжением полосы стана холодной прокатки. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. Випуск 3, 2012. С. 161-162.

19. Василев Я.Д. Теорія поздовжньої прокатки: підручник. Донецьк: УНІТЕХ, 2009. 488 с.

20. Панасейко С.П., Тарасов В.К., Павленеко Ю.П. Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда" в дипломных проектах для студентов всех специальностей. Запорожье: изд-во ЗГИА, 2002. 56 с.

21. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основы охраны труда.Львов: Афиша, 2000. 351 с.