

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проект

Перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему **Реконструкція ковальсько-пресового цеху з установкою швидкокувальних гідравлічних пресів з нижнім розташуванням циліндрів зусиллям 12,5 МН для виробництва валків холодної прокатки зі сталі 9Х2МФ**

Виконав: студент V курсу, групи 6.1369-м-з
спеціальності 136 Металургія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Обробка металів тиском
(код і назва освітньої програми)

Д.В. Сарана

(ініціали та прізвище)

Керівник

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

Рецензент

доц. каф. МТЕТБ, доц., к.т.н. О.С. Воденнікова

Запоріжжя – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 136 «Металургія»
(код та назва)
Освітньо-професійна програма Обробка металів тиском
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

Ю.О. Белоконь

“ 12 ” 02 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Сарані Д. В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Реконструкція ковальсько-пресового цеху з установкою швидкокувальних гідравлічних пресів з нижнім розташуванням циліндрів зусиллям 12,5 МН для виробництва валків холодної прокатки зі сталі 9Х2МФ**

керівник роботи (проекту) Проценко Віктор Максимович, к.т.н., с.н.с.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 12. 23 р. № 2212-с

2. Строк подання студентом роботи 24 травня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики, курсові проекти, технічна документація КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь», літературні джерела.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки.
Мета кваліфікаційної роботи – підвищення продуктивності виробництва шляхом реконструкції ковальсько-пресового цеху з установкою швидкокувального гідравлічного пресу зусиллям 12,5 МН і застосуванням

кувальних бойків, що схрещуються, для виробництва валків холодної прокатки зі сталі 9Х2МФ.

Встановити фактори, що впливають на продуктивність обладнання і якість продукції КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь» і резерви зростання. Обґрунтувати доцільність реконструкції цеху. Передбачити заміну старого обладнання, яке має велике фізичне зношування на новий швидкокувальний гідравлічний прес зусиллям 12,5 МН. Передбачити встановлення на пресі бойків, що схрещуються, що набагато спрощує технологічний процес кування і значно підвищує годинну продуктивність пресу..

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення валків холодної прокатки, гідравлічного пресу і його бойків, станини пресу, епюр згинальних і крутних моментів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.02.2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	12.02.24 – 13.03.24	
2.	Розділи 2 - 3	16.03.24 – 17.04.24	
3.	Охорона праці, висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	20.04.24 – 24.05.24	

Студент

_____ (підпис)

Сарана Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Проценко В.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

_____ (підпис)

Бєлоконь Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка бакалаврської роботи містить: 66 с., 16 рис., 9 табл.; використано літературних джерела 22.

Об'єкт дослідження – ковальсько-пресове виробництво, технологія і обладнання виробництва валків холодної прокатки зі сталі 9Х2МФ в умовах металургійного заводу ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Мета бакалаврської роботи – підвищення продуктивності виробництва шляхом реконструкції ковальсько-пресового цеху з установкою швидкокувального гідравлічного пресу зусиллям 12,5 МН і застосуванням кувальних бойків, що схрещуються, для виробництва валків холодної прокатки зі сталі 9Х2МФ.

Методи розрахунків – стандартні методики розрахунків у програмних комплексах Mathcad Prime 9, Excel. Розрахунки і комп'ютерне моделювання у системі САПР AutoCAD Mechanical 2020.

Отримані результати і їх новизна – встановлено, що продуктивність обладнання і якість продукції ковальсько-пресового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь» мають значні резерви (простой цеху через ремонт обладнання займають понад 50 % робочого часу). Обґрунтовано доцільність реконструкції цеху. Зокрема, передбачається заміна старого обладнання, яке має велике фізичне зношування на новий швидкокувальний гідравлічний прес з нижнім розташуванням циліндрів зусиллям 12,5 МН виробництва ПАТ «Дніпропрес» (м. Дніпро), що більш ніж у 2 рази підвищить продуктивність цеху.

Крім того, передбачається встановлення на пресі бойків, що схрещуються, що набагато спрощує технологічний процес кування і значно підвищує годинну продуктивність пресу.

КУВАННЯ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС, КУВАЛЬНІ БОЙКИ, ВАЛКИ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ, СТАНИНА ПРЕСУ, ЕПЮРА, ГІДРОЦИЛІНДР, ЗУСИЛЛЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ДОПОМІЖНИЙ ІНСТРУМЕНЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 Структура виробництва ковальсько-пресового цеху заводу «Дніпроспецсталь»	9
1.1.1 Основне обладнання цеху	9
1.2 Сортамент КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь»	12
1.3 Технологічний процес виробництва КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь»	13
1.3.1 Розробка технологічних карт ковки	13
1.3.2 Порядок запуску зливків у роботу	13
1.3.3 Нагрівання зливків	14
1.3.4 Кування зливків	16
1.4 Доцільність реконструкції цеху	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Визначення сортаменту	18
2.1.1 Основні показники якості валків	19
2.1.2 Будова зливку	20
2.2 Кування зливків при виробництві валків станів холодної прокатки	22
2.2.1 Особливості технологічного виготовлення поковок	22
2.2.2 Галузевий стандарт. Валки сталеві ковані для холодної прокатки металу	24
2.3 Розрахунок параметрів нової технології виробництва поковок прокатних валків	27
2.3.1 Технологічні переходи ковки за новою технології	30
2.3.2 Характеристика допоміжного інструменту	34
2.3.3 Розрахунок бойків, що схрещуються робочою поверхнею ...	36

2.4 Розрахунок енерго-силових параметрів кування і вибір основного обладнання	38
2.4.1 Вимоги, що пред'являються до ковальсько-штампувальних машин, та вихідні дані для їх проектування	38
2.4.2 Розрахунок зусилля преса	39
2.4.3 Розрахунок продуктивності преса	42
2.4.3.1 Технологія до реконструкції	42
2.4.3.1 Технологія після реконструкції	43
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА	44
3.1 Прес гідравлічний кувальний з нижнім розміщенням робочих циліндрів, зусиллям 12,5 МН	44
3.1.1 Технічна характеристика	44
3.2 Міцнісні розрахунки основного обладнання	48
3.2.1 Розрахунок моментів інерції та опору станини преса	48
3.2.2 Розрахунок станини преса на міцність	52
3.2.3 Перевірка станини преса на міцність	54
3.2.4 Розрахунок гідроциліндра пресу	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	58
4.1 Рівень механізації та автоматизації технологічного процесу, що проектується	58
4.1.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробництва	58
4.1.2 Санітарно-гігієнічна характеристика цеху	59
4.1.3 Тепловий обмін	59
4.2 Охорона навколишнього середовища	60
4.2.1 Охорона повітряного та водного басейну	60
4.2.2 Утилізація відходів виробництва	61
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

Роль технології обробки металів тиском у виробництві машин безперервно збільшується. Загальновідомий прогресивний характер цієї технології, заснований на отриманні заданої форми деталей або заготовок не за рахунок видалення частини металу в стружку (як це відбувається при обробці різанням), а за рахунок його раціонального перерозподілу.

Обробка металів тиском дозволяє раціонально використовувати метал та забезпечити високу продуктивність обладнання. Розвиток цієї прогресивної та високоефективної технології немислимий без розвитку виробництва ковальсько-штампувальних машин [1 - 3].

Сучасний розвиток прокатного виробництва холоднокатаного металу, що характеризується безперервною інтенсифікацією холодної прокатки та ускладненням умов експлуатації прокатних валків, вимагає з боку машинобудівних заводів посиленої уваги до питань якості валків та вдосконалення їх виробництва.

Валки станів холодної прокатки працюють за умов високих контактних тисків. Поверхня валків схильна до великої стискаючої напруги і здирального впливу, одночасно валки відчують напругу вигину і кручення. Тому в комплекс експлуатаційних властивостей валків входять насамперед висока зносостійкість поверхневих шарів та конструкційна міцність всього валка.

Для даних умов експлуатації валків (швидкість прокатки 20 - 30 мм/сек) рекомендована сталь марки 9Х2МФ.

На сучасному етапі матеріал та технологія виготовлення робочих валків повинні забезпечувати:

- високу та рівномірну твердість бочки, що визначається типом валка відповідно до конструкторської документації та ДСТУ 21.013.20-85;

- певну глибину активного шару залежно від діаметра бочки та марки сталі;
- плавний перехід від загартованого шару до незагартованої серцевини валка;
- високу зносостійкість поверхневого шару валка;
- термічну стійкість та стійкість проти утворення поверхневих дефектів при експлуатації;
- високі технологічні властивості;
- сприятливого розподілу залишкових напруг у бочці та шийках валка;
- відсутність металургійних дефектів та дефектів механічної обробки.

Економічне витрачання металу при виготовленні поковок закладено в ідеї пластичного формозміни при обробці металу тиском, яка полягає в перетворенні заготовки простої форми в поковку більш складної форми того ж обсягу.

Досягнутий рівень ковальського виробництва визначає індустріальну міць країни, можливість швидкого якісного та економічного створення найсучасніших літальних апаратів, транспортних та вантажопідійомних машин, потужних енергетичних установок, сучасних засобів оборони та іншої новітньої техніки, включаючи електронну та космічну. Чим вище потенційні можливості виробництва, тим важливіші завдання його вдосконалення. До високоперспективних виробництв можна віднести виробництво з урахуванням процесів кування, що є одним із найважливіших у технології машинобудування, приладобудування та інших найсучасніших галузей промисловості [4, 5].

Мета бакалаврської роботи – підвищення продуктивності виробництва шляхом реконструкції ковальсько-пресового цеху з установкою швидкокувального гідравлічного пресу зусиллям 12,5 МН і застосуванням кувальних бойків, що схрещуються, для виробництва валків холодної прокати зі сталі 9Х2МФ.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Структура виробництва ковальсько-пресового цеху заводу «Дніпроспецсталь»

1.1.1 Основне обладнання цеху

Ковальсько - пресовий цех ПрАТ «Дніпроспецсталь» є заготівельною базою для забезпечення поковками власних потреб заводу, а також поставками поковок (чорнових і з механообробкою) іншим металургійним підприємствам та на експорт.

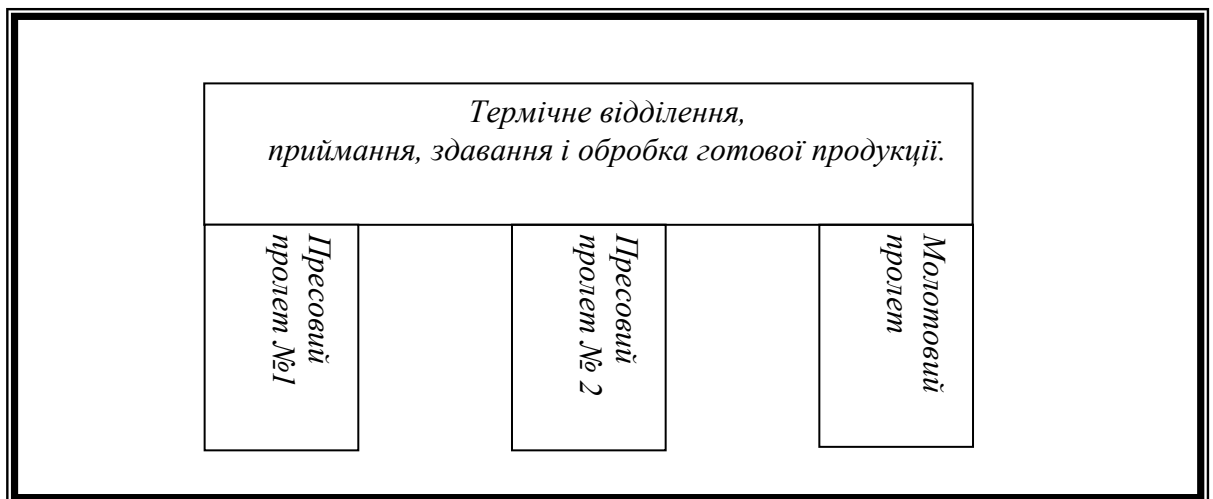


Рисунок 1.1 - Планіровка ковальсько – пресового цеху

Молотовий проліт

Має основне ковальське обладнання:

- кувальні пароповітряні молоти - 4 одиниці (з масою падаючих частин) з м.п.ч. від 0,75 тон до 2,0 тон.
- штампувальні пароповітряні молоти - 3 одиниці з м.п.ч. від 10 тон до 2,5 тон – не працюють, виведені в резерв.
- фрикційні преси, зусиллям 0,1 та 0,25 МН. Використовуються для виготовлення кріплення (болтів, косинців, притисків, трійників).

прес зусиллям 0,5 МН – з високим ступенем механізації кувальних робіт. Забезпечений машиною для посадки та видачі злитків із нагрівальних печей, вантажопідйомністю 2,0 т, конструкції НКМЗ; маніпулятором, вантажопідйомністю 2,0 т та двома поворотними механізмами для розвороту злитків та заготовок.

Підйом, передача та транспортування злитків, поковок та інших вантажів здійснюється електро-консольними та мостовими кранами, вантажопідйомністю від 2,0 до 10,0 т.

До допоміжного обладнання відносяться також прес - ножиці, електровізки, пилки дискові, ексцентрикові преси.

Два молоти із м.п.ч. 1,5 та 2,0 т забезпечені маніпуляторами вантажопідйомністю 1,0 т, конструкції НКМЗ.

Випуск поковок молотовим прольотом склав:

2020 р. 1454,6 тон;

2021 р. 1754,7 тон.

Зростання склало 120,6%.

Пресове відділення

Пресове відділення включає пресові прольоти №1 і №2:

– два гідравлічні преси зусиллям 8 і 15 МН. Забезпечені двома маніпуляторами вантажопідйомністю відповідно 5,0 та 10,0 т конструкції НКМЗ. Поворотні столи у кожного преса.

У преса зусиллям 800 тс; для посадки злитків та подачі їх під прес є шаржир-машина вантажопідйомністю 5,0 тон.

– парогідравлічний прес зусиллям 30 МН з маніпулятором вантажопідйомністю 30,0 т конструкції НКМЗ.

Для транспортування злитків, поковок та вантажів є та використовуються електромостові крани вантажопідйомністю від 20,0 до 80,0 т. Поковки та зливки з прольоту на проліт передаються за допомогою електричних візків вантажопідйомністю від 20,0 до 30,0 т.

Випуск поковок пресовим відділенням становив:

2020 р. 12382,9 т;

2021р. 13092,1 т.

Зростання склало 105,7%.

Нагрівальні печі

Нагрівальні печі у КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь» працюють з 1962 року на природному газі. На молотовому прольоті та 4 печі на пресових прольотах мають однокамерну та двокамерну конструкцію без висувної подини. Максимальна садка злитків у них становить від 5,0 т до 15,0 т.

Для пресів зусиллям 15 і 30 МН використовуються більші нагрівальні печі з викочуванням подини, максимальна вага садки становить від 50,0 до 110,0 т.

Більшість нагрівальних печей забезпечена склепінними термопарами із записом температури печі на добову дискову діаграму. Поточна температура печі відображається на шкалі потенціометра.

