

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра обробки металів тиском

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка технології вільного кування поковки круглого перетину
діаметром 300 мм зі сталі Х12МФ на пресі 63 МН»

Виконав: студент 5 курсу, групи МЕТ-17-3бз

Яковлев Андрій Андрійович _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності (напряму підготовки)

136 Металургія _____
(шифр і назва)

спеціалізація

_____ (шифр і назва)

освітньо-професійна програма

металургія _____
(шифр і назва)

Керівник _____ А. В. Явтушенко _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2022 року

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація до 15 слайдів (Мета та завдання роботи, Схема технології виробництва поковок в цеху, Схема гідравлічного пресу, Заходи щодо реконструкції, Деформаційні та енергосилові параметри прокатки, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
1	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	
2	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	
3	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	
4	Явтушенко А.В., доцент, к.т.н.	

7. Дата видачі завдання 27 січня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина		
2	Технологічна частина		
3	Механічна частина		
4	Охорона праці та техногенна безпека		
5	Реферат, Вступ, Висновки		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7	Підготовка презентаційного матеріалу		

Студент

А.А. Яковлев
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

А.В. Явтушенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 с., 15 рисунків, 3 таблиці, 28 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН в умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Мета кваліфікаційної роботи – розрахунок технологічних операцій, трудомісткості виготовлення поковок круглого перетину діаметром 300 мм зі сталі Х12МФ. Розробка маршрутної технології, проведення аналіз можливих видів браку готової продукції.

У даній роботі пропонується установка на гідравлічному кувальному пресі підйомно-поворотного столу. Застосування його забезпечує економію енергоносіїв і скорочення втрат металу унаслідок чаду. Також в роботі пропонується установка автоматизованої системи контролю і управління тепловим режимом нагрівальних печей, вона призначена для оперативного контролю основних параметрів і оперативного управління роботою печей з метою дотримання технологічного процесу нагріву і термообробки поковок, збору, обробки і зберігання значень технологічних значень технологічних параметрів.

КУВАННЯ, ДЕФОРМАЦІЯ, ПОКОВКА, ОБТИСК, ОСАДКА, ПРОТЯЖКА, ПРЕС, ЗЛИТОК, БОЙКИ, ПАРАМЕТРИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, НАГРІВАЛЬНА ПІЧ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Тип виробництва та склад ділянки.....	8
1.2 Загальна характеристика виробничого процесу на ділянці	10
1.3 Аналіз можливих видів браку готової продукції і методів по його ліквідації. Методи і засоби контролю якості продукції.....	11
1.4 Проектування технологічного оснащення.....	13
1.5 Механізація і автоматизація технологічного процесу.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Розробка креслень поковок і технічних умов на їх виготовлення.....	24
2.2 Розробка технологічних процесів кування.....	26
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	46
3.1 Завдання на проектування. Основні параметри і розміри.....	46
3.2 Обґрунтування конструкції преса, короткий опис пристрою.....	47
3.3 Силовий режим роботи преса: графік зусилля деформації, жорсткість системи, величина робочого ходу.....	48
3.4 Визначення якості робочих і поворотних циліндрів і їх параметрів.....	54
3.5 Вибір типу приводу преса, розрахунок настановної потужності насосів, електродвигунів, ККД преса.....	56
3.6 Розрахунок робочого циліндра преса.....	58
3.7 Розрахунок плунжерів.....	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	65
4.1 Характеристика ступеня безпеки ділянки вільного кування, рівня його механізації і автоматизації	65
4.2 Аналіз потенційних небезпек і шкідливих чинників виробничого середовища.....	66
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії.....	67

4.4 Заходи щодо техніки безпеки.....	74
4.5 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	78
4.6 Заходи щодо захисту навколишнього середовища.....	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	85

ВСТУП

Найбільш універсальним способом виробництва деталей із злитків є кування. Вільне кування - це процес, що забезпечує підвищення якості литого металу і отримання виробів необхідної форми. Багато металообробних підприємств мають в своєму складі цех або ділянку вільного кування. Вільне кування дозволяє одержувати заготовки і деталі масою від декількох кілограмів до сотень тонн розмірами від декількох сантиметрів до десятків метрів.

Основними напрямками розвитку сучасної технології кування є: підвищення точності і якості поковок, що випускаються, зниження витрати металу і трудомісткості їх виготовлення, збільшення продуктивності праці, вдосконалення організації ковальського виробництва. Гостро стоїть завдання комплексної механізації і автоматизації процесів вільного кування, повного виключення важкої ручної праці на всіх етапах виготовлення поковок.

Кування на гідравлічних пресах є одним з основних способів виготовлення поковок, особливо в умовах індивідуального і дрібносерійного виробництва. На гідравлічних кувальних пресах виготовляється близько 17% (по масі) всіх поковок. Кування є поки єдиною можливим способом отримання великогабаритних заготовок відповідального призначення: валів турбоагрегатів, колон гідравлічних пресів, ексцентрикових і колінчастих валів ковальсько-пресових машин, валків прокатних станів, дисків турбін, компресорів і інших. В деяких випадках кування використовують для виготовлення заготовок під подальше гаряче штампування, а також для отримання поковок, що не вимагають механічної обробки.

Розробка раціонального технологічного процесу кування вимагає обліку стану і якості початкового металу, підбору необхідної величини деформації, температурного поля зони деформації і відповідного інструменту, що забезпечує належне опрацювання металу.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Тип виробництва та склад ділянки

Річна виробнича програма є початковою величиною для виконання дипломного проекту по проектуванню ділянки вільного кування ковальсько-пресового цеху на базі електрометалургійного заводу ПрАТ «Дніпроспецсталь» і складає двадцять тисяч тонн поковок.

Ковальсько-пресовий цех призначений для виробництва великогабаритних поковок з конструкційної, легованої і жароміцних сталей. Плановий об'єм виробництва по цеху 35 тисяч тонн в рік. Окрім поковок цех випускає до 100 тонн заготовки для ковальського, прокатного цехів і відділу головного механіка. На сьогодні цех обробляє, в основному, вуглецеві і низьколеговані сталі, до 95-98% оброблюваного металу піддається різним видам термообробки згідно вимогам замовника. Сортамент цеху включає поковки круглого, квадратного, прямокутного перетину, а також поковки типу шайби.

Різноманіття оброблюваних марок сталей і розмірів поковок спричиняється дрібносерійний тип виробництва.

Для виготовлення поковок в ковальсько-пресовому цеху встановлені два гідравлічних преса з номінальним зусиллям 63 МН і 32 МН. У дипломному проекті розробляється ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН. Розмірний сортамент ділянки наступний:

- круг 250÷ ÷ 550 мм, $l = 1000\div \div 6000$ мм;
- квадрат 200÷ ÷ 400 мм $l = 1000\div \div 4000$ мм;
- смуга товщина - 120÷ ÷ 300 мм, ширина - 300÷ ÷ 800 мм, довжина - 1000÷ ÷ 4000 мм;
- шайби діаметр - 415-700 мм, висота - >400 мм.

Функціонально цех можна розділити на декілька ділянок:

- ділянка нагрівальних пристроїв (накопичувальні печі);
- ділянка гідравлічного преса 6000 тонн;
- ділянка гідравлічного преса 3200 тонн;
- термічне відділення (печі для термообробки);
- ділянка ад'юстажа (зачистка, обдирання);
- ділянка правки металу.

Склад злитків розташований поблизу залізничного в'їзду і нагрівальних пристроїв, склад металовідходів - близько преса. Склад кувального інструменту розташований близько кувального преса, склад вогнетривів - поблизу нагрівальних печей. У цеху є склад готової продукції, ремонтно-механічна майстерня. Службово-побутові приміщення розташовуються в торці будівлі цеху.

Злитки поступають в ковальсько-пресовий цех із сталеплавильних цехів залізничним транспортом і розвантажуються на майданчик складування злитків. Потім злитки передаються до нагрівальних пристроїв і, після нагріву, до пресу для деформації. Після завершення процесу деформації заготовки подаються на завантаження в печі або на майданчик для охолодження. Для подальших обробних операцій поковки передаються на ділянку ад'юстажа. Готова продукція відвантажується залізничним транспортом на центральний склад готової продукції або замовнику. Заготовки ковальсько-пресового цеху відвантажуються також в ковальський і прокатний цехи. Металовідходи, що виникають в процесі виробництва, збираються в коробах на складі металовідходів, а потім відвантажуються в сталеплавильні цехи на переплавку.

Ділянка вільного кування для виробництва великогабаритних поковок на кувальному гідравлічному пресі зусиллям 63 МН розташовується в одноповерховій чотирьох пролітній будівлі каркасного типу. Будівля цеху має сталевий каркас.

1.2. Загальна характеристика виробничого процесу на ділянці

Початковими заготовками для подальшого переділу на ділянці є злитки конструкційної, інструментальної і жароміцних сталей, що поступають із сталеплавильних цехів, і заготівки цеху порошкової металургії:

- злитки відкритої дугової виплавки квадратного перетину масою від 3.64 до 7.4 т;
- злитки електрошлакової переплавки круглого перетину діаметром 800 мм і масою 5.8 т і квадратного перетину масою 4.0 т;
- пресовки цехи порошкової металургії масою 1870 кг круглого перетину.

Типові технологічні процеси, що виконуються в ковальсько-пресовому цеху характеризуються двома схемами:

1. Надходження злитка → → Накопичення → → Кування заготівки → → Термообробка → → Кування сорту → → Термообробка → → Ад'юстаж → → Різання → → Упаковка → → Відвантаження.

2. Надходження злитка → → Накопичення → → Кування сорту → → Термообробка → → Ад'юстаж → → Різання → → Упаковка → → Відвантаження.

Як основне технологічне устаткування ділянки виступає гідравлічний прес зусиллям 63 МН. Як технологічне оснащення використовуються кувальні бойки (плоскі і вирізні) і осадкові плити.

Ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН є ділянкою з високим ступенем механізації. Механізовані процеси нагріву заготовок і кування на гідравлічному кувальному пресі. Завантаження, вивантаження і подача нагрітого металу до кувального пресу здійснюється за допомогою електромостових кранів, шаржир-машини, машини, підлогового садчика. При куванні на гідравлічному пресі механізовані такі технологічні і транспортні операції: подача нагрітої заготівки до пресу, видалення поковки від преса здійснюється за допомогою шаржир-машини; кування на пресі

здійснюється за допомогою кувального маніпулятора МК10-66 вантажопідйомністю 10 тонн.

1.3. Аналіз можливих видів браку готової продукції і методів його ліквідації. Методи і засоби контролю якості продукції

Брак в результаті нагріву.

Невиділена окалина - шар окисленого металу на поверхні заготовки. Приводить до утворення вм'ятин на поковках із-за втискування в метал.

Перегрів - це зростання зерен в сталі і пониження механічних властивостей в результаті нагріву до температур, що перевищують допустиму. Характеризується наявністю грубозернистої структури. Перегрів виправляють нормалізацією, відпалом або поліпшенням.

Перепал - це окислення або оплавлення меж зерен в сталі в результаті тривалого нагріву при високих температурах. Характеризується втратою пластичності і появою тріщин при куванні. Перепал є непоправним дефектом.

Утворення знеуглецьованого шару на поверхні заготовок - це дефект, що виникає в результаті вигорання вуглецю в поверхневих шарах поковки. Щоб уникнути появи знеуглецьованого шару нагрів можна вести з надміром кисню. При цьому окислення йде швидше, ніж знеуглецьовання, і після видалення окисленого шару на поверхні поковки не буде знеуглецьованого шару.

Брак в результаті недотримання встановленого технологічного процесу.

Зовнішні тріщини або дрантя. Виникають із-за неякісного початкового злитка, неякісного нагріву, швидкого охолодження і кування при низьких температурах.

Внутрішні розриви. Виникають унаслідок неправильного процесу кування.

Наклепання - зміцнення поверхневого шару поковки в результаті закінчення кування при низьких температурах. Не усунене термообробкою наклепання може привести до підвищеного викривлення.

Недостатній уков - наявність в поковке грубозернистої литої структури.

Вм'ятини. Виникають із-за недбалої роботи або як сліди від поковки окалини, що втиснула в тіло.

Невитримані розміри: відхилення від заданих розмірів, збільшення або зменшення полів допусків, овальність, перекис.

Невитримані показники якості: відхилення від заданих ДСТ або ТУ межі міцності, межі текучості, відносного подовження, ударної в'язкості і твердості на пробах, відрізаних після термічної обробки.

Якість поковок визначає точність їх геометричних форм і розмірів, механічні властивості, структуру і відсутність поверхневих і внутрішніх дефектів. Отримання високоякісних поковок залежить від правильної розробки їх креслень, проектування і виконання технологічного процесу кування, а також від організації роботи технічного контролю, в завдання якого входить не тільки виявлення, але і попередження браку.

Разом з виробничими операціями в технологічні карти вносять операції контролю, які розробляють технологи, що проектують технологічний процес. Об'єктом контролю є метал, що поступає на ділянку, контрольований на відповідність по хімічному складу і сортаменту, і температурні режими кування. Приймання по фізико-механічних властивостях і хімічному складі проводиться після отримання від ЦЗЛ результатів контрольних випробувань, які проводяться не пізніше за 72 години з моменту надходження проб.

При виявленні недоброякісної продукції або некомплектності устаткування цех-одержувач складає цей матеріал окремо, навішує бирку з вказівкою найменування вантажу, його кількості, номера вагонів і залізничної накладної, дати надходження і забракований.

Звітними документами ОТК, що відображають якість продукції, є:

- добові рапорту по виплавці і переділу продукції по цехах;
- цехові журнали по браку за добу (з наростаючим браком);
- місячні, квартальні і річні статистичні звіти за якістю по цехах із записками, пояснень, до ним.

Змінні журнали обліку заповнюються контролерами ОТК, в яких заносяться наступні дані:

- дата і зміна, в якій проводиться продукція
- номер плавки, партії;
- марка стали;
- позначення нормативної документації, відповідно до якої виготовляється продукція;
- кількісні і якісні показники відповідно до конкретного етапу виробництва.

Зміст, послідовність і метрологічне забезпечення фактичного виконання технологічних операцій реєструється в таких документах, як плавильна карта, робоча карта стану, карта відпалу.

Вибір методів контролю визначається вимогами технічних умов на поковки. До загальних методів контролю відносяться: зовнішній огляд і перевірка розмірів, механічні випробування зразків, дослідження мікро- і макроструктури. До спеціальних методів контролю відноситься ультразвукова і рентгенівська дефектоскопія.

1.4. Проектування технологічного оснащення

Інструмент для вільного кування підрозділяють на три групи:

1. Основний технологічний інструмент: бойки, плити для осідання, облямовування, прошивки, кільця, розкочування, куточки, пережимки, обтискання, сокири;
2. Що підтримує інструмент: кліщі, стійки, патрони;

3. Мерительний інструмент: кронциркулі, косинці, нутроміри, лінійки, калібри, шаблони.

Інструмент підрозділяють на універсальний і спеціалізований.

Вибір і застосування основного технологічного інструменту залежить від форми і розмірів поковок, марки сталі, що деформується, характеру виробництва, прийнятої технологічної схеми кування і інших чинників.

Для технологічних процесів, що розробляються, використовується наступний технологічний інструмент: бойки (плоскі і вирізні), сокири. Висота бойків визначається конструктивно з урахуванням нижнього положення траверси. Довжина бойків також визначається конструктивно. Поковки квадратного і прямокутного перетину куються із застосуванням плоских бойків. Вирізні бойки нижній і верхній використовуються тільки для остаточного оформлення круглого перетину з квадратного на останньому переході кування поковок круглого перетину.

Технологічний інструмент і пристосування, що піддаються нагріву при експлуатації, слід періодично контролювати по твердості і, при необхідності, піддавати повторній термічній обробці.

1.5. Механізація і автоматизація технологічного процесу

Механізація процесів вільного кування виключає застосування важкої праці на всіх етапах виготовлення поковок, підвищує продуктивність і точність кування. Вибір засобів механізації процесів вільного кування залежить в основному від виробництва, максимального і мінімального розважування поковок.

Ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН є ділянкою з високим ступенем механізації. При високому ступені механізації всі основні і допоміжні операції процесу виготовлення поковки виконуються за допомогою спеціальних механізмів, керованих робочими на кожній окремій ділянці кувального агрегату.

Завантаження, вивантаження і подача нагрітого металу до кувального пресу здійснюється за допомогою електромостових кранів, шаржир-машини, машини, підлогового садчика. Як пристосування до них використовують кліщі і ланцюги. Вибір засобів механізації визначається типом нагрівальної печі і масою заготовок. При посадці заготовок в камерну піч із стаціонарним черенем застосовується шаржир-машина вантажопідйомністю 5 тонн. При посадці заготовок в печі з черенем, викочування, використовують електромостовий кран з підвісними кліщами.

При куванні на гідравлічному пресі механізовані такі технологічні і транспортні операції: подача нагрітої заготовки до пресу, видалення поковки від преса здійснюється за допомогою шаржир-машини; кування на пресі здійснюється за допомогою кувального маніпулятора МК10-66 вантажопідйомністю 10 тонн. Маніпулятор здійснює подачу заготовки, її утримання і кантівку в процесі кування. Також механізовані видалення металовідходів від преса, подача інструменту і зміна кувальних бойків.

Кувальний рейковий повноповоротний маніпулятор вантажопідйомністю 10 тонн призначений для механізації процесів вільного кування у гідравлічного преса.

Технічна характеристика і основні параметри маніпулятора МК10-66:

Вантажопідйомність, т	10
Найбільший вантажний момент, т	25
Діаметр розкриття кліщів без вкладишів;	
найбільший, мм	800
найменший, мм	480
Ширина колії візка, мм	4000
Діаметр кола повороту кліщів, мм	1900
База маніпулятора, мм	4400
Вага маніпулятора, кг	90000
Габаритні розміри:	
довжина, мм	8435
ширина, мм	4950
висота, мм	4225
Загальна потужність електродвигунів, кВт	122,6
Система мастила	централізована

Кувальний маніпулятор МК10-66 оснащений механізмами, які забезпечують необхідні рухи із злитком під час кування і транспортування.

Захоплення злитка, підйом, опускання, нахили вгору і вниз, вирівнювання його осі в горизонтальне положення здійснюється гідрофіцированими механізмами приводу кліщів, підйому і вирівнювання хобота. Переміщення заготовки уздовж осі кування (уперек бойок), поворот в горизонтальній площині і обертання навколо подовжньої осі вліво і управо здійснюється механізмами пересування, повороту верхньої рами з хоботом і обертання кліщів, що мають електромеханічні приводи редукторів.

Гідравлічний привід кліщів містить газовий акумулятор з автоматичною підтримкою тиску при тривалому утриманні заготовки в кліщах. Гідропривід затиску кліщів складається з поршневого насоса з електромагнітним управлінням, акумуляторної установки, манометра, електроконтакта, реверсивного золотника з електромагнітним управлінням, манометрів, зворотного клапана, електродвигуна і маслобака. Поршневий насос управляється 4-х ходовим електромагнітним золотником, встановленим на корпусі насоса. Тиск масла, що нагнітається, настраюється розвантажувальними клапанами в корпусі насоса. Продуктивність насоса регулюється наполегливими гвинтами, поміщеними в кришках насоса. До магістралі затиску кліщів приєднана спеціальна акумуляторна установка, що складається з азотного балона, поршневого роздільника, вентилів і запобіжного клапана. Акумуляторна установка забезпечує тривале утримання злитка в кліщах при відключеному насосі у за рахунок тиску масла в роздільнику, що створюється стислим азотом.

Гідравлічний циліндр поршневого типу через складений шток передає поступальну ходу повзуну кліщової головки. При подачі масла в одну з порожнин здійснюється затиск або розкриття кліщів. Циліндр через кільце прикріплений до зубчатого колеса механізму вирівнювання кліщів і обертається одночасно з ним. Управління роботою циліндра здійснюється за

допомогою розподільних золотників, керованих командо-контролером з кабіни.

Живлення гідросхеми механізмів вирівнювання і підйому хобота проводиться від плунжерного насоса з електромагнітним управлінням.

Механізм пересування маніпулятора призначений для прямолінійного пересування моста маніпулятора по рейковому шляху, змонтованому на фундаменті. Він виконаний двостороннім. Всі чотири колеса приводні, жорстко закріплені на осях, які змонтовані на підшипниках кочення в нижній частині моста маніпулятора. Ходові колеса циліндрові з двома ребордами.

Механізм повороту башти маніпулятора складається з електродвигуна, гальма, редуктора, відкритої зубчатої передачі і напоєгливих кульових підшипників.

Хобот з механізмами є зварною рамою у вигляді коробки, на якій змонтовані механізми обертання і затиску кліщів, кліщова головка, горизонтальний і два вертикальні амортизатори. Передня частина рами має оборотні приливи, якими вона входить в башти, напрямних маніпулятора. Через вертикальні амортизатори і тягу рама хобота сполучена з механізмами підйому. Обертання хобота маніпулятора здійснюється за допомогою двох редукторів: спеціального і планетарного.

Кліщова головка встановлюється на конічній поверхні мундштука і закріплюється роз'ємним хомутом. Вона є системою важелів, розташованих на осях в литому корпусі.

У редукторах передбачені фрикційні запобіжні пристрої, що забезпечують безаварійну роботу механізмів пересування, повороту і обертання кліщів.

Управління маніпулятором за допомогою командо-контролерів проводиться з кабіни, розташованої на маніпуляторі.

Електроживлення подається за допомогою тролів, розміщених в траншеї уздовж рейкового шляху.

Всі рухомі елементи механізмів закриті або забезпечені кожухами. У них передбачені кришки і дверці для обслуговування механізмів. Маніпулятор забезпечений майданчиками з драбинами для обслуговування частин, що вимагають огляду. Кабіна і пульт обладнані так, що можна сидячи управляти механізмами і вести кування, забезпечуючи безпеку при русі маніпулятора. Для захисту оператора від окалини і теплового випромінювання в кабіні змонтований прозорий щиток. Для подачі сигналів під час роботи на маніпуляторі встановлений дзвінок.

Шаржир-машина вантажопідйомністю 5 тонн мостового типу з повною поворотною технікою призначена для виконання всіх допоміжних операцій на ділянці вільного кування, пов'язаних з передачею і транспортуванням заготівки, де необхідно обслуговувати печі, які стоять в одному ряду:

- посадка злитків і заготовок в нагрівальні печі;
- винесення з печей і подача нагрітого металу до пресу;
- транспортування поковок від преса до місця складування.

Шаржир-машина складається з двох головних вузлів: моста з механізмом для його пересування і з шаржир-візка з хоботом і кліщами.

Технічна характеристика:

Вантажопідйомність, т	5
Ширина колії моста, мм	8900
Ширина головки рейки, мм	100
Ширина колії візка, мм	3000
Діапазон затиску кліщів, мм	160-800
Габаритні розміри:	
довжина моста, мм	10200
ширина моста, мм	6800
висота машини, мм	3700
Діапазон повороту кліщів, мм	14200
Максимальний виліт кліщів від середини рейки, крана:	
на стороні печей, м	5600
на протилежній стороні, мм	5000
Вага візка в зборі, кг	45860
Вага моста і механізму його переміщення в зборі, кг	29540
Загальна вага машини, кг	80300

Машина пересувається по рейковому шляху, прокладеному поряд печей. При цьому максимальний діапазон переміщення обмежується за допомогою кінцевих вимикачів і, окрім цього, підпружиненими буферами. По всій довжині пересування електричний струм проводиться по тролейним дротах і клепанним токоз'ємними, прокладеним під підлогою цеху.

Управління машиною проводиться за допомогою командо-контролерів і кнопочного пристрою, встановлених на поворотній платформі візка. Машина оснащена звуковим сигналом і виконує наступні види руху:

- пересування моста в обох напрямках;
- пересування візка в обох напрямках;
- поворот платформи на 360° в будь-якому напрямі;
- обертання хобота на 45° навколо його подовжньої осі в обох напрямках;
- підйом і опускання кліщів;
- відкриття і закривання кліщів.

При роботі дотримується необхідна послідовність операцій.

При куванні довгих заготовок типу валів і брусів часто потрібно розвернути поковку на 180° після виконання операції протяжки одного з кінців. У технологічному процесі, що розробляється в дипломній роботі, другою операцією є протяжка заготовки без цапфи, яка прикувалася на подальших операціях. На базовому підприємстві неможливо виконати цю операцію за одне винесення, оскільки за час розвороту заготовки на 180° за допомогою електромостового крана температура заготовки опускається до нижнього значення температурного інтервалу кування. Тому дана операція виконується за два винесення.

У даній дипломній роботі пропонується установка на гідравлічному кувальному пресі підйомно-поворотного столу. Підйомно-поворотні столи вмонтовуються між рейками маніпулятора в спеціальному поглибленні. У неробочому положенні призма (рис. 1.1) знаходиться на рівні підлоги, щоб не заважати подовжньому переміщенню маніпулятора. При подачі стислого

повітря в нижню поршневу порожнину пневмоциліндра 2 поршень 1 піднімається у верхнє робоче положення. Заготівка укладається на призму 3 і за допомогою хобота маніпулятора розгортається на 180° . Після розвороту викований кінець заготівки захоплюється кліщами маніпулятора, а стіл опускається в нижнє неробоче положення при подачі стислого повітря у верхню штокову порожнину пневмоциліндра.

Застосування підйомно-поворотного столу дозволяє виконувати першу операцію протяжки за одне винесення, що забезпечує економію енергоносіїв і скорочення втрат металу унаслідок чаду.

Разом з механізацією і автоматизацією процесів вільного кування важливо забезпечити автоматизоване управління нагрівом злитків і заготовок. У даній дипломній роботі пропонується установка автоматизованої системи контролю і управління тепловим режимом нагрівальних печей. Автоматизована система контролю і управління призначена для оперативного контролю основних параметрів оперативного управління роботою печей з метою дотримання технологічного процесу нагріву і термообробки поковок, збору, обробки і зберігання значень технологічних параметрів.

Автоматизована система контролю і управління забезпечує:

- централізований контроль теплового режиму печей;
- вимірювання, обробку, відображення, реєстрацію параметрів в реальному режимі часу і їх зберігання;
- автоматичне регулювання параметрів теплового режиму печей;
- сигналізацію при відхиленні параметрів і показників теплового режиму печей.

Результатом використання даної системи є підвищення техніко-економічних показників роботи нагрівальних печей: забезпечення стабільного теплового режиму печей, зменшення собівартості продукції і підвищення якості, полегшення праці обслуговуючого персоналу.

Автоматизована система контролю і управління вирішує наступні задачі:

- контроль температури при посадці металу в печі;
- контроль рівномірності температурного поля;
- контроль температури повітря і диму за рекуператором;
- контроль температури природного газу;
- контроль температури металу при видачі з печі;
- контроль тиску повітря перед рекуператором;
- контроль тиску газу перед піччю;
- контроль витрати газу на піч в цілому;
- регулювання температури;
- регулювання співвідношення «газ-повітря»;
- регулювання тиск в робочому просторі печі.

Автоматизована система контролю і управління виконана на базі програмно-технічних засобів (контролер, станція оператора) і засобів локальної автоматики (датчики температури і перепаду тиску, перетворювачі тиску пускачі, виконавчі механізми). З панелі оператора задаються значення температури нагріву, тиск в робочому просторі печі.

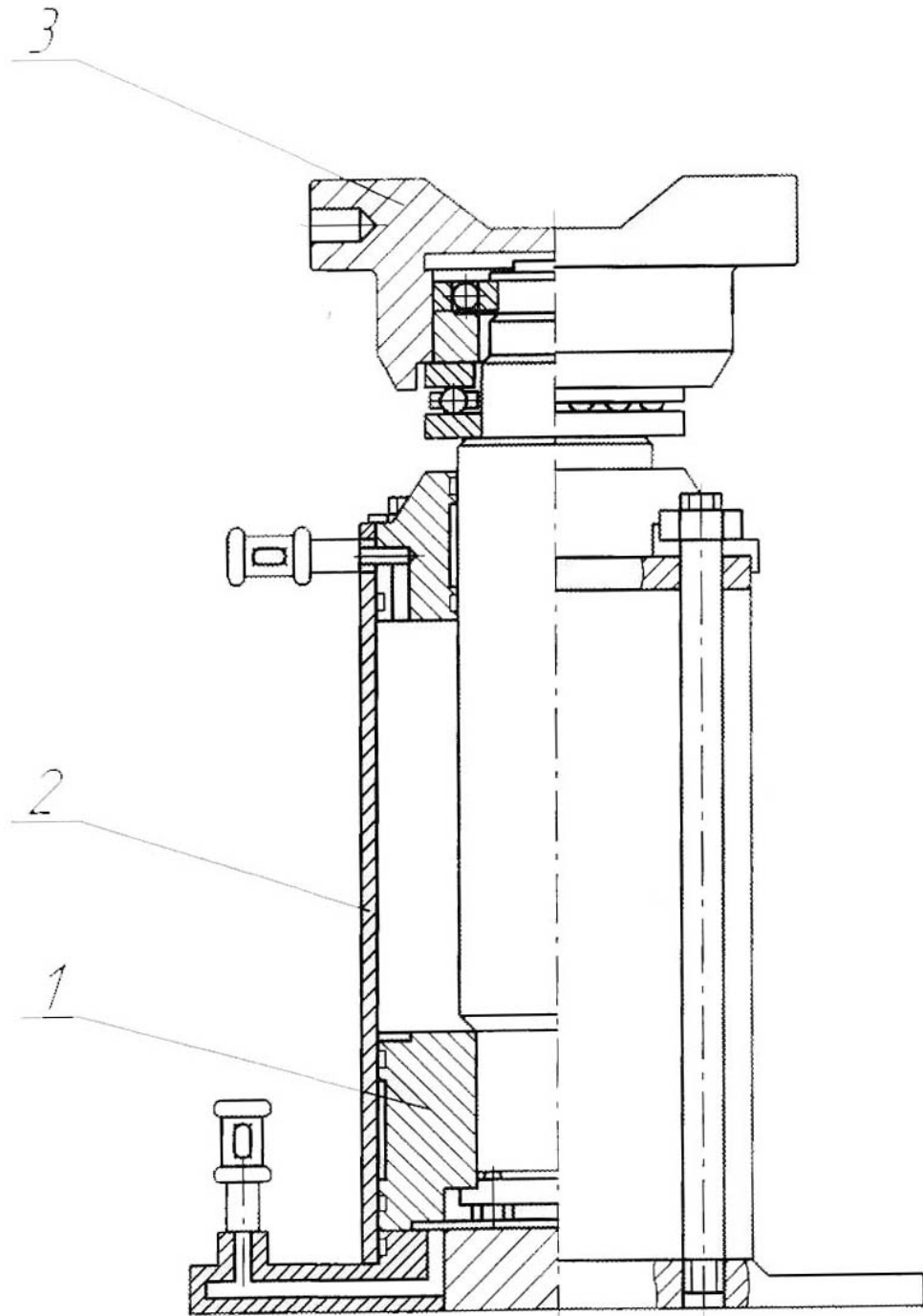
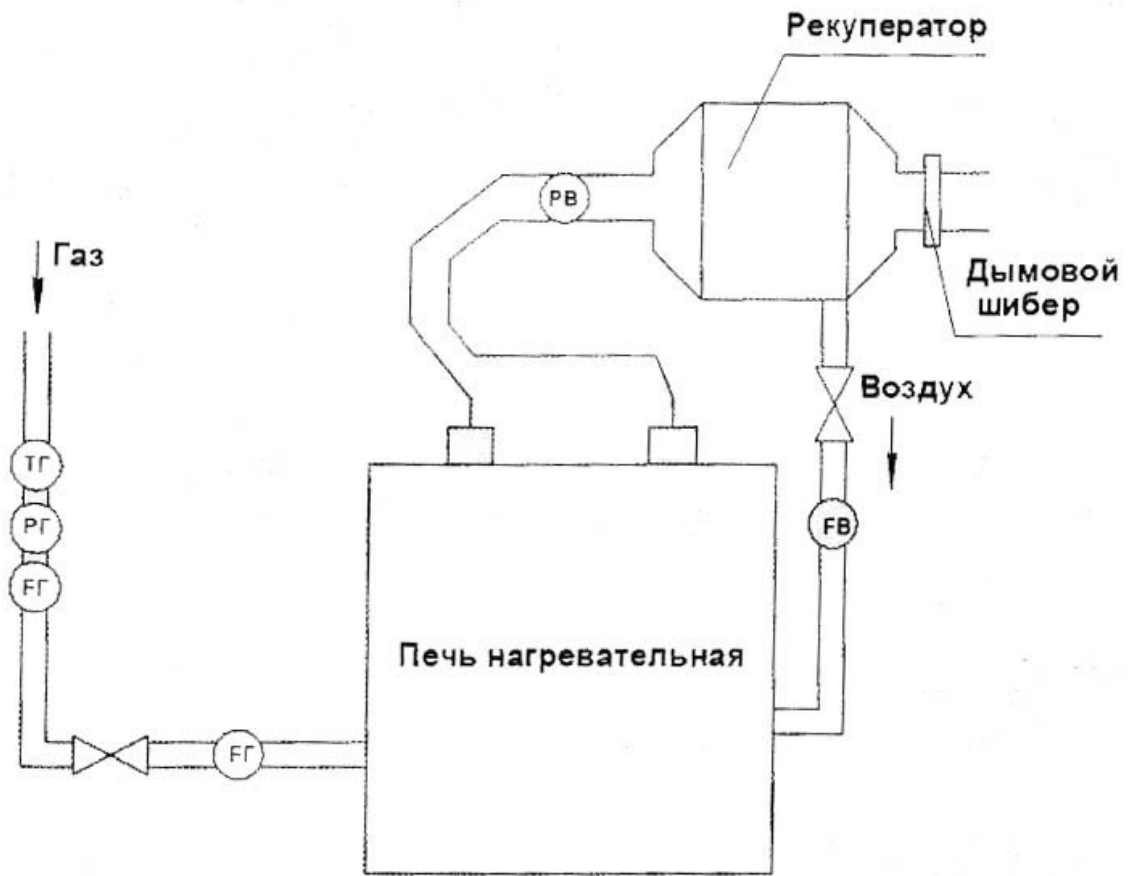


Рисунок 1.1 - Підйомно-поворотний стіл для розвороту злитків і
ПОКОВОК.



ТГ - датчик контролю температури природного газу;

РГ - датчик контролю тиску газу перед піччю;

FG - датчик контролю витрати газу;

FB - датчик контролю витрати повітря;

PВ - датчик контролю тиску повітря перед рекуператором.

Рисунок 1.2 - Схема печі з автоматизованою системою контролю і управління.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Розробка креслень поковок і технічних умов на їх виготовлення

У дипломному проекті розробляється технологічний процес отримання поковок методом вільного кування. Як деталі докладної розробки вибрані поковки наступних розмірів: поковка круглого перетину $\varnothing 300$ мм завдовжки 4000 мм. Матеріалом поковок є сталь Х12МФ ГОСТ 5950-73.

Креслення поковки складають на підставі креслення готової деталі або креслення обробленої поковки, що поставляється замовнику; при цьому встановлюють припуски на механічну обробку, допуски на кування і при необхідності напуск на поковку. Припуски на обробку і допуски на кування, а також умови утворення уступів, виїмок, фланців, буртів для пресових поковок регламентовані ГОСТ 7062-79.

Розміри поковки круглого перетину визначаються по наступних залежностях

$$D_n = (D + \delta) \pm \frac{\Delta}{2}, \quad (2.1)$$

де D_n - діаметр поковки з припуском, мм;

D - розмір виробу, мм;

δ - припуск, мм;

$\pm \frac{\Delta}{2}$ - граничні відхилення, мм.

$$L_n = (L + 3 \cdot \delta) \pm \frac{3\Delta}{2}, \quad (2.2)$$

де L_n – довжина поковки з припуском, мм;

L – довжина виробу, мм.

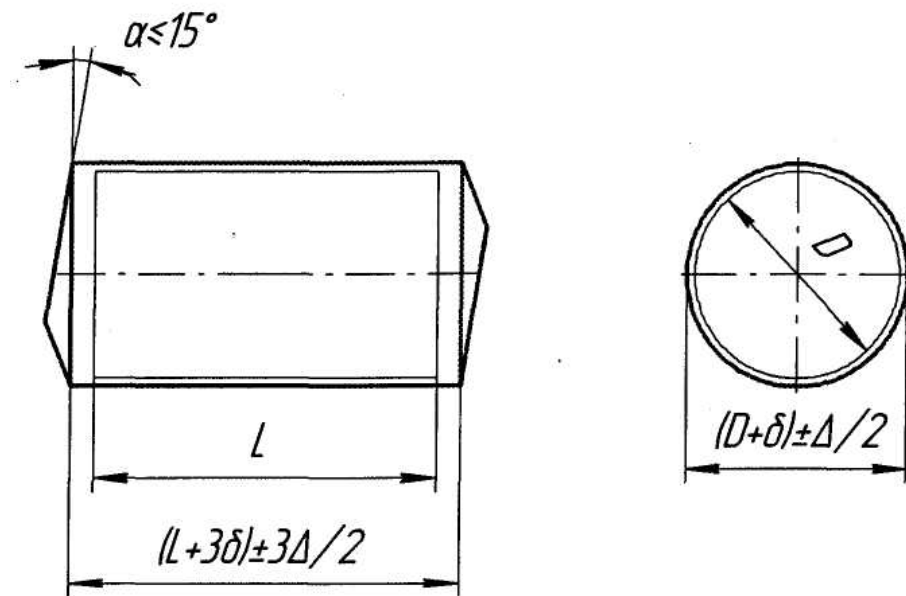


Рисунок 2.1 - Схема призначення припусків на поковки круглого перетину

Розміри поковок для виготовлення виробу діаметром 300 мм і завдовжки 4000 мм:

$$D_n = (300 + 23) \pm 8 = 323 \pm 8 \text{ мм,}$$

$$L_n = (4000 + 3 \cdot 23) \pm 8 = 4069 \pm 8 \text{ мм.}$$

Технічні умови на виготовлення поковок круглого перетину:

- Овальність прутків не повинна перевищувати суми граничних відхилень по діаметру.
- Кривизна прутків повинна бути не більше 2,0 мм на 1 м довжини.
- Торці прутків повинні бути рівно обрізані і не повинні мати задирок і центровочних отворів.
- Перекіс різа не повинен перевищувати 0,1 діаметру прутка.
- Прутки виготовляють завдовжки 2,0-6,0 м з граничними відхиленнями по довжині ± 100 мм.

2.2. Розробка технологічних процесів кування

Розробка маршрутної технології

Як деталі докладної розробки вибрані поковка круглого перетину діаметром 300 мм завдовжки 4000 мм.

Поківка круглого перетину діаметром 300 мм і завдовжки 4000 мм (рис. 2.2.).

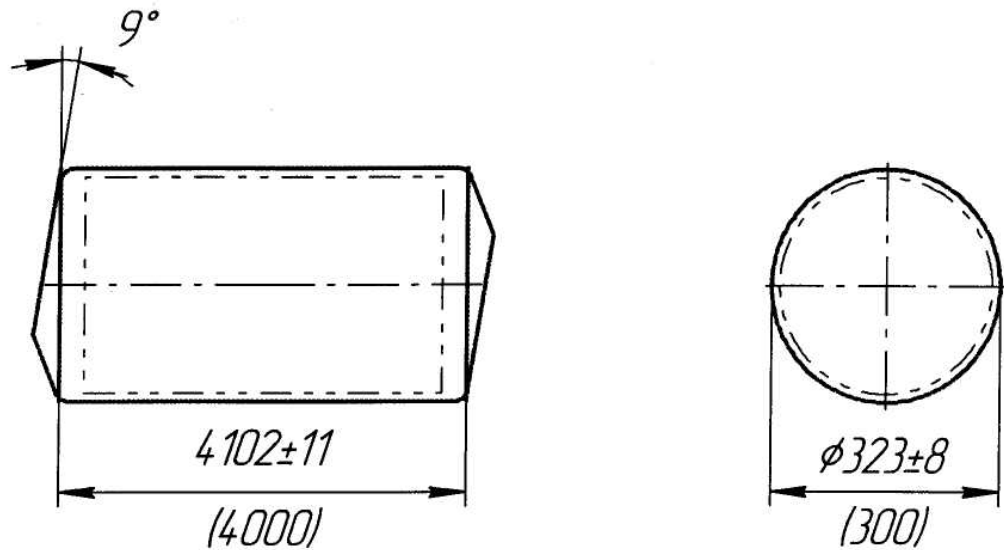


Рисунок 2.2 - Ескіз поковки круглого перетину

Маршрутна технологія:

1. Вирівнювання злитка по перетину на розмір 600x600 мм.
 2. Кування на розмір 500x500 мм.
 3. Прикувало цапфи 350x350 мм.
 4. Кування з розміру 500x500 мм на розмір 450x450 мм.
 5. Кування на розмір 410x410 мм.
 6. Кування на розмір 370x370 мм.
 7. Кування на діаметр 323 ± 8 мм.
 8. Рубка головної обрізи по поясочку.
- Смуга 140x600 мм і завдовжки 4000 мм.

Визначення форми і розмірів заготовки

Маса злитка використовуваного як заготовка для отримання поковки круглого перетину діаметром 300 мм завдовжки 4000 мм визначається по формулі:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{пок}} + M_{\text{приб}} + M_{\text{дн}} + M_{\text{обс}} + M_{\text{уг}}, \quad (2.3)$$

де $M_{\text{пок}}$ - маса поковки, кг;

$M_{\text{приб}}$ - маса прибуткової частини злитка, кг;

$M_{\text{дн}}$ - маса донної частини злитка, кг;

$M_{\text{обс}}$ - маса обсікань, кг;

$M_{\text{уг}}$ - маса чаду, кг

Маса поковки визначається по формулі:

$$M_{\text{пок}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{пок}}^2}{2} \cdot L_{\text{пок}} \cdot \rho, \quad (2.4)$$

де $D_{\text{пок}} = 330$ мм - діаметр поковки з припуском;

$L_{\text{пок}} = 4090$ мм - довжина поковки з припуском;

$\rho = 7800$ кг/м³ - щільність поковки.

$$M_{\text{пок}} = \frac{3,14 \cdot 0,33^2}{4} \cdot 4,09 \cdot 7800 = 2727,19 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{приб}} = 517 \text{ кг}$$

$$M_{\text{дн}} = 74 \text{ кг}$$

$M_{\text{уг}} = 3\%$ від маси металу, що нагрівається + $1,5\%$ при кожному підігріві. Технологією передбачено 6 підігрівів, тому кількість металу того, що пішов в чад складе $3 + 6 \cdot 1,5 = 12\%$.

Тоді маса заготовки буде рівна:

$$M_{\text{заг}}=1,12 \cdot (2727,19 + 517 + 74) = 3616,37 \text{ кг.}$$

Як заготівку приймаю злиток масою 3690 кг квадратного перетину з розмірами: верхній перетин - 600x600 мм, нижній перетин - 470x470 мм, довжина - 2055 мм (рис. 2.3.).

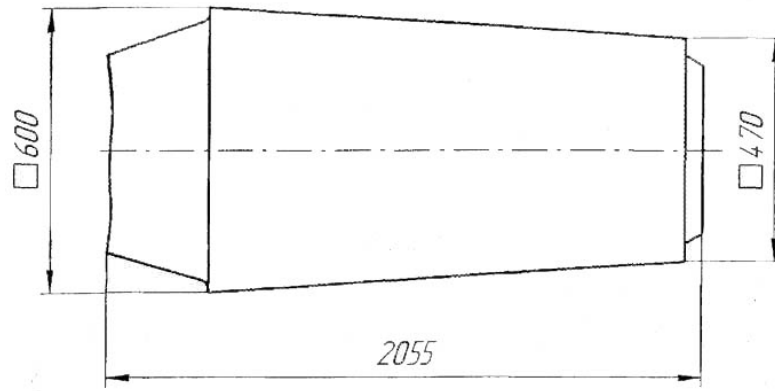


Рисунок 2.3 - Ескіз зливка масою 3690 кг

Аналіз напружено-деформованого стану напівфабрикатів

Першою операцією технологічного процесу є осідання зливка для вирівнювання розмірів його поперечного перетину по довжині, а також для найбільшого руйнування литої дендритної структури і зменшення нерівномірності властивостей в поперечному і подовжньому напрямках.

Осідання характеризується ступенем деформації і величиною деформації.

Ступінь деформації при осаді визначається виразом:

$$\varepsilon = \frac{H - H_1}{H} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

де H - висота зливка до осідання, мм;

H_1 - висота злитка після осідання, мм.

Величина деформації при осаді також визначають відношенням висот до і після осадки:

$$q = \frac{H}{H_1}. \quad (2.6)$$

Наступною і основною операцією технологічного процесу є протяжка. Протяжкою називається ковальська операція, при якій збільшується довжина початкової заготовки при одночасному зменшенні площі її поперечного перетину. Протяжка займає 60-70% всього робочого часу роботи при вільному куванні. Вона здійснюється по частинах, деформуються одночасно тільки окремі ділянки заготовки в певній послідовності, причому бойки не перекривають заготовку цілком. При протяжці заготовок з легованої сталі і сплавів із зниженою пластичністю застосовують наступний спосіб протяжки, який полягає в обтисканні ділянок на кожній стороні заготовки з кантівкою на 90° після кожного натиснення. Після обтискання всіх чотирьох сторін дається подача і обжимається наступна ділянка заготовки.

При протяжці на плоских бойках заготовок з високолегованих сталей і сплавів із зниженою пластичністю необхідно дотримувати наступні умови:

- кування проводити тільки упоперек бойків;
- подачу приймати в межах 0,5-0,7 від ширини бойок;
- не допускати при куванні спотворення квадратної форми перетину заготовки, оскільки при подальшій протяжці ромбичність сприяє утворенню тріщин по напрямку великої діагоналі;
- при освіті на поковку тріщин їх необхідно вирубувати, а потім продовжувати кування.

Для отримання одноріднішої дрібнозернистої структури необхідно, щоб ступінь деформації був більше або менше критичної. Оскільки температурний інтервал кування сталі X12МФ є достатньо вузьким (310 °С)

те обтискання ведуться із ступенем деформації вище за критичну. Критичний ступінь деформації сталі Х12МФ складає 1-8% [9]

Протяжка характеризується відносним обтисканням, відносним розширенням і відносним подовженням.

Ступінь деформації по висоті заготовки називають відносним обтисканням:

$$\varepsilon_h = \frac{H_{n-1} - H_n}{H_{n-1}} \cdot 100\%, \quad (2.7)$$

де H_{n-1} - висота заготовки перед обтисканням, мм;

H_n - висота заготовки після обтискання, мм;

Відносним подовженням називають ступінь деформації по довжині заготовки:

$$\varepsilon_l = \frac{L_n - L_{n-1}}{L_{n-1}} \cdot 100\%, \quad (2.8)$$

де L_{n-1} - довжина заготовки перед обтисканням, мм;

L_n - довжина заготовки після обтискання, мм.

Ступінь протяжки за перехід характеризує уков за перехід. На кожному переході уков визначається як відношення площ поперечного перетину до і після протяжки:

$$Y_n = \frac{F_0}{F_1}, \quad (2.9)$$

де F_0 - площа поперечного перетину до протяжки, мм²;

F_1 - площа поперечного перетину після протяжки, мм².

Загальний уков складає твір приватних уковів або відношення площі поперечного перетину початкової заготівки до площі поперечного перетину поковки:

$$Y_n = \frac{F_0}{F_k} = Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot \dots \cdot Y_n, \quad (2.10)$$

де F_0 - площа поперечного перетину заготівки, мм^2 ;

F_k - площа поперечного перетину поковки, мм^2 ;

$Y_1 - Y_n$ - приватні укови.

Завершує обробку металу на пресі операція рубки. Вона використовується для паління прибуткової частини злитка. Інструментом для рубки є сокири.

Для круглих заготовок на пресах застосовують рубку з трьох сторін. Щоб уникнути того, що зім'яло заготівки нижнім жвавому застосовують нижній вирізний бойок, який забезпечує збільшену поверхню контакту бойок з круглою заготівкою.

Після впровадження сокири приблизно на 0,4 діаметру заготівки заготівку кантують на 120° і повторюють операцію, потім заготівку кантують знову на 120° і розрубують остаточно.

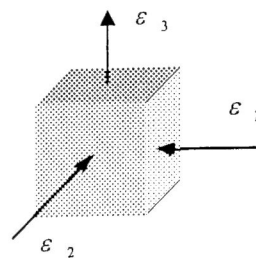


Рисунок 2.4 - Схема деформації при протяжці плоскими бойками і осіданню.

Допустимі схеми деформації обмежуються умовою постійності об'єму, з якого виходить, що головні деформації $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ не можуть мати однакових

знаків. Означає, для тривимірного руху суцільного середовища можливі тільки дві схеми деформації (рис. 2.4-2.5).

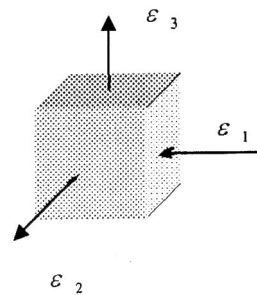


Рисунок 2.5 - Схема деформації при протяжці у вирізних бойках.

Схема напруженого стану металу при протяжці плоскими бойками і при осаді представлена на рисунку 2.6.

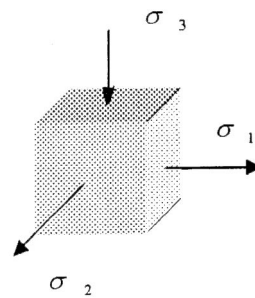


Рисунок 2.6 - Схема напруженого стану металу при протяжці плоскими бойками і при осаді.

Схема напруженого стану при протяжці у вирізних бойках представлена на рисунку 2.7.

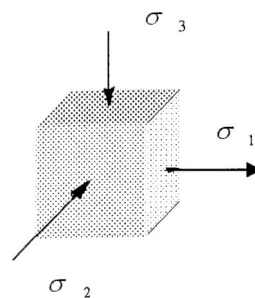


Рисунок 2.7 - Схема напруженого стану при протяжці у вирізних бойках

Розрахунок технологічних операцій

Розрахунок технологічних операцій отримання поковки круглого перетину діаметром 300 мм і завдовжки 4000 мм.

Осідання злитка для вирівнювання поперечного перетину по довжині на розмір 600x600 мм.

Об'єм злитка до осадки:

$$V = \frac{L}{3} (F + f + \sqrt{F \cdot f}), \quad (2.11)$$

де $F = 0,36 \text{ м}^2$ - площа верхнього перетину злитка;

$f = 0,2209 \text{ м}^2$ - площа нижнього перетину злитка;

$L = 2,055 \text{ м}$ - довжина злитка.

$$V = \frac{2.055}{3} (0.36 + 0.2209 + \sqrt{0.36 \cdot 0.2209}) = 0.591 \text{ м}^3.$$

Довжина злитка після осідання з урахуванням ущільнення злитка:

$$L_1 = \frac{m}{\rho \cdot F_1}, \quad (2.12)$$

де $m = 3690 \text{ кг}$ - маса злитка;

$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ - щільність злитка після осідання;

$F_1 = 0,36 \text{ м}^2$ - площа поперечного перетину злитка.

$$L_1 = \frac{3690}{7800 \cdot 0,36} = 1,282 \text{ м.}$$

Ступінь деформації визначається по формулі (2.5) і рівна:

$$\varepsilon = \frac{2055 - 1282}{2055} \cdot 100\% = 37,6\%.$$

Зусилля опади визначається по формулі [19]

$$P = p \cdot F, \quad (2.13)$$

де p - питоме зусилля опади, Па;

F - середня величина площі поперечного переріза заготівлі, м².

$$p = \sigma_s \cdot \left(1 + 0.17 \cdot \frac{D_1}{L_1} - 0.33 \cdot \frac{L_1^2}{D_1^2} \right), \quad (2.14)$$

де σ_s - напруга плинності, $\sigma_s = 14,8$ МПа при