Металургійна оснастка і інструмент

На кожен тип основного кувального обладнання є необхідний набір кувальної оснастки та інструменту:

- Плоскі та вирізні бойки, штампи.
- Стійки для розкочування кілець.
- Прошивки різного діаметра.
- Дорна та оправки.
- Розкочувальні бойки.
- Сокири, кувалди, маркувальні клейма.
- Мірятьний інструмент (усадкові лінійки, кронциркулі).

Крім нормалізованого оснащення на окремі види поковок проектується та виготовляється спеціалізоване оснащення.

1.2 Сортамент КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Марки сталей, що використовуються для поковок:

20, 25, 35, 45, 50.

20X, 38XA, 45X.

35XM, 5XNM.

30X13, 12X18H10T.

38XH3MA, 35XGCA.

60XH, 40XH, 50XH, 90XF.

9X1, 9X2, 9X22MФ.

12X1MФ, 15X1M1Ф.

Вихідні заготовки для ковки

До 90 % поковок, що виготовляються, куються з ковальських злитків:

- масою від 0,5 до 2,5 тон надходять до КПЦ у холодному стані,
- масою від 2,0 до 23,0 тон надходять до цеху як правило у гарячому

стані в термосах.

Вихід придатного зі злитків становить 62 - 64 %.

Заготівлі з прокату зазвичай використовуються тільки на молотах для виготовлення дрібних поковок і штампувань. Різання прокату проводиться на дискових пилах та кривошипних пресах. Вихід придатного 90 - 92 %.

Режими нагріву на прокат та зливки майстри прольотів призначають за інструкцією № М2-756-91.

Види, типи і номенклатура поковок, що виготовляються

- Поковки круглого та квадратного перерізів, гладкі та з уступами, вали, осі, вагонні осі, валки холодної та гарячої прокатки, шевронні вали тощо.
- Поковки плит та штампових кубиків.
- Поковки круглого перерізу в плані з отвором та глухих, шайби, диски, обойми, напівмуфти, шестерні.

- Пустотілі поковки з протяжкою на оправці та одержувані розкочуванням.
- Циліндри, втулки, муфти, фланці, бандажі, вінці, кільця.

1.3 Технологічний процес виробництва КПЦ ПрАТ «Дніпроспецсталь»

1.3.1 Розробка технологічних карт ковки

Технологічні карти кування, за якими працюють ковалі, виконуються в бюро ковальсько-пресових робіт.

Припуски та допуски на поковки призначаються за ДСТУ 7062 – 90 та 7829 – 70.

Поковки виготовляються згідно з ДСТУ 8479 – 70, або за технічними умовами замовника [6, 7].

У технологічних картах кування вказані розміри та вага поковок, розвіси злитків, кількість та режими нагрівів, баланс металу, операції кування, марка сталі.

Картки, що розробляються, виконуються інженерами - технологами за допомогою комп'ютерних програм, таблиць, номограм, ДСТУ.

1.3.2 Порядок запуску зливків у роботу

Дрібні зливки вагою до 750 кг включно, що відливаються в СПЦ, надходять до КПЦ у холодному стані. Зливки вагою понад 750 кг надходять до КПЦ у гарячому стані.

При заявці чергової плавки зливків враховується:

- готовність КПЦ до приймання плавки;
- час надходження плавки до КПЦ.

Зливки надходять до КПЦ лише за плавками.

Плавки приймаються тільки з супровідною накладною, до якої також прикладається листок хімічного аналізу плавки. Супровідна накладна має бути підписана представником ВТК сталеливарного цеху та вручена начальнику зміни або майстру КППЦ за 30 хвилин до подачі термоса з гарячими злитками.

ЦЛБ ковальсько-пресового цеху сповіщає старшого майстра пресового прольоту про час прибуття плавки та про вагу злитків. Одночасно ЦЛБ цеху видає старшому майстру карти технологічного процесу та відомості кування.

Після прибуття плавки в цех змінний майстер повинен негайно розпочати розвантаження плавки та завантаження гарячих злитків у піч. Перед завантаженням злитків у піч змінний майстер перевіряє відповідність маркування по накладній.

У відомість кування та накладну вписується температура злитків, час прибуття, а також дефекти, виявлені на поверхні злитків [6, 7].

1.3.3 Нагрівання зливок

Усі зливки з СПЦ 2 надходять у КППЦ лише у гарячому стані у спеціальних термосах.

«Гарячими» зливки вважаються за температури не нижче 650°C.

Завантажувати в КППЦ зливки треба лише за зачинених воріт. Час на розвантаження та посадку злитків однієї плавки в нагрівальні печі не більше 30 хвилин. Затримка в ковальсько-пресовому цеху «гарячих» злитків під завантаженням термосів з моменту прибуття, що призвело до падіння температури поверхні зливка нижче 550°C, є порушенням технології.

Для рівномірного нагріву зливки (заготівлі) обов'язково укладаються на прокладках висотою не менше 150 мм з відстанню між зливками в горизонтальних рядах не менше 100 мм за западинами [8, 9].

Нагрів гарячих злитків проводиться відповідно до табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Нагрів гарячих злитків під кування

Вага зливка, т	Діаметр зливка, мм		Мак температура печі при посадці	Витримка при температурі посадки в печі	Нагрів до ковочної температури	Мін час витримки при ковочній температурі, год	Орієнтов на тривалість нагріву, год
	низ зливку, мм	Верх зливку, мм					
1,0; 1,25	373	446	1180 °С	0,5	1,0	1,0	2,5
0,7; 2,0; 2,5	487	568	1180 °С	1,0	2,0	2,0	5,0
3,0; 3,5; 4,0;	600	694	1100 °С	1,5	2,5	2,5	6,5
4,5; 5; 6; 6,5; 7	692	794	1100 °С	2,0	3,0	3,0	8,0
8,0; 8,5	693	803	1100 °С	2,5	3,5	3,0	8,5
9,5; 10,5	759	872	1000 °С	3,0	3,5	3,5	10,0
11,5; 12,0	794	913	1000 °С	3,0	4,0	4,0	11,0
15,0	854	981	1000 °С	4,0	5,0	5,0	14,0

Температура нагрівання злитків та заготовок у печі контролюється за показаннями стаціонарних термопар та оптичного пірометра.

Температура в печі при нагріванні не має перевищувати 1200°С, а по металу 1160°С. Температура печі при посадці в неї гарячих злитків не повинна бути нижче 650°С.

Усі поковки, виготовлені в цеху, проходять первинну термічну обробку:

- поковки з вуглецевих марок сталі – нормалізацію з відпуском;
- поковки з легованих сталей проходять режим відпалу;
- дрібні поковки з молотів можуть проходити і загартування з відпуском.

Видача злитків і заготовок з печі в кування проводиться, починаючи зі злитків або заготовок, що мають найменший переріз (для осаджених злитків найменший розмір тіла злитка) після належної витримки їх у печі на кувальній температурі.

1.3.4 Кування злиwkів

Кування злитків задається за технологією, розробленою відділом головного металурга. Технологічна карта кування складається за схемами, що додаються до інструкції.

Температурний інтервал кування поковок обов'язково контролюється оптичним пірометром. Початок кування повинен бути не вище 1250°C, а кінець не нижче 850°C.

Оздоблення до кінцевих розмірів, рубку надлишків та виправлення поковки проводять в інтервалі температур 850 – 750°C. Кування нижче 750°C забороняється.

Якщо з яких-небудь причин кування валків в останньому виносі не може бути закінчено повністю, як це зазначено в технологічній карті кування, допускається додатковий підігрів поковки до $T = 950^{\circ}\text{C}$ (по металу) і $T = 1000^{\circ}\text{C}$ (по печі) [10, 11].

Час підігріву гарячих злитків для другого та наступних виносів здійснюється за режимом:

- Температура печі при посадці $\geq 1000^{\circ}\text{C}$ (але не вище 1100°C).
- Температура поковки не нижче 650°C.
- Витримка при температурі печі 1000°C:
 - а) для поковок до $\varnothing 500$ мм – не більше 3 годин;
 - б) для поковок від $\varnothing 500$ мм до $\varnothing 700$ мм – не більше 5 годин;
 - в) для поковок понад $\varnothing 700$ мм – не більше 7 годин;

Після того, як бочка або шийки валка відковані до поковочних розмірів, кінцеві нагрівання не допускаються. Якщо потрібне виправлення або відрубання поковки, допускається загальний короткочасний підігрів поковки на температуру не вище 850°C по металу.

Після відковування поковка валка повинна бути негайно передана в термічне відділення і посаджена на відпал у піч, що має температуру не нижче 650°C. Температура поверхні поковки перед посадкою її у піч на відпал не повинна бути нижчою за 650°C. У супровідній накладній на кожну відковану поковку обов'язково вказується:

- час передачі поковок,
- час посадки в піч на відпал та температура поковки.

Всі дані про завантаження злитків у піч, пересадки їх з однієї печі в іншу, схеми завантаження злитків та заготовок у печах, фактична температура печі та температура металу на початку та в кінці кування, а також фактичне виконання операцій кування, записуються у відомість кування (фіксаційна карта). У відомості кування обов'язково записується час передачі поковки в термічний відділ на відпал.

Відомість кування повинна бути підписана фіксатором та майстром ділянки.

1.4 Доцільність реконструкції цеху

Основним завданням впровадження нового обладнання є збільшення продуктивності та підвищення якості готових виробів.

Проектом передбачено заміну старого обладнання, яке застаріло фізично і має велике фізичне зношування (простої цеху через ремонт обладнання займають понад 50 % робочого часу). Прес зусиллям 15 МН, перебуває у постійної експлуатації з початку 60 – х років. Новий швидкокувальний гідравлічний прес з нижнім розташуванням циліндрів, зусиллям 12,5 МН, виробляється на заводі важких пресів «ДНПРОПРЕС» (м. Дніпро), який ми розглядаємо в курсовому проекті, не вимагає постійного позапланового ремонту, отже при заміні пресу зусиллям 15 МН при постійній роботі, без простоїв, більш ніж у 2 рази підвищить продуктивність цеху.

Розрахунок і встановлення на пресі бойків, що схрещуються, набагато спрощує технологічний процес кування, що значно підвищує годинну продуктивність пресу:

- ковальський цикл скорочено на 30%,
- усунуто трудомістку та енергоємну операцію осадження,
- механічні властивості металу підвищені за міцністю та довговічністю.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення сортаменту

На станах холодної прокатки зазвичай застосовуються сталеві ковани валки. Процес виробництва їх є складним та трудомістким. Тривалість циклу виробництва таких валків сягає 2 – 4 місяці. Технологічна схема виробництва валків складається з наступних основних операцій:

1. Виплавляння та розливання сталі.
2. Кування злитків та заготовок.
3. Механічна та попередня термічна обробка поковок.
4. Механічна обробка валків під загартування.
5. Загартування валків та механічне оброблення їх після гарту (обробка шийок, шліфування бочки).

Трудомісткість за витратами зазначених операцій стосовно робочих валків середніх розмірів становить, %:

Таблиця 2.1 - Трудомісткість операцій стосовно виробництва валків прокатних станів

Виплавка сталі	Близько 35 %
Ковка зливка	Близько 25 %
Термічна обробка	Близько 17 %
Механічна обробка	Близько 21 %
Інші (упаковка, транспортування)	Близько 2 %

Для виготовлення робочих валків застосовуються високовуглецеві хромисті сталі типу 9Х. Для збільшення прожарюваності та зменшення схильності зерна до зростання, ці сталі в ряді випадків додатково легують молібденом, ванадієм, вольфрамом, а для підвищення теплостійкості – також кремнієм [12, 13].

Таблиця 2.2 - Хімічний склад сталей, що застосовуються для виробництва валків холодної прокатки

Марка сталі	Вміст, %								
	C	Mn	Si	S	P	Cr	V	Ni	W
				Не більше					
9X	0,80-0,95	0,20-0,35	0,25-0,45	0,030	0,030	1,40-1,70	-	≤0,25	-
9X2	0,85-0,95	0,20-0,35	0,25-0,45	0,030	0,030	1,70-2,10	-	≤0,30	-
9XФ	0,85-0,95	0,20-0,45	0,20-0,40	0,030	0,030	1,40-1,70	0,10-0,25	≤0,30	-
9X2В	0,85-0,95	0,20-0,35	0,25-0,45	0,030	0,030	1,70-2,10	-	≤0,30	0,30-0,60
9X2МФ	0,85-0,95	0,20-0,35	0,25-0,45	0,030	0,030	1,70-2,10	0,10-0,20	≤0,30	-
9X2СФ	0,85-0,95	0,20-0,35	1,30-1,60	0,030	0,030	1,70-2,10	0,10-0,20	≤0,30	-
80ХНЗВ	0,75-0,85	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,035	1,40-2,10	-	2,70-3,20	0,50-0,70
45ХНВ	0,40-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,040	0,040	1,30-1,70	-	1,20-1,60	0,50-0,80
55X	0,50-0,60	0,35-0,65	0,17-0,37	0,040	0,040	1,00-1,30	-	≤0,30	-
50ХГ	0,46-0,54	0,70-1,00	0,17-0,37	0,040	0,040	0,90-1,20	-	≤0,40	-
70	0,65-0,75	0,50-0,80	0,17-0,37	0,040	0,045	0,30	-	≤0,30	-

2.1.1 Основні показники якості валків

За призначенням валки поділяються на робочі та опорні. Особливо високі вимоги висуваються до робочих валків.

Основними показниками якості робочих валків є:

- значення поверхневої твердості та ступінь рівномірності розподілу її по бочці;

- глибина «активного» загартованого шару;

- ДСТУ на сталеві валки холодної прокатки металів передбачає фактично один показник якості – твердість на бочці. За твердістю валки діляться на чотири класи, які одночасно визначають їхнє призначення:

А – робочі валки з твердістю 95 – 102 HSh;

Б – робочі валки із твердістю 90 – 94 HSh;

В – робочі валки з твердістю 70 – 85 HSh. До цього класу можна віднести також робочі валки станів теплої прокатки, наприклад для штаб з легких сплавів з підігрівом злитків до 400 – 500°C;

Г – робочі валки з твердістю 45 – 69 HSh.

Для опорних валків великого діаметру твердість 70 - 85 HSh може бути досягнута тільки в результаті виготовлення складових валків при нагріванні під загартування в термічних печах і цільнокованих валків при загартуванні з індукційного нагрівання ТПЧ.

Поверхнева твердість загартованих робочих валків залежить від режиму температурного відпуску (температури та тривалості), що призначається відповідно до необхідної твердості та перерізу валка. Валкові сталі мають різну стійкість проти відпуску.

2.1.2. Будова зливку

Якість валків холодної прокатки визначає також вихідна будова зливку. При кристалізації металу у виливниці в ньому виникає ряд дефектів: тріщини усадки і порожнечі, що розташовуються по осі зливка, зональна і позацентрова ліквіація елементів. Найбільш небажаним дефектом є осьова усадочна пухкість. Дефекти усадочного походження не завжди зникають у процесі кування зливка і надалі є концентраторами напруги, здатними призвести до руйнування валка при його виготовленні та експлуатації. Дефекти усадочного

походження осьової зони зливка у виробництві валків холодної прокатки, особливо при загартуванні, викликають виникнення тріщин. Як правило, тріщини поширюються від осьової частини валка до поверхні бочки.

На утворення осьової усадочної пухкості впливають багато факторів. Найважливішим є послідовність затвердіння зливка та конфігурації виливниці. У процесі затвердіння та охолодження сталі, температура у прибутковій частині зливка вища, ніж у середній.

Зливки, відлиті у виливниці підвищеної конусності, мають щільну осьову зону, а відлиті у виливниці, забезпечені спеціальною надставкою - більш досконалі за будовою.

Основні розміри ковальських злиwkів такі:

- Відношення висоти зливка до середнього діаметра 1,5 – 2,5.
- Конусність 2,5 - 5% набік.
- Маса прибутку 15 - 18%.
- Маса донної частини 2,5 - 5%.

Після остаточного затвердіння гарячі зливки (температура не нижче 550°C) передають у газові камерні печі з висувним подом, де їх нагрівають до 1150 – 1200°C протягом 2 - 30 годин в залежності від розмірів злиwkів і маси садка. При першому виносі зливка з печі здійснюють оббивку його граней на пресі (білетування) та обрубубання донної частини. Після повторного нагріву проводять уков, осадку та протяжку зливка з інтенсивними обтисканнями, а потім остаточне оздоблення та обрубубання поковок. Кування закінчують при 750 – 820°C.

Як правило, з одного зливка виготовляють один валок, або до 4 – 8 валків невеликого розміру. Кування здійснюють на гідравлічних пресах зусиллям 800 - 10000 т. Дрібні поковки кують під молотом.

Готові поковки при температурі не нижче 600 – 500°C подають на відпал (нагрівання при 790°C, ізотермічна витримка при 680°C і охолодження в печі до 400 – 100°C). Твердість поковок після відпалу повинна бути 170 - 220 НВ, що забезпечує їхню хорошу оброблюваність.

2.2 Кування зливків при виробництві валків станів холодної прокатки

2.2.1 Особливості технологічного виготовлення поковок

Якість та експлуатаційна стійкість валків холодної прокатки залежить від правильного вибору раціональної технології та режимів кування при їх виготовленні. Важливою умовою, що забезпечує високу якість поковок валків та зменшення браку при їх виробництві, є суворе дотримання технології.

Основна мета кування полягає у зменшенні неоднорідності будови металу, ущільнення його внаслідок заварювання пор, газових бульбашок та інших дефектів, властивих литій структурі. У процесі кування структуру сталі необхідно опрацювати по всьому перерізу, забезпечуючи найбільш повне руйнування первинної карбідної сітки та окремих кристалітів. При куванні слід домагатися найбільш вигідного розташування волокон у поковці та сприятливого співвідношення механічних властивостей як у поздовжньому, так і в поперечному перерізах, значно зменшити анізотропію властивостей за цими напрямками та перерізом поковки.

Технологічний процес виготовлення поковок прокатних валків складається з наступних основних операцій:

- Білетування зливка,
- Осада зливка,
- Протяжка бочки та шийок,
- Оздоблення у розмір бочки і шийок,
- Обрубкування кінців.

Число виносів (нагрівів), під час яких виконуються зазначені операції, залежить від обсягу роботи при куванні, маси поковки та потужності ковальсько-пресового обладнання.

В даний час поковки робочих валків холодної прокатки в залежності від їх розміру і маси виготовляють на машинобудівних заводах за способом

вільного кування за допомогою гідравлічних пресів, кувальних або пароповітряних кувальних молотів.

Білетування зливка, поперечний переріз якого має форму восьмигранника, є обтисканням ребер і граней зливка з метою підвищення пластичності металу, що необхідно для успішного здійснення кування на наступних операціях. Білетування злитків нормальної конусності (2 – 5 % набік) не становить особливих технологічних проблем. Під час цього процесу тіло зливка перетворюють на циліндричний блок. Злиток збільшеної конусності (понад 5% на бік) можна білетувати як на циліндричний, так і на конічний блок. При такому злитку довжина циліндричного блоку може виявитися надмірно великою і негативно вплинути на його осадку. Тому білетування таких злитків виконують переважно на конічний блок.

Власне операцію білетування проводять у нижньому вирізному та верхньому плоскому бойках.

Якщо поверхня зливка має хорошу якість, а метал у литому стані має достатню технологічну пластичність, то білетування можна не проводити.

У процес білетування, крім самого білетування, входить також кування прибуткової частини на круг-цапфу для утримання зливка в патроні кантувача або захвату маніпулятора. Довжина цапфи для надійного утримування зливка дорівнює зазвичай 1,7 – 1,3 діаметра цапфи для злитків масою 3 – 12 т, що у межах 320 – 500 мм. Залишок металу з кінця прибуткової частини після оформлення цапфи відрубують.

Останньою в процесі білетування роблять операцію відсікання донної частини обтисненого блоку. Для отримання чистого торця, відрубку здійснюють з поворотом, послідовно за три ходи преса. При цьому з боку донної частини надходить у відхід 20 - 50 мм металу по довжині блоку.

Наступна операція – осадження (одинарне чи подвійне). Осадження сприяє дробленню дендритної структури металу зливка і карбідної сітки, більш рівномірному розподілу карбідів за обсягом металу, що деформується, і разом з цим покращує механічні властивості в поздовжньому і поперечному напрямках, знижує анізотропію металу поковок валка.

Кування більшості основних марок сталі проводиться в інтервалі температур 1150 – 800оС. При більш високих температурах і більш тривалих витримках металу з'являється «раковистий злам», що сприяє руйнації валків. Повільне охолодження від температури кінця кування до температури 600°С (копежа) призводить до виділення карбідної сітки, тому копіж рекомендується проводити при нижчих температурах (300 – 400°С).

Плавковий контроль на карбідну сітку та карбідну ліквацию проводиться за ДСТУ 801 – 60 у поверхневих та осьових зонах поковок. При наявності карбідної сітки з балом ≥ 4 потрібно подвійне покращення.

Після осадження, залежно від практики виробництва, що склалася, блоки піддають витяжці за схемою коло – коло або коло – квадрат – коло.

Поковки валків діаметром 230-370 мм виготовляють під пресами. Після осадження зливки протягують з кола на коло або через квадрат на дві – чотири мірні заготовки. З кожної заготовки під пресом відковують один – два валка.

2.2.2 Галузевий стандарт. Валки сталеві ковани для холодної прокатки металу

Основні параметри і розміри.

Таблиця 2.3 - Основні параметри та розміри валків

№	Тип валка	Код ОКП	Основні параметри валка			
			Розміри діжки, не більше, мм		Твердість діжки, HSD	Маса, т, не більше
			Діаметр	Довжина		
1	Робочі валки дресирувальних і чистових клітей	313771	900	3150	95-105	20,0
2	Робочі валки клітей станів холодної прокатки, окрім типу 1	313771	900	3150	90-96	20,0
3	Робочі валки станів теплої прокатки	313771	1200	2850	75-90	30,0
4	Опорні валки з підвищеними вимогами до твердості діжки	313771	2000	3150	70-85	62,0
5	Опорні валки, окрім типу 4	313771	2000	4000	50-69	100,0

Встановлено такі виконання валків:

Ц - цільноковані,

Г – з прокату,

СК – складові з кованими віссю та бандажем,

СКЛ - складові з кованими віссю та литим бандажем,

Т – переточений,

П – перекувальний,

ТВ - вісь переточена,

ВП – вісь перекована,

БП – бандаж перекутий.

Технічні вимоги.

Характеристики (властивості).

1. Валки повинні виготовлятися відповідно до вимог діючого стандарту, замовлення-наряду зовні торгової організації, за робочими кресленнями, затвердженими у встановленому порядку.

2. Валки повинні виготовлятися з електропічної, кислої або основної мартенівської сталі, а також з металу електрошлакового переплаву або методом електрошлакової відливки.

3. Уков по перетину бочки валка при використанні ковальських злитків загального призначення має бути не менше ніж 3.

4. Валки повинні виготовлятися з якісних, високоякісних та особливо високоякісних сталей.

5. Мікроструктура та злам проби валків не повинні містити металургійних дефектів – тріщин, флокенів, підусадкових рихлот та шлакових включень, видимих без застосування збільшувальних приладів.

6. Твердість шийок валків повинна бути у межах 30 – 50 HSD. Валки типів 1 та 2 можуть виготовлятися з твердістю поверхні місць під підшипники 45 – 95 HSD.

7. Осі складових опорних валків повинні піддаватися об'ємній термічній обробці.

8. Кромки бочок валків можуть мати знижену твердість, але не нижче значення твердості шийок.

9. Валки, бандажі та осі складових валків рекомендується піддавати ультразвуковому контролю (УЗК). УЗК піддаються відпрацьовані валки, призначені для повторного використання.

10. Після закінчення термічної обробки бочки робочих, опорних цільнокованих валків та бандажі складових опорних валків повинні мати термічно зміцнену зону, що складається з активного та перехідного шару.

11. Допускається виготовлення валків з осьовим отвором, діаметр якого не повинен перевищувати 18% номінального діаметра бочки.

12. На робочій поверхні бочок та шийок валків не допускаються тріщини, вм'ятини, неметалеві включення, корозія та інші дефекти.

13. Шорсткість поверхні бочок, шийок валків та місць під підшипники не повинна перевищувати $R_a = 1,6$ мкм, осьових отворів – $R_a = 12,5$ мкм за ДСТУ 2789. Шорсткість осьових отворів повинна забезпечуватися технологією виготовлення валків.

Комплектність.

Кожен валок має супроводжуватись паспортом.

Маркування.

Маркування повинне проводитися ударними або іншими способами на торці шийки кожного валка з боку прибуткової частини зливка та містити:

- номер валка та позначення креслення;
- марку сталі.

Чіткість маркування повинна зберігатися протягом усього терміну служби валка.

2.3 Розрахунок параметрів нової технології виробництва поковок прокатних валків

З вищенаведеної інформації видно, що найбільш трудомістким та енергоємним є процес осадження, який необхідний для деформування мікроструктури металу.

Перетин поковки не дозволяє зробити процес протягування традиційними методами, тому ми використовуємо в новій технології спеціальний інструмент - бойки зі сталі 45, що схрещуються, які пройшли випробування на заводі ПрАТ «Дніпрспецсталь». Випробування показали, що при застосуванні бойків, що схрещуються, лита структура стає деформованою при коефіцієнті укова 1,4 - 1,5. У такому разі можна не проводити процес осаджування [14, 15].

Тому в новій технології ми використовуємо саме бойки, що схрещуються (рис 2.1).

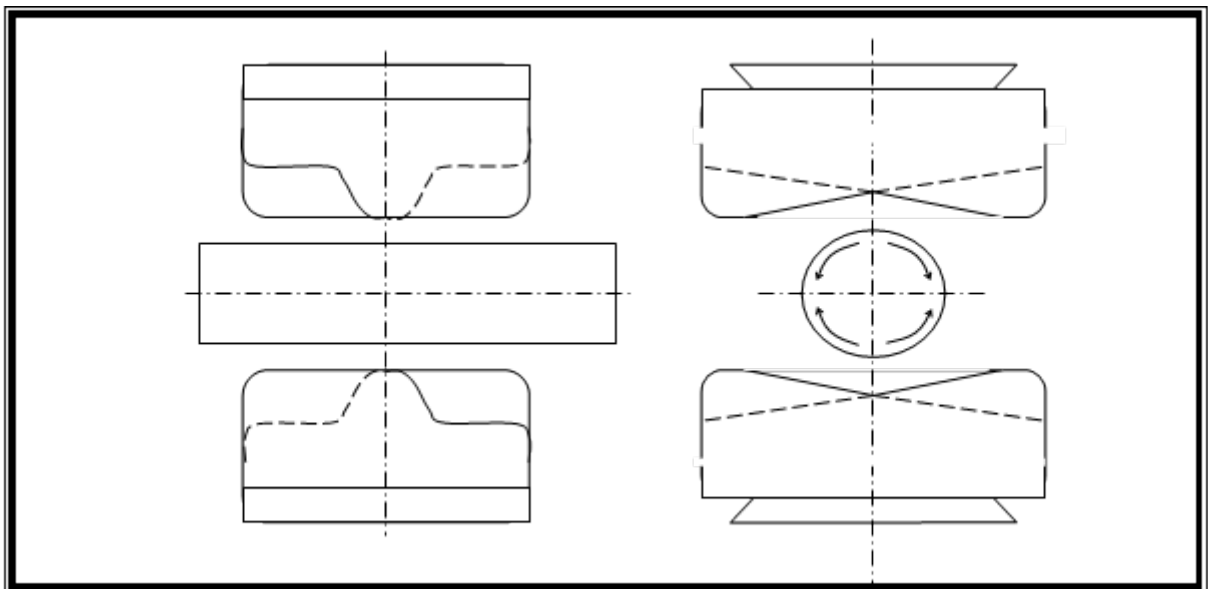


Рисунок 2.1 – Кувальні бойки, що схрещуються

Результати випробувань механічних властивостей металу у тангенціальному напрямку показали підвищення межі пропорційності до 1260 – 1290 МПа (при нормі 1200 МПа). Таким чином, перерозподіл анізотропії

металу, досягнутий регулюванням мікротечії металу, забезпечило підвищені механічні характеристики металу, що відповідають умовам експлуатації прокатних валків.

Позитивний вплив додаткових мікрозсувів при куванні в бойках з робочими поверхнями, що схрещуються (рис. 2.1) можна використовувати у виробництві, маючи такі дані:

- встановленим зв'язком нормальних та мікрозсувних деформацій;
- наявність експериментальних залежностей мікрозсувних деформацій при куванні новим інструментом, кількісною оцінкою ефективності додаткових макрозсувів залежно від параметрів технологічного режиму кування.

Бойки, що схрещуються (Рис. 2.1) дозволяють протягувати заготовку при великій різниці діаметрів без осаджування зливка. Коефіцієнт укова дорівнює:

$$K_e \geq \frac{D_{\text{ср.слитка}}^2}{d_{\text{поковки}}^2} \leq 1,4 \div 1,5$$

При протяжці бойками, що схрещуються, відбувається деформація металу в двох напрямках:

- деформація стиснення (рис. 2.2 а);
- деформація зсуву (рис. 2.2 б).

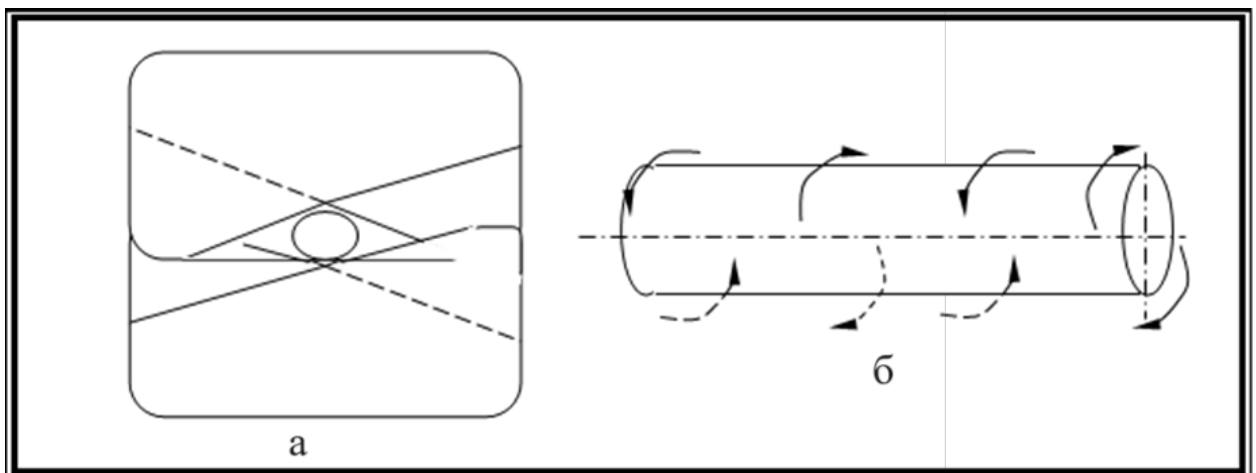


Рисунок 2.2 – Деформація прокатних валів бойками, що схрещуються
а) уков на мінімальний діаметр; б) деформація зсуву по довжині заготовки

Бійки, що схрещуються, здійснюють процес протяжки з максимального розміру, до необхідного мінімального.

Розрахунок бойків ведемо за тим самим принципом, що і для ромбічних бойків, тільки обтискання при протяжці візьмемо максимальне.

Обрубубання донної частини тепер не є необхідною операцією перед осадженням, оскільки процес осаджування відсутній і немає ризику, що донна частина може розподілитися по робочому злитку.

Кування цапфи під осадку - процес, який необхідний лише у випадку, якщо в технологічній схемі присутній процес осадки. Якщо в даному випадку ми виключаємо цей процес, то кування цапфа скасовується, і ця операція проводиться в новій технології не буде.

Розрахуємо різницю в обсягах для кожного виду поковки.

1). Валок 2Ц – 400 * 500:

$$K_z = \frac{D_{\text{ср.слитка}}^2}{d_{\text{поковки}}^2} = \frac{528^2}{440^2} = 1,44$$

2). Валок 2Ц-330*1200:

$$K_z = \frac{D_{\text{ср}}^2}{d_{\text{поковки}}^2} = \frac{485^2}{375^2} = 1,47 \leq 1,5$$

3). Валок 2Ц- 400*1200:

$$K_z = \frac{D_{\text{ср}}^2}{d_{\text{поковки}}^2} = \frac{530^2}{440^2} = 1,45 \leq 1,4$$

Усі валки, що розглядаються, ми можемо кувати протяжкою без осаджування з максимального діаметра на мінімальний діаметр, після чого здійснюється так само операція кування в міру ступенів на діаметр ступенів теж можливо бойками, що схрещуються.

2.3.1 Технологічні переходи ковки за новою технології

Розрахуємо нову технологію кування для кожного валка, що розглядається.

1). Валок 2Ц – 400 * 500:

- нагрів до $T = 1230$ °С,
- видати заготовку з печі та подати під прес,
- білетування: обжим граней на діаметр 485 мм, довжина зливка складає: $V_{зл до білетування} = V_{зл після білетування}$,
- за законом збереження об'єму знайдемо довжину зливка після білетування:

$$V_{зл.1} = \pi r^2 h = 3.14 * 264^2 * 1049 = 229568866 \text{ мм}^3.$$

$$L_{зл після білетування} = 229568866 / 3,14 * 242^2 = 1243,25 \text{ мм.}$$

Процес білетування займає 9 хвилин робочого часу обладнання.

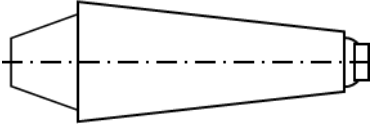
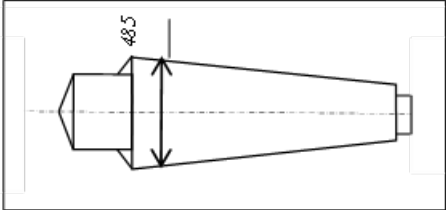
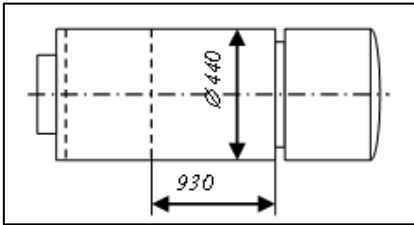
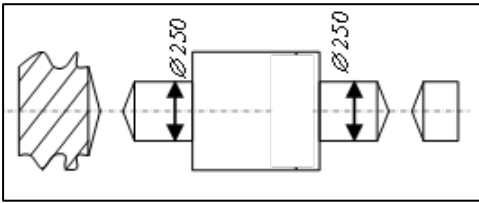
- Час остигання зливка 65 хвилин, отже додатковий нагрівання поки не потрібен.
- Протяжка зливка на розміри заготовки: максимальний діаметр 440 мм, довжина зливка = 1510 мм,
- Розмітка зливка на діаметри та ступені, розмітка та присікання частин.
- Обтиснути бочку в міру, кувати сходинки на діаметр 250 мм.
- Обрубкування надлишків.

Процес протягування, кування кінців у міру та обрубкування надлишків займає 36 хвилин,

- Маркування.

Весь процес кування займає час: $T = 45$ хвилин.

Таблиця 2.4 - Технологічна схема кування валка холодної прокатки 2Ц
- 400 * 500 з однією осадкою зливка

№	Найменування операції	Ескізи поковки	Інструмент
1	Нагрів зливка T = 1230°C		
2	Білетування на діаметр 485 мм		Бойки: верхній плоский, нижній вирізний.
3	Протяжка зливка да діаметр 440 мм Розмітка і присічка ступеней.		Бойки: верхній схрещений, нижній схрещений.
6	Обтиснути злиток у міру. Ковка в міру ступеней на діаметр 250 мм. Обрубка надлишків.		Бойки: верхній схрещений, нижній схрещений. Розкатка Сокира
7	Правити. Маркірувати.		

2). Валок 2Ц-330*1200:

- нагрівання до T = 1230°C,
- білетування: обтискання граней на діаметр 485 мм, довжина зливка складає: V_{зл до білетування} = V_{зл після білетування},
- за законом збереження об'єму знайдемо довжину зливка після білетування:

$$V_{зл.1} = \pi r^2 h = 3.14 * 264^2 * 1049 = 229568866 \text{ мм}^3.$$

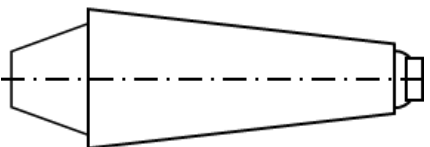
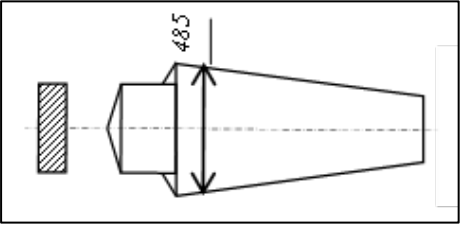
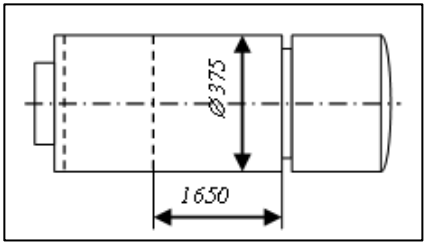
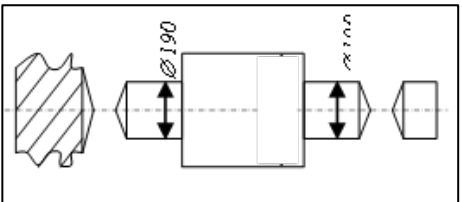
$$L_{зл після білетування} = 229568866 / 3.14 * 2422 = 1243,25 \text{ мм}.$$

Процес білетування займає 9 хвилин, отже додатковий нагрів не потрібен.

- Протяжка зливка на розміри заготовки: максимальний діаметр 375 мм, довжина зливка = 2025 мм.
- Розмітка зливка на діаметри та ступені, присікання частин.
- Обтиснути бочку валу в міру, обтиснути сходинки на діаметр 190 мм.
- Обрубкування надлишків.
- Правити, маркувати.

Весь процес кування займає час: $T = 45$ хвилин.

Таблиця 2.5 - Технологічна схема кування валка 2Ц - 330*1200 холодної прокатки з одним осадженням зливка

№	Найменування операції	Ескізи поковки	Інструмент
1	Нагрів зливка $T = 1230$ °С		
2	Білетування на діаметр 485 мм		Бойки: верхній плоский, нижній вирізний.
5	Протяжка зливка да діаметр 375 мм Розмітка і присічка ступеней.		Бойки: верхній схрещений, нижній схрещений.
6	Обтиснути злиток у міру. Ковка в міру ступеней на діаметр 190 мм. Обрубка надлишків.		Бойки: верхній схрещений, нижній схрещений. Розкатка Сокира
7	Правити. Маркірувати.		

3). Валок 2Ц- 400*1200:

- нагрівання до $T = 1230^{\circ}\text{C}$,
- білетування: обтискання граней на діаметр 530 мм, довжина зливка складає: $V_{\text{зл до білетування}} = V_{\text{зл після білетування}}$,
- за законом збереження об'єму знайдемо довжину зливка після білетування:

$$V_{\text{зл.1}} = \pi r^2 h = 3.14 * 285^2 * 1100 = 280551150 \text{ мм}^3.$$

$$L_{\text{зл після білетування}} = 280551150 / 3,14 * 265^2 = 1272,3.$$

Процес білетування займає 10 хвилин, час охолодження зливка – 65 хвилин, отже додатковий нагрів не потрібен.

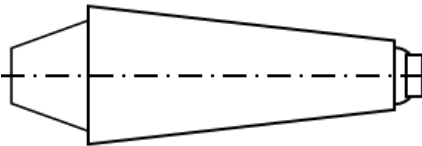
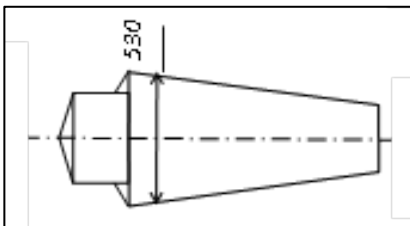
- Протяжка зливка на розміри заготовки: максимальний діаметр 440 мм, довжина зливка = 1846 мм.
- Розмітка зливка на діаметри та ступені, присікання частин.
- Ковка ступеней на діаметр 250 мм.
- Обрубкування надлишків.

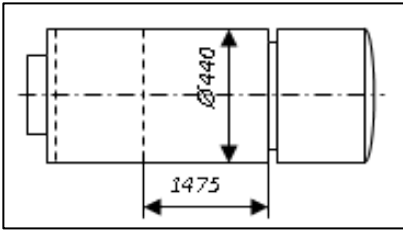
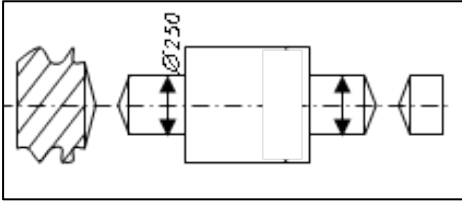
Процес протягування, кування кінців у міру та обрубкування надлишків займає 40 хвилин

- Правити, маркувати.

Весь процес кування займає час: $T = 50$ хвилин.

Таблиця 2.6 - Технологічна схема кування валка 2Ц - 400*1200 холодної прокатки з одним осадженням зливка

№	Найменування операції	Ескізи поковки	Інструмент
1	Нагрів зливка $T = 1230^{\circ}\text{C}$		
2	Білетування на діаметр 530 мм		Бойки: верхній плоский, нижній вирізний.

5	Протяжка зливка да діаметр 440 мм Розмітка і присічка ступеней.		Бойки: верхній схрещений, нижній схрещений.
6	Обтиснути злиток у міру. Ковка в міру ступеней на діаметр 250 мм. Обрубка надлишків.		Бойки: верхній схрещений, нижній схрещений. Розкатка Сокира
7	Правити. Маркірувати.		

2.3.2 Характеристика допоміжного інструменту

Розрахуємо допоміжний інструмент - бойки, що схрещуються, для протягування зливка. Розрахунок бойків, що схрещуються, проводиться ідентично вирізним ромбічним бойкам [16, 17].

Протяжка призначена для збільшення довжини заготовки за допомогою зменшення її поперечного перерізу.

Застосування вирізних бойків, що схрещуються, обмежує розширення і збільшує інтенсивність витяжки, завдяки чому збільшується продуктивність кування.

Стосовно круглих заготовок, використовують розрахунок аналогічно квадратним заготовкам: сторона квадрата, рівновеликого вихідної круглої заготовки, дорівнює: $H'o = B'o = R \sqrt{\pi}$.

Висота наведеного прямокутника $H'1$, рівновеликого перерізу заготовки після обтиснення, приймається рівною висоти квадрата, рівновеликого колу радіусом r , $H_1 = r \sqrt{\pi}$.

$$\text{Ширина прямокутника } B'_1 = \frac{F'_1}{H'_1}$$

де: F'_1 – переріз заготовки після обтиснення.

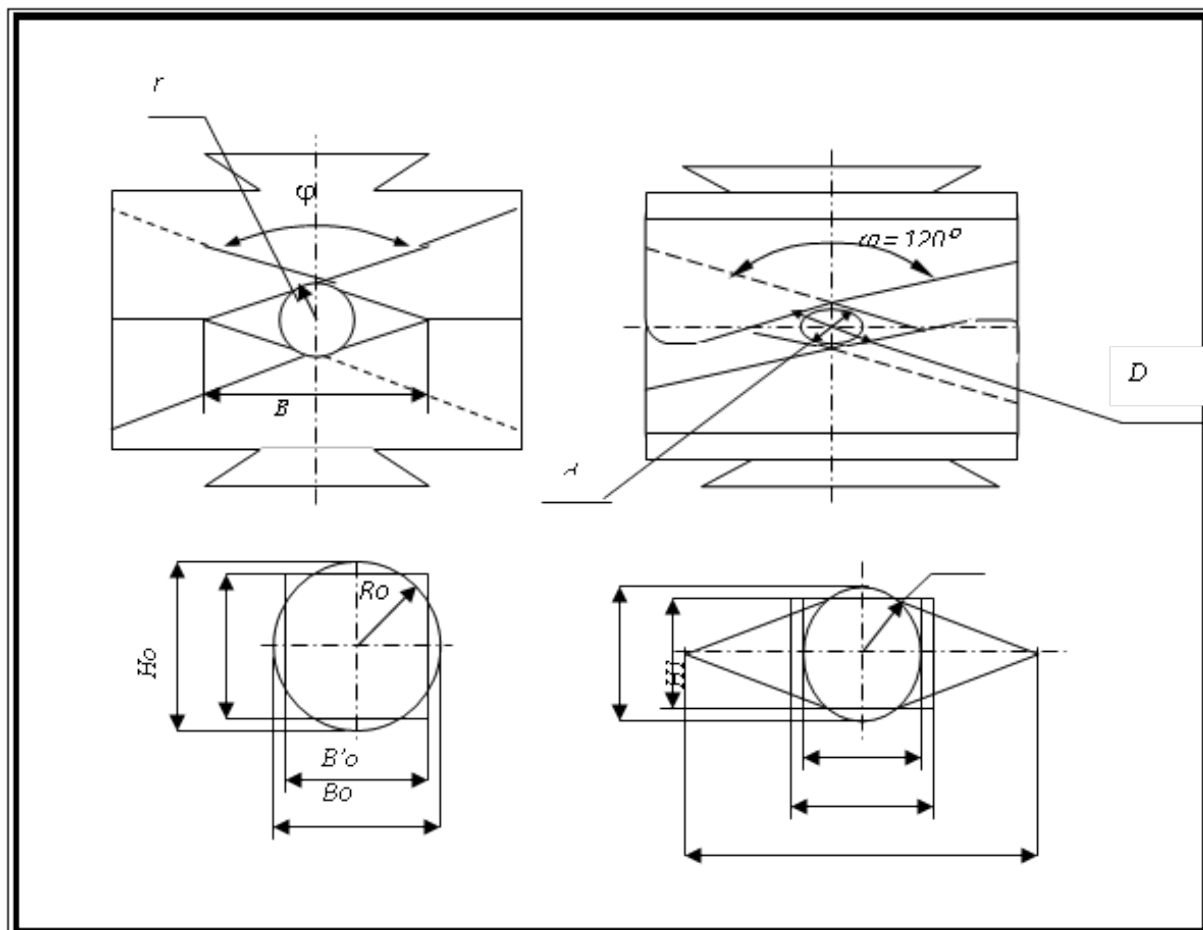


Рисунок 2.3 – Бойки (а), що схрещуються, і прийняті позначення (б) заготовок, що протягуються в них (за В.Г. Березкіним).

Наведений ступінь деформації визначається за формулою:

$$\varepsilon'_{0H} = 1 - \frac{H_1'}{H_0'} \quad \text{або} \quad \varepsilon'_{0r} = 1 - \frac{r}{R}$$

Коефіцієнт розширення через наведені величини вирається формулою:

$$f = \frac{H_1' (B_1' - B_0')}{B_0' (H_0' - H_1')}$$

або при повному змиканні бойків:

$$f = \frac{F_1 - Rr}{R^2 - Rr}$$

2.3.3 Розрахунок бойків, що схрещуються робочою поверхнею

Розрахуємо бойки, що схрещуються, для розглянутих поковок валків.

1) Валок 2Ц – 400 * 500.

Сторона квадрата, рівновеликого вихідної круглої заготовки, дорівнює:

$$H'_0 = B'_0 = R\sqrt{\pi} = 242,5 * 1,77 = 430 \text{ мм.}$$

Висота наведеного прямокутника H'_1 , рівновеликого перерізу заготовки після обтиснення, приймається рівною висотою квадрата, рівновеликого колу радіусом r , $H_1 = r\sqrt{\pi} = 220 * 1,77 = 394 \text{ мм.}$

Ширина прямокутника

$$F'_1 = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{3,14 * 220^2}{2} = 75988 \text{ мм}^2$$

$$B'_1 = \frac{F'_1}{H'_1} = \frac{\pi * r^2}{2 * H'_1} = \frac{3,14 * 220^2}{2 * 390} = 195 \text{ мм}$$

де F'_1 – переріз заготовки після обтиснення.

Приведений ступінь деформації визначається за формулою:

$$\varepsilon'_{0H} = 1 - \frac{H'_1}{H'_0} = 1 - \frac{394}{430} = 0,07$$

або

$$\varepsilon'_{0r} = 1 - \frac{r}{R} = 1 - \frac{220}{242,5} = 0,09$$

Коефіцієнт розширення через наведені величини виразиться формулою:

$$f = \frac{\frac{F'_1}{\pi} - Rr}{R^2 - Rr} = \frac{\frac{75988}{3,14} - 220 * 242,5}{242,5^2 - 242,5 * 220} = \frac{-28600}{4800} = -5,34$$

2). Валок 2Ц-330*1200:

Сторона квадрата, рівновеликого вихідної круглої заготовки, дорівнює:

$$H'_0 = B'_0 = R\sqrt{\pi} = 242,5 * 1,77 = 430 \text{ мм.}$$

Висота наведеного прямокутника H_1 , рівновеликого перерізу заготовки після обтиснення, приймається рівною висотою квадрата, рівновеликого колу радіусом r , $H_1 = r \sqrt{\pi} = 187,5 * 1,77 = 332$ мм.

Ширина прямокутника

$$F_1' = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{3,14 * 187,5^2}{2} = 55195 \text{ мм}^2$$

$$B_1' = \frac{F_1'}{H_1'} = \frac{\pi * r^2}{2 * H_1'} = \frac{3,14 * 187,5^2}{2 * 332} = 166 \text{ мм}$$

де F_1' – переріз заготовки після обтиснення.

Приведений ступінь деформації визначається за формулою:

$$\varepsilon_{0H}' = 1 - \frac{H_1'}{H_0'} = 1 - \frac{332}{430} = 0,23$$

або

$$\varepsilon_{0r}' = 1 - \frac{r}{R} = 1 - \frac{187,5}{242,5} = 0,23$$

Коефіцієнт розширення через наведені величини виразиться формулою:

$$f = \frac{\frac{F_1'}{\pi} - Rr}{R^2 - Rr} = \frac{\frac{55195}{3,14} - 187,5 * 242,5}{242,5^2 - 187,5 * 242,5} = \frac{-21327}{13337,5} = -2,09$$

3). Валок 2Ц- 400*1200:

Сторона квадрата, рівновеликого вихідної круглої заготовки, дорівнює:

$$H'_0 = B'_0 = R \sqrt{\pi} = 265 * 1,77 = 428 \text{ мм.}$$

Висота наведеного прямокутника H_1 , рівновеликого перерізу заготовки після обтиснення, приймається рівною висотою квадрата, рівновеликого колу радіусом r , $H_1 = r \sqrt{\pi} = 220 * 1,77 = 390$ мм.

Ширина прямокутника

$$F_1' = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{3,14 * 220^2}{2} = 75988 \text{ мм}^2$$

$$B_1' = \frac{F_1'}{H_1'} = \frac{75988}{390} = 195 \text{ мм}$$

де F_1' – переріз заготовки після обтиснення.

Приведений ступінь деформації визначається за формулою:

$$\varepsilon_{0H}' = 1 - \frac{H_1'}{H_0'} = 1 - \frac{390}{469} = 0,17$$

або

$$\varepsilon_{0H}' = 1 - \frac{r}{R} = 1 - \frac{220}{265} = 0,17$$

Коефіцієнт розширення через наведені величини виразиться формулою:

$$f = \frac{\frac{F_1}{R^2} - Rr}{R^2 - Rr} = \frac{\frac{75988}{3,14} - 265 * 220}{265^2 - 265 * 220} = -2,86$$

2.4 Розрахунок енерго-силових параметрів кування і вибір основного обладнання

2.4.1 Вимоги, що пред'являються до ковальсько-штампувальних машин, та вихідні дані для їх проектування

Основними вимогами є [18, 19]:

- Висока міцність, а в деяких випадках жорсткість.
- Висока продуктивність та економічність.
- Безпека роботи.
- Надійність та довговічність.

До основних параметрів гідравлічних пресів відносяться:

- Номінальне зусилля.
- Номінальний тиск робочої рідини.
- Найбільший хід поперечки.
- Розміри штампового простору.

Попередній вибір преса необхідний для визначення мінімальних технологічних параметрів поковки. Прес вибирають за таблицею в залежності від максимальних параметрів поковки.

Таблиця 2.4 - Вибір зусилля преса залежно від параметрів поковки

Зусилля преса, МН	Максимальний діаметр поковки, мм		Максимальна маса поковки, кг		Максимальна довжина поковки, мм	
	Гладкої	Ступінчатої	Гладкої	Ступінчатої	Гладкої	Ступінчатої
5	400	350	1450	1360	4000	
8	650	400	3150	2900	8000	
12,5	720	500	5000	4000	9000	
15	800	550	6600	6200	10000	
20	1300	900	17500	14300	12000	

2.4.2 Розрахунок зусилля преса

З розрахунків технологічних переходів видно, що найбільша деформація зливка відбувається при процесі осадки, отже, і зусилля, необхідне для проведення всіх операцій, під час осадки прикладається максимальне. Якщо прес зможе виконувати операцію осадки, значить він зможе виконати і решту всіх операцій, оскільки зусилля при осаджуванні максимальне.

Розрахуємо зусилля преса при процесі осадки для вибраних типів технічних переходів та злитків, що обробляються.

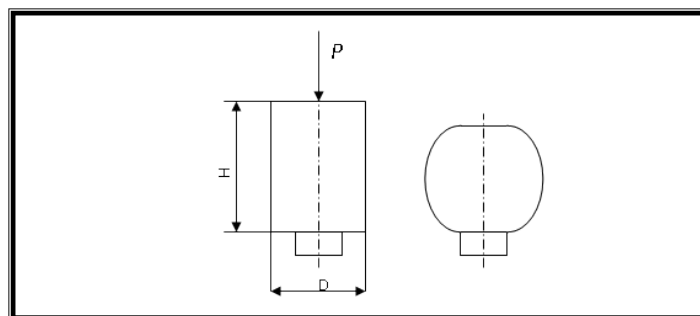


Рисунок 2.4 – Схема деформування при осаджуванні

Повне зусилля при осаджуванні Р можна виразити у вигляді [2]:

$$P = p \frac{\pi D^2}{4},$$

де р - середній питомий тиск.

Відомо, що тиск по контактній поверхні розподілений не рівномірно, але в технологічних розрахунках можна обмежитися розрахунком середньої поверхні питомого тиску. Вона залежить в першу чергу від межі плинності металу, що деформується при даній температурі, швидкості і ступеня деформації і може бути представлена в наступному вигляді:

$$p = \sigma_T n_\sigma = \sigma_T \left(1 + 0,17 \frac{D}{H} \right)$$

де: n_σ - коефіцієнт напруженого стану, який враховує об'ємний характер напруженого стану у зв'язку з дією контактних сил тертя.

Для розрахунку межі плинності при осаджуванні заготовки може бути використана методика, запропонована Є.Н. Мошніним та Є.Н. Золотухіним:

$$\sigma_T = k \sigma_{T0}$$

де: k - поправочний коефіцієнт, k = 0,8 для зливків масою до 6 тон;

σ_{T0} - межа плинності, що визначається за графіками та інших джерел залежно від середньої температури [2].

$$t_{cp} = t_{пов} + a(t_{ц} - t_{пов})$$

де: $t_{пов}$ і $t_{ц}$ – температура поверхні та центру зливка визначаються за графіком залежно від маси зливка та часу охолодження злитка від моменту видачі його з печі до кінця осадження τ_1 ;

a – поправочний коефіцієнт.

τ_1 / τ_2	0,25	0,35	0,5	0,7
A	0,9	0,8	0,7	0,6

Розрахуємо питомий тиск для розглянутих поковок:

1). Валок 2Ц – 400*500, Валок 2Ц – 330*1200:

Так як первісне кування для перших двох валків ідентичне, отже розглянемо зусилля прокатки для двох поковок:

маса = 2,5 т, розміри після осадження: $D = 750$ мм, $H = 570$ мм.

час осадки = 2 хвилини.

За графіком [3, стор. 78] знаходимо $t_{пов} = 1050^{\circ}\text{C}$, $t_{ц} = 1230^{\circ}\text{C}$, $\tau_2 = 65$ хв. за табл. 9 [3] при $G = 2,5$ т, маємо $k = 0,8$.

$$\tau_1 / \tau_2 = 15 / 65 \approx 0,25 \Rightarrow a = 0,9.$$

Умовне середня температура зливка:

$$T_{ср} = 1050 + 0,9 (1230 - 1050) = 1212^{\circ}\text{C}.$$

За графіком на рис. 1 [3] знаходимо для сталі 45 при $\varepsilon = 40\%$ та низької швидкості деформації $\sigma_T = 37$ МН/м².

При осаджуванні зливка масою 2,5 т межа плинності дорівнюватиме:

$$\sigma_T = k\sigma_T = 0,7 * 37 = 25,9 \text{ МН/м}^2.$$

Питомий тиск

$$p = \sigma_T n_{\sigma} = \sigma_T \left(1 + 0,17 \frac{D}{H} \right) = 25,9 * (1 + 0,17 * 485 / 1245) = 27,61$$

МН/м².

Повне зусилля

$$P = pF = 27,6 \frac{\pi}{4} 0,75^2 = 12,18 \text{ МН}.$$

2). Валок 2Ц – 400*1200:

маса = 3 т, розміри після осадження: $D = 800$ мм, $H = 600$ мм.

Час осадження = 2 хвилини.

За графіком, на рис. 46 [3] знаходимо $t_{пов} = 1050$, $t_{ц} = 1230^{\circ}\text{C}$, $\tau_2 = 65$ хв. за табл. 9 [3], при $G = 3$ т, маємо $k = 0,8$.

$$\tau_1 / \tau_2 = 15 / 65 \approx 0,25 \Rightarrow a = 0,9.$$

Умовна середня температура зливка:

$$T_{ср} = 1050 + 0,9 (1230 - 1050) = 1212^{\circ}\text{C}.$$

За графіком на рис. 1 [3] знаходимо для сталі 45 при $\varepsilon = 40\%$ та низької швидкості деформації $\sigma_T = 37 \text{ МН/м}^2$.

При осаджуванні зливка масою 2,5 т межа плинності дорівнюватиме:

$$\sigma_T = k\sigma_T = 0,7 * 37 = 25,9 \text{ МН/м}^2.$$

Питомий тиск:

$$p = \sigma_T n_\sigma = \sigma_T \left(1 + 0,17 \frac{D}{H} \right) = 25,9 * (1 + 0,17 * 530 / 1270) = 27,6 \text{ МН/м}^2.$$

Повне зусилля:

$$P = pF = 27,6 \frac{\pi}{4} 0,75^2 = 12,18 \text{ МН.}$$

2.4.3 Розрахунок продуктивності преса

2.4.3.1 Технологія до реконструкції

Годинна продуктивність обладнання:

- 1). **Валок 2Ц – 400 * 500:** Н = 80 хвилин.
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** Н = 80 хвилин.
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200:** Н = 80 хвилин.

Термін виробництва усіх поковок однаковий, отже середня годинна продуктивність теж = 80 хвилин, або 1,33 години.

Визначення часу заборгованості обладнання (Т) [11]:

$$T = П/Н, \text{ год.}$$

Розрахуємо годинну продуктивність преса для кожного виду поковок:

- 1). **Валок 2Ц – 400 * 500:** $1,722 / 1,33 = 1294,7 \text{ кг /год} = 1,3 \text{ т /год.}$
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** $1,675 / 1,33 = 1259,4 \text{ кг /год} = 1,26 \text{ т /год.}$
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200:** $2,439 / 1,33 = 1833,8 \text{ кг /час} = 1,84 \text{ т /год.}$

$$\text{Середня годинна продуктивність} = (1,3 + 1,26 + 1,84) / 3 = 1,5 \text{ т / год.}$$

За програмою необхідно відкувати 10000 т поковок за рік, що становитиме 100% виробництва, причому всі поковки у різному обсязі.

- 1). **Валок 2Ц – 400*500:** 25 % від загального виробництва;
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** 45 % від загального виробництва;
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200.** 30 % від загального виробництва;

Розрахуємо обсяг виробництва для кожного виду поковок у тонах:

- 1). **Валок 2Ц – 400*500:** 2500 т / рік;
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** 4500 т / рік;
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200:** 3000 т / рік;

Розрахуємо необхідний час для виробництва повного обсягу для кожного валка:

- 1). **Валок 2Ц – 400 * 500:** $2500 \text{ (т)} / 1,3 \text{ (т/ч)} = 1923$ годин роботи преса;
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** $4500 / 1,26 = 3571$ годин роботи преса;
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200:** $3000 / 1,84 = 1630$ годин роботи преса.

Для того, щоб відкувати 7 тисяч тон поковок потрібен час роботи преса:

$$T = 1923 + 3571 + 1630,5 = 7124,5 \text{ годин.}$$

Річна норма роботи преса приблизно $7000 \div 7200$ годин на рік, отже, щоб відкувати необхідну нам кількість валків достатньо одного преса.

2.4.3.2 Технологія після реконструкції

Годинна продуктивність обладнання:

- 1). **Валок 2Ц – 400 * 500:** $H = 45$ хвилин.
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** $H = 45$ хвилин.
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200:** $H = 50$ хвилин.

Середній час виробництва 1 поковки = $(45+45+50)/3 = 47$ хвилин або 0,78 години.

$$\text{Середня вага 1 зливка} - (1,722 + 1,675 + 2,439) / 3 = 1,95 \text{ т.}$$

Розрахуємо годинну продуктивність преса: $1,95/0,78 = 2,5$ т/год.

- 1). **Валок 2Ц – 400 * 500:** $1,722 / 0,78 = 2,21$ т / год.
- 2). **Валок 2Ц-330*1200:** $1,675 / 0,78 = 2,15$ т / год.
- 3). **Валок 2Ц- 400*1200:** $2,439 / 0,78 = 3,13$ т / год.

$$\text{Середня годинна продуктивність} = (2,21 + 2,15 + 3,13) / 3 = 2,5 \text{ т/год.}$$

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Прес гідравлічний кувальний з нижнім розміщенням робочих циліндрів, зусиллям 12,5 МН

3.1.1 Технічна характеристика

Таблиця 3.1 - Прес вертикальний двоколонний

№	Найменування параметру		Од. вимір.	Величина
1	Номінальне зусилля		МН	12,5
2	Робоча рідина			Масло
3	Максимальний робочий тиск мастила		МПа	32,0
4	Тиск повітря в наповнювачі		МПа	0,3-0,4
5	Найбільший робочий хід рухомої траверси		мм	1250
6	Відстань від стола до рухомої траверси у верхньому її положенні		мм	2650
7	Ширина робочої зони поперек осі кування		мм	1900
8	Відстань між центрами колон		мм	3500
9	Розміри стола	Ширина	мм	1250
		Довжина	мм	3150
10	Номінальний рух стола		мм	1500
11	Число робочих рухів у хвилину (при руху поперечини до 165 мм)			20
12	Число шліхтовочних рухів у хвилину (при руху поперечини до 40 мм)			45
13	Маса установки		т	250
14	Максимальна вага преса	Станина	т	37
		Рухома траверса	т	16
15	Кількість ступеней			1
16	Точність ковки			±98-1,5
17	Встановлена потужність електродвигуна		кВт	1150
18	Габаритні розміри	В плані	мм	33000 15500
		Висота над рівнем пола	мм	4800
		Заглиблення під полом	мм	5000
19	Глибина фундаментного приямка		мм	7800

Прес з гідравлічним приводом від насосно – акумуляторної станції з тиском мастила 32 МПа та одним шаблом зусиллям 12,5 МН (рис. 3.1).

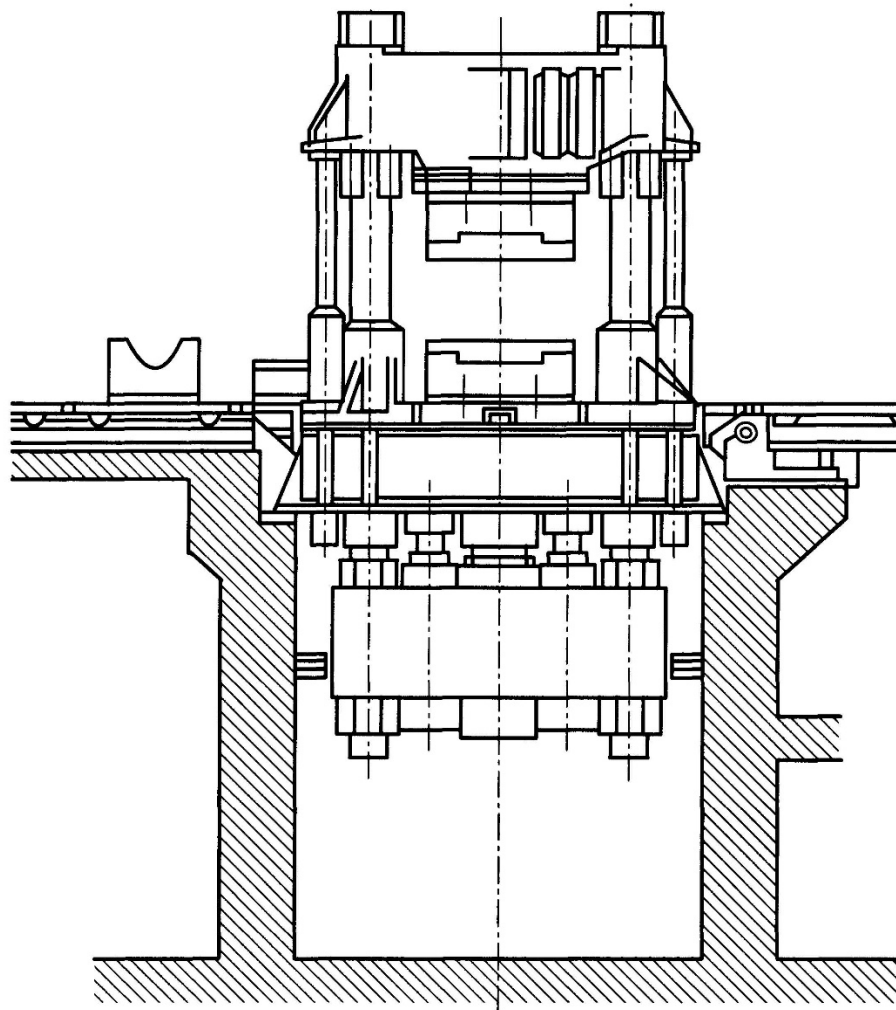


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема куваленого пресу зусиллям 12,5 МН з нижнім розташуванням робочих циліндрів

Прес призначений для виконання всіх операцій вільного кування, а також деяких операцій штампування, що не вимагають суворого напрямку рухомої траверси. Використовується для кування вуглецевих та високовуглецевих сталей та сплавів, кольорових металів та їх сплавів.

При куванні без осаджування на пресі можливо оброблення злитків вагою до 7 тон. Звичайним способом на пресі можна осаджувати зливки вагою до 4 тон.

Станина виконана з литих основ та боковин. На боковинах закріплені напрямні рухомої рами та столу.

Головні циліндри плунжерного типу передають робоче зусилля на рухому раму через сферичну п'яту, що запобігає передачі бічного зусилля при ексцентричному навантаженні на елементи циліндрів.

На середній частині станини встановлені циліндри зворотні плунжерного типу, плунжери яких кріпляться до кронштейнів рухомої рами.

До верхньої частини рухомої рами швидкодіючим притискним пристроєм кріпиться верхній бойок. Привід притискного пристрою пневматичного циліндра поршневого типу.

Стіл поперечний служить для подачі нижнього бойка або сокири, встановленого в корпусі нижнього бойка на висувний стіл, являє собою раму, що коливається, з встановленим циліндром поршневого типу для переміщення бойка.

У цій конструкції гідравлічного кувального пресу середня поперечка нерухома, а станина рухлива. У цьому випадку робочі та поворотні циліндри встановлені на нижній поперечині станини у підвальній частині ковальського цеху з вогнестійким перекриттям. Там розташований і насосний привід. В якості робочої рідини приводу можна застосовувати мінеральні мастила, оскільки при витoku вони не потраплять на розпечену заготовлю, завдяки чому виключається можливість пожежі.

Використання у якості робочої рідини мінерального мастила дозволяє встановлювати гідравлічний насосний безакумуляторний привід, що є важливою перевагою таких пресів, оскільки підвищується швидкохідність та зменшується витрата енергії порівняно з насосно-акумуляторним приводом. Одночасно покращується стійкість преса при куванні з ексцентричним додатком сил.

Підйом та опускання рами з циліндрами здійснюється також циліндрами поршневого типу. Стіл висувний сталевий литий, верхня поверхня якого має Т - подібні пази для кріплення інструменту (нижній бойок). Стіл пересувний

поворотний служить для повороту поковки на 180° і є візком, що переміщається рейками. Привід його здійснюється від електродвигуна через редуктор та гальмо. Привід преса від індивідуального масляного гідроагрегату.

Прес оснащений механізмом зміни нижнього бойка, механізмом притиску верхнього бойка та має можливість вбудовувати маніпулятор. У машині передбачено пристрій для збирання окалини.

Гідропневматична схема у поєднанні з електричною дозволяє пресу працювати в ручному, напівавтоматичному та автоматичному режимах. При ручному керуванні робота преса регулюється від ручки управління. При напівавтоматичному режимі прес працює так само, як і при ручному, проте зупинка рами за заданим розміром у нижній точці здійснюється автоматично.

При автоматичному керуванні переміщення рами в заданих межах, реверс у нижній і верхній точках ходу відбувається автоматично.

Всі рухомі деталі та вузли преса змащуються централізовано.

Конструкцією передбачено три режими роботи преса:

- нормальний режим,
- форсований режим,
- робота під дією ваги.

Перемикання режимів роботи здійснюється за допомогою поворотного гідравлічного розподільника – перемикача режимів.

При нормальному режимі роботи преса і під час роботи під дією ваги робочі циліндри заповнюються рідиною низького тиску, що забирається з наповнювача.

При форсованому режимі як холостий, так і робоча частина ходу вниз проводиться з використанням високого тиску рідини. До наповнювача приєднаний запобіжно-переливний клапан, який здійснює повернення відпрацьованої рідини в живильний бак насосно-акумуляторної станції.

При ході вниз робочі циліндри приймають рідину як з наповнювача, так і з акумулятора. Кількість рідини, прийнятої з акумулятора і що витісняється

при зворотному ході у наповнювач, є для наповнювача надлишком, який повинен бути повернений в поживний бак насосно - акумуляторної станції.

Це завдання і виконує запобіжно-переливний клапан. Наповнення робочих циліндрів при холостому ході вниз і витісненні з них рідини в наповнювач при зворотному ході, здійснюється за допомогою наповнювачів зливних клапанів, які при наповненні відкриваються автоматично, під дією напору наповнювача, а при зворотному ході примусово під дією зусилля сервомотора, що передається через систему важелів.

Управління рухами повзуна преса здійснює гідромеханічна система стежки. За такої системи повзун преса копіює рух рукоятки управління.

3.2 Міцнісні розрахунки основного обладнання

3.2.1 Розрахунок моментів інерції та опору станини преса

Визначимо моменти інерції та моменти опору необхідних перетинів станини (рис. 3.2):

- верхньої поперечки преса (перетин 1-1),
- колон преса (перетин 2-2),
- нижньої поперечки (перетин 3-3).

Перетин 1-1.

Момент інерції

$$J_{X_c-X_c} = J_0 - J_1 - J_2,$$

де: J_0 – момент інерції фігури ABCD,

J_1 - момент інерції фігури MNSP,

J_2 - момент інерції фігури HFKE.

$$J_0 = b \cdot h^3 / 12 = (AB \cdot BC^3) / 12 = (0.8 \cdot 1.5^3) / 12 = 0.225 \text{ м}^4,$$

$$J_1 = b \cdot h^3 / 12 = (SP \cdot PN^3) / 12 = (0.16 \cdot 1.5^3) / 12 = 0.045 \text{ м}^4,$$

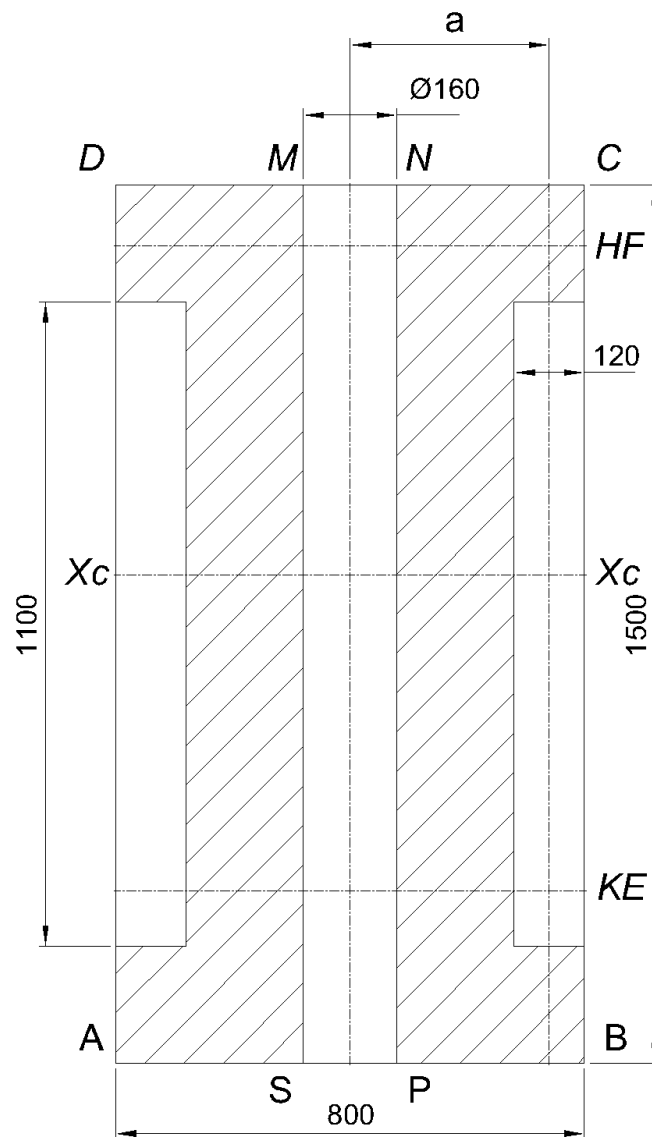


Рисунок 3.2 – Розрахунок моментів інерції у верхній поперечині пресу

$$J_2 = J_2' + a^2 A,$$

де J_2' - момент інерції прямокутника КЕНФ щодо власної осі,

a – відстань між осями,

A – площа фігури КЕНФ.

$$J_2 = \left| \frac{HF * HK^3}{12} \right| + a^2 * HF * HK = 0,12 * 1,1^3 / 12 + 0,34^2 * 0,12 * 1,1 = 0,0286 \text{ м}^4.$$

$$\text{Момент опору } W_x = \frac{J_{x_c} - x_c}{BC / 2} = \frac{0,123}{0,75} = 0,164 \text{ м}^4$$

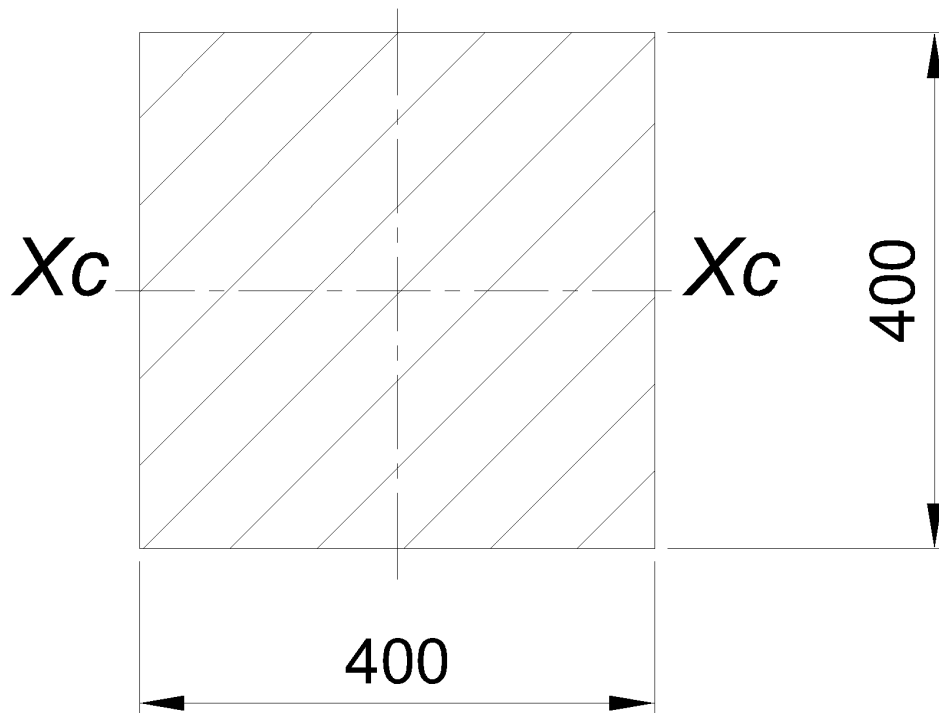
Перетин 2 - 2.

Момент інерції:

$$J_{x_c} - x_c = \frac{b^4}{12} = \frac{0.4^4}{12} = 2,13 * 10^{-3} \text{ м}^4$$

Момент опору:

$$W_x = \frac{b^3}{6} = \frac{0.4^3}{6} = 0.0106 \text{ м}^3$$

**Рисунок 3.3** – Розрахунок моментів у колонах пресу**Перетин 3 - 3.**

Знаходимо ординату центру тяжкості:
$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n S_i y_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

де: S_i - площа i -тої фігури, y_i - ордината центру тяжкості i -тої фігури,

$$S_1 = 0,6 + 0,2 = 0,12 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 1 + 0,035 = 0,35 \text{ м}^2;$$

$$Y_2 = 0,5 \text{ м}$$

$$Y_1 = 1,3 \text{ м},$$

$$y_c = \frac{0,12 * 1,3 + 0,35 * 0,5}{0,12 + 0,35} = 0,704 \text{ м}$$

$$J_{x_c} - x_c = 2J_1 + 2J_2,$$

$$\text{де } J_1 = J_{01} + a_1^2 S_1,$$

де: J_{01} - власний момент інерції фігури ДНKK',

a_1 - відстань між осями,

S_1 - площа фігури ДНKK'.

$$J_1 = \frac{0,2 * 0,6^3}{12} + 0,596^2 * 0,12 = 0,0462 \text{ м}^4$$

$$J_2 = J_{02} + a_2^2 S_2,$$

де J_{02} - власний момент інерції фігури КК'LSA.

a_2 - відстань між осями.

$$J_2 = \frac{0,35 * 1^3}{12} + 0,204^2 * 0,35 = 0,0437 \text{ м}^4,$$

$$J = 2J_1 + 2J_2 = 2(0,0462 + 0,0437) = 0,17 \text{ м}^4.$$

$$W_x = \frac{J}{Y_{\max}} = \frac{0,17}{0,896} = 0,19 \text{ м}^3.$$

3.2.2 Розрахунок станини преса на міцність

Епюра моментів приймає вигляд, де значення моментів визначається наступними виразами:

$$M_1 = \frac{P_n l Z}{4}, \quad \text{де } Z = H_1 / H,$$

$$M_2 = \frac{P_n B}{4} - M_1,$$

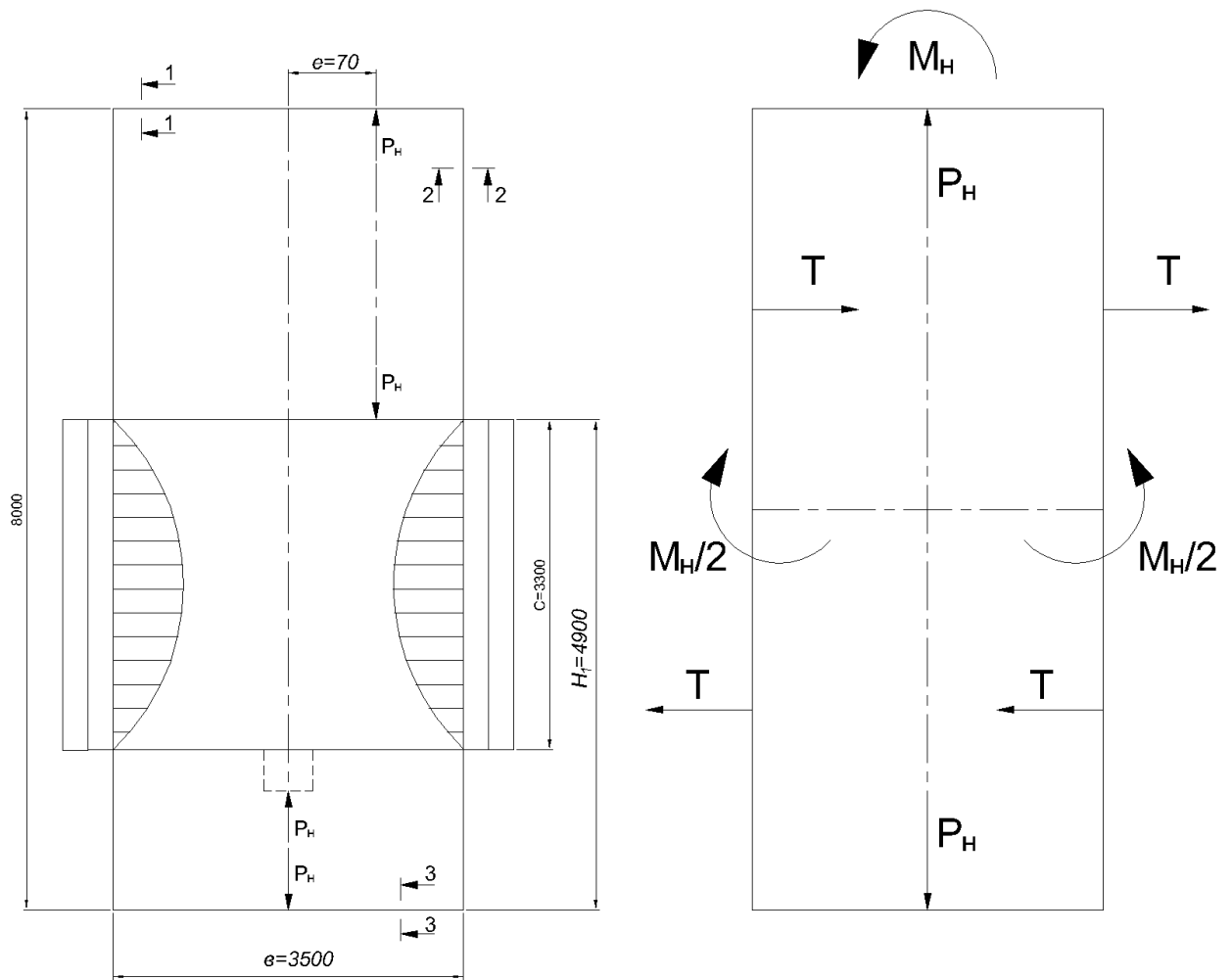


Рисунок 3.5 – Схема до розрахунку станини пресу на міцність

$$M_3 = M_1 + TC, \text{ де: } T = \frac{P_H l}{2C},$$

$$M_4 = M_1 - TC,$$

$$M_5 = M_4 + \frac{P_H B}{4},$$

$$P_H = 12,5 \text{ МН.}$$

$$M_1 = \frac{P_n l Z}{4} = \frac{l P_H H_1}{4H} = \frac{12,5 * 0,07 * 4,9}{4 * 8} = 0,134 \text{ МН} * \text{ м}$$

$$M_2 = \frac{12,5 * 3,5}{4} - 0,134 = 10,8 \text{ МН} * \text{ м},$$

$$M_3 = \frac{12,5 * 0,07}{2} + 0,134 = 0,57 \text{ МН} * \text{ м},$$

$$M_4 = 0,134 - \frac{12,5 * 0,07}{2} = -0,304 \text{ МН} * \text{м},$$

$$M_5 = -0,304 + \frac{12,5 * 3,5}{4} = 10,634 \text{ МН} * \text{м}.$$

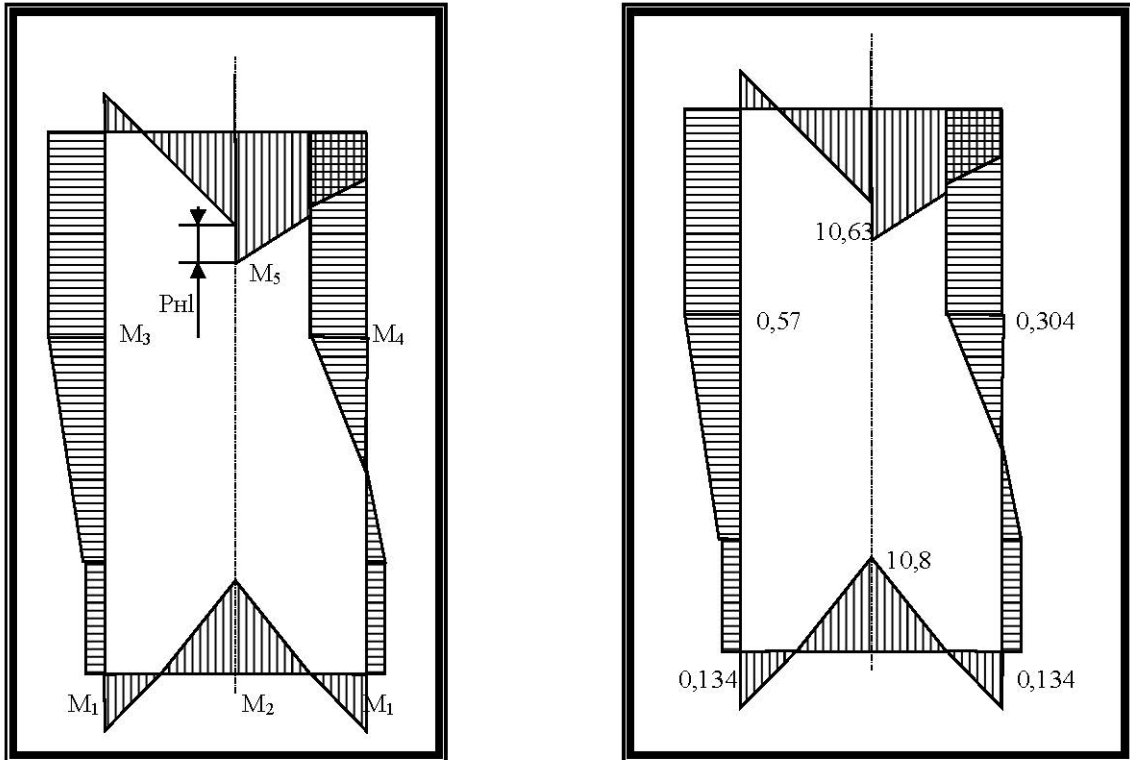


Рисунок 3.6 – Епюри згинальних та крутних моментів

3.2.3 Перевірка станини преса на міцність

Перетин 1-1.

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{10,63}{0,164} = 64,817 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Матеріал верхньої поперечки Сталь 35 $\Rightarrow \sigma_T = 360 \text{ МПа}$.

Умова міцності виконується.

Перетин 2-2.

Знаходимо сумарну напругу σ_Σ :

$$\sigma_\Sigma = \sigma_P + \sigma_n,$$

де σ_p – розтягуюче напруження,

σ_n - напруження згинання.

$$\sigma_n = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{0,57}{0,0106} = 53,77 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p = \frac{P_n}{2f_{\text{кол}}},$$

де $f_{\text{кол}}$ - площа перетину колони,

2 - кількість колон.

$$\sigma_p = \frac{12,5}{2 * 0,4^2} = 39,06 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\Sigma} = 53,77 + 39,06 = 92,83 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Матеріал колони Сталь 45 , $\sigma_T = 370 \text{ МПа}$,

Умова міцності виконується.

Перетин 3-3.

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{10,8}{0,19} = 56,84 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Матеріал верхньої поперечини Сталь 35 $\Rightarrow \sigma_T = 360 \text{ МПа}$.

Умова міцності виконується.

3.2.4 Розрахунок гідроциліндра пресу

Середній тиск у гідроциліндрі $P_{\text{ср}} = 32 \text{ МПа}$.

Розрахунок виконуємо за допомогою рівняння Ляме.

1. σ_r дорівнює при $r = r_b$:

$$\sigma_r = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} * \left(1 - \frac{r_H^2}{r^2} \right) = -P = -32 \text{ МПа},$$

при $r = r_H$:

$$\sigma_r = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} * 0 = 0.$$

$$1. \sigma_r = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} * \left(1 - \frac{r_H^2}{r^2} \right)$$

$$2. \sigma_t = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} * \left(1 + \frac{r_H^2}{r^2} \right)$$

$$3. \sigma_z = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2},$$

$$\text{де } r_H = \frac{d_H}{2} = 0,355 \text{ м,}$$

$$r_{\text{внр}} = \frac{d_{\text{внр}}}{2} = 0,23 \text{ м.}$$

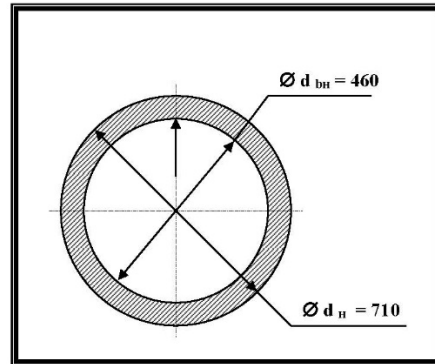
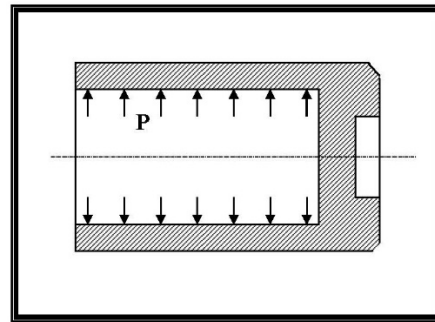


Рисунок 3.7 – Схема для розрахунку гідроциліндра преса

1. σ_t при $r = r_b$:

$$\sigma_t = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} * \left(1 + \frac{r_H^2}{r_b^2} \right) = \frac{32 * 0,355^2}{0,355^2 - 0,23^2} * \left(1 + \frac{0,355^2}{0,23^2} \right) \approx 186,53 \text{ МПа}$$

при $r = r_H$:

$$\sigma_t = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} = \frac{32 * 0,355^2}{0,355^2 - 0,23^2} = 2 * 55,149 \text{ МПа} = 110,298 \text{ МПа}$$

$$\sigma_z = \frac{Pr_b^2}{r_H^2 - r_b^2} = 55,149 \text{ МПа.}$$

За енергетичною теорією міцності еквівалентна напруга визначається за формулою [14, 15]:

$$\sigma_s = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_t - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2 + (\sigma_z - \sigma_t)^2}$$

при $r = r_H$:

$$\sigma_{\sigma 1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(186,53 - 55,149)^2 + (55,149 - (-32))^2 + (-32 - 186,53)^2} =$$

$$= 190 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\sigma 2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(110,2 - 55,149)^2 + (55,149 - 0)^2 + (0 - 110,2)^2} = 95 \text{ МПа}$$

Для виконання умови міцності

необхідно, щоб $\sigma_{\text{екв}} \leq 0,5\sigma_T$.

Матеріал гідроциліндра Сталь 35ЛХН

отже $\sigma_T = 460 \text{ МПа}$.

Вочевидь, що умови міцності

виконуються.

$$190 \text{ МПа} \leq 460 / 2 \text{ МПа},$$

$$95 \text{ МПа} \leq 460/2 \text{ МПа}.$$

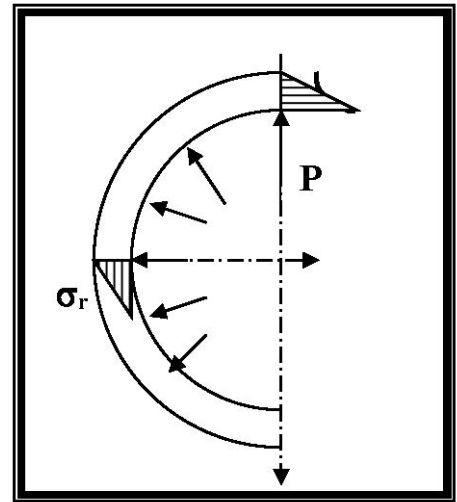


Рисунок 3.7 –Епюри згинальних моментів гідроциліндра преса

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Рівень механізації та автоматизації технологічного процесу, що проектується

Усі трудомісткі операції механізовані.

Проектом передбачено систему автоматичної сигналізації та контролю за ходом технологічного процесу. Налагодження обладнання, прибирання та чистота проводиться в ручну, оскільки їх складно механізувати.

4.1.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробництва

Таблиця 4.1 - Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей

<i>Операції технологічного процесу</i>	<i>Обладнання, що використовується</i>	<i>Потенційні небезпеки</i>	<i>Потенційні шкідливості</i>
Нагрівання металу до 1300°C	Камерна піч	Механічні та електричні пошкодження, Ймовірність вибуху, виникнення пожежі, термічні опіки.	Виділення CO і SO ₂ Надлишкове тепло, Q > 84 кДж/м ³ ·год, окалина
Транспортування зливків	Мостовий кран U =380 В	Враження електричним струмом, механічні травми, опіки	Високий шум > 85 дБ, Вібрація, Надлишкове тепло від поковки, окалина.
	Маніпулятор потужністю 5 и 10 МН	Механічні травми при русі маніпулятора, Враження електричним струмом, термічні опіки.	Надлишкове тепло від поковки, що переміщується. Окалина.
Кувальні операції	Прес зусиллям 12,5 МН	Механічні травми від металу, що можливо відлітає при куванні. Загоряння мастил при витіканні.	Теплове випромінювання Q > 84 кДж/м ³ ·год, Шум > 85 дБ, Вібрація.

4.1.2 Санітарно-гігієнічна характеристика цеху

Будівля цеху розташовується на рівній площадці без нахилів, з вільними під'їзними шляхами. Будівля належить до підприємств металообробної промисловості. Відповідно до санітарної класифікації СН 245-71 клас цеху V. Санітарно-захисна зона складає 50 метрів [20].

4.1.3 Тепловий обмін

Технологічний процес у цеху тісно пов'язаний з виділенням надлишкового тепла (понад 84 кДж/м³·год) від працюючих нагрівальних печей, від гарячого металу при посадці та куванні на пресах. Нагрівальні печі є джерелом виділення шкідливих речовин (продуктів згоряння, CO₂).

Для підтримки оптимальних метеорологічних параметрів та санітарно-гігієнічної характеристики повітряного середовища проектом передбачається загальнообмінна вентиляція цеху (аерація). З цією метою у зовнішніх стінах будівлі цеху передбачено два ряди припливних аераційних отворів (один ряд на висоті не більше 1,8 метра, інший на висоті чотири метри). Для природної витяжки на даху прольоту встановлено аераційний ліхтар. Для запобігання задуванню холодних мас повітря в цех у зимовий час на воротах встановлені теплові завіси. На постійних робочих місцях та у місцях відпочинку встановлені кондиціонери та вентилятори.

Для захисту повітряного середовища від продуктів згоряння та пилу, що утворюються під час технологічного процесу, проектом передбачено штучну вентиляцію з витяжкою безпосередньо від місць утворення шкідливих виділень (витяжні зони).

Спроектвана система повітрообміну дозволяє підтримувати на робочих місцях метеорологічні та санітарно-гігієнічні параметри повітряного середовища у межах ДСТУ 12.1.005-88.

Оптимальні метеорологічні параметри повітряного середовища для виконання робіт середньої тяжкості II вказані в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Метеорологічні параметри повітряного середовища

<i>Параметри</i>	<i>В теплий період</i>	<i>В холодний період</i>
Допустима температура, °С	20-22	17-19
Оптимальна вологість, %	40-60	40-60
Швидкість руху повітря, м/с	0,4	0,3

4.2 Охорона навколишнього середовища

4.2.1 Охорона повітряного та водного басейну

Забруднення повітряного та водного басейнів призводить до підвищення концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі та водах. При забрудненні повітря різко знижується рівень ультрафіолетової радіації, що негативно позначається на здоров'я людей.

Для виключення шкоди флорі та фауні, що завдається здоров'ю людей, при забрудненні водного та повітряного басейнів, повинні бути розроблені заходи щодо захисту водного та повітряного басейнів.

Вода в ковальсько - пресовому цеху застосовується для охолодження робочого інструменту і частин преса, що нагріваються. Виробнича вода забруднена в основному олією та окалиною. Водопостачання здійснюється за замкненою системою.

Залишковий вміст завислих речовин у відгалужених водах становить від 40 до 70 г/м³. Для очищення застосовують двоступінчасті відстійники. Ступінь очищення становить 88%. Час перебування води у відстійниках становить 1 - 1,5 хвилини, швидкість руху води 0,1 - 0,15 м/с. Для вторинного відгалуження

виробничих вод застосовують відстійники, розроблені Гіпромезом. Це є набір секцій, розміром 6 x 12 см, об'єднаних у блоки. Масло, що закипіло, за допомогою цільової труби направляють у спеціальну секцію. Гідравлічне навантаження на одну секцію відстійника становить 120 - 150 м³/год. Вода, використана для охолодження після проходження очищення у відстійниках, використовується повторно.

4.2.2 Утилізація відходів виробництва

Тепло газів, що відходять, утилізується в металевих рекуператорах теплового типу і використовуються для підігріву повітря, що подається до пальників печі.

Відпрацьована олія із системи гідроприводу преса регенерується та використовується вдруге.

Металеві відходи вирушають у сталеплавильний цех на переплав.

Виробниче сміття прибирають і відправляють на звалище [20].

ВИСНОВКИ

1. У загальній частині бакалаврської роботи наведена структура виробництва ковальсько-пресового цеху заводу «Дніпроспецсталь», що включає термічне відділення, пресові прольоти №№ 1 і 2, молотовий прольот. Наведено склад і характеристика основного і допоміжного обладнання цеху. Марочний, профільний і розмірний сортамент продукції цеху характеризується широким асортиментом.

2. Зазначено, що продуктивність обладнання і якість продукції, що виробляється, мають значні резерви (простої цеху через ремонт обладнання займають понад 50 % робочого часу). Обґрунтовано доцільність реконструкції цеху. Зокрема, передбачається заміна старого обладнання, яке застаріло морально і фізично і має велике фізичне зношування на новий швидкокувальний гідравлічний прес з нижнім розташуванням циліндрів зусиллям 12,5 МН виробництва ПАТ «Дніпропрес» (м. Дніпро), що більш ніж у 2 рази підвищить продуктивність цеху.

Крім того, передбачається встановлення на пресі бойків, що схрещуються, що набагато спрощує технологічний процес кування і значно підвищує годинну продуктивність пресу.

3. У технологічній частині визначено сортамент щодо виробництва валків холодної прокатки зі сталі 9Х2МФ на гідравлічному пресі зусиллям 12,5 МН. Наведено основні показники якості валків, будова зливків для кування, особливості технологічного виготовлення поковок.

4. Виконано розрахунок параметрів нової технології виробництва поковок прокатних валків із застосуванням кувальних бойків, що схрещуються. Наведено технологічні переходи ковки за новою технології та характеристика допоміжного інструменту, вимоги, що пред'являються до ковальсько-штампувальних машин, та вихідні дані для їх проектування.

Виконано розрахунок зусилля і продуктивності преса при виробництві прокатних валків за діючою і новою технологією.

5. У механічній частині наведено конструкцію і технічну характеристику вертикального двоколонного пресу зусиллям 12,5 МН. Виконано розрахунок моментів інерції та опору станини преса у різних перетинах, розрахунок станини преса і гідроциліндрів на міцність, наведено епюри згинальних та крутних моментів.

6. У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» наведено рівень механізації та автоматизації технологічного процесу, що проектується, аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробництва, санітарно-гігієнічна характеристика цеху.

7. У розділі «Охорона навколишнього середовища» наведено заходи щодо охорони повітряного та водного басейну, утилізації відходів виробництва.

8. Пояснювальна записка і демонстраційний матеріал оформлені відповідно до ДСТУ 8302 : 2015 і ДСТУ 3008 : 2015 [21, 22].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. George T. Halmos. Roll Forming Handbook. Taylor & Francis Group. 2006. Canada.
2. Wei-Wen Yu. Cold-Formed Steel Design- Third Edition- John Wiley and Sons, Inc. 2000. Canada.
3. Проценко В. М., Белоконь Ю. О. Технологія виготовлення гнутих профілів : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Обробка металів тиском" Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 104 с.
4. Yavtushenko A. V., Protsenko V. M., Belokon Yu. A., Bondarenko Y. V. Productivity Optimization of Cold Rolling Mills. Steel in Translation, 2020, Vol. 50, No. 5, pp. 335–339.
5. Проценко В. М., Бондаренко Ю. В., Явтушенко А. В. Технологія нагріву та нагрівальне обладнання в обробці металів тиском : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Металургія". Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 126 с.
6. Проценко В. М. Обтискне та сортове виробництво : методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Металургія". Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 51 с.
7. Проценко В. М. Технологія виготовлення гнутих профілів : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 136 "Металургія" освітньо-професійної програми "Обробка металів тиском". Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 45 с.
8. Ніколаєв В. О. Теорія обробки металів тиском : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 112 с.

9. Ніколаєв В. О. Теорія і технологія точної прокатки штаб : навчальний посібник для здобувачів ЗДІА металургійних спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 100 с.
10. Ніколаєв В. О. Теорія прокатки штаб : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 259 с.
11. Yavtushenko A. V., Protsenko V. M., Bondarenko Y. V., Kirichenko A. G., Ping F. Y. Numerical experiment for the calculation of normal contact stress in the deformation center when rolling a metal strip. *Journal of Engineering Sciences*, Volume 6, Issue 2 (2019), pp. E 31–E 35.
12. Проценко В. М. Прокатка листів та штаб : методичні вказівки до виконання практичних занять, контрольних робіт і самостійної роботи для здобувачів ЗДІА, що навчаються за спеціальністю 136 «Металургія» (спеціалізація «Обробка металів тиском») всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 67 с.
13. Ніколаєв В. О. Теорія та обладнання точної прокатки штаб: методичні рекомендації до виконання практичних завдань, контрольних і самостійних робіт для здобувачів ЗДІА напряму 8.0504104 "Обробка металів тиском". Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 52 с.
14. Проценко В. М. Теорія та технологія точної прокатки штаб : методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ЗДІА, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Обробка металів тиском» зі спеціальності 136 «Металургія», рівня вищої освіти «Магістр» денної і заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 40 с.
15. Проценко В. М. Профілювання валків листових станів : методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ЗДІА, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Обробка металів тиском» зі спеціальності 136 «Металургія», рівня вищої освіти «Магістр» денної і заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 42 с.

16. Серода Б. П., Проценко В. М. Виготовлення спеціальних видів прокату : навчально-методичний посібник для здобувачів ЗДІА спеціальності 7.090404 "Обробка металів тиском". Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 88 с.
17. Явтушенко О. В., Проценко В. М., Корнілов О. О. Розрахунок валків прокатних станів на міцність і деформацію у програмному комплексі «AutoCAD Mechanical». Металургія : Збірник наукових праць. Запоріжжя , 2018. Вип. 2 (40). С. 85 – 90.
18. Belokon Y., Yavtushenko A., Protsenko V, Bondarenko Y, Cheilytko A. Mathematical modeling of physical properties of anisotropic materials. Conference Proceedings – METAL 2020. 29th International Conference on Metallurgy and Materials. May 20 - 22, 2020, Brno, Czech Republic, EU. P. 440 – 445. <https://www.confer.cz/metal/2020/3500-mathematical-modeling-of-physical-properties-of-anisotropic-materials>. (Дата звернення: 15.09.2023).
19. Таратута К.В., Проценко В.М., Востоцький С.М. Комп'ютерне моделювання процесу волочіння сплавів на основі титану. IV Міжнародна науково-практична конференція Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2023). 25-26 травня 2023 року. Черкаси. С 40 – 42. https://fotius.cdu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/Book_IMTСК_2023.pdf. (Дата звернення: 15.09.2023).
20. Румянцев В. Р., Кутузова І. О. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань : навч. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 132 с.
21. ДСТУ 8302 : 2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 16 с. (Інформація та документація).
22. ДСТУ 3008 : 2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [На заміну ДСТУ 3008-95. Чинний від 2017-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1995. 26 с. (Інформація та документація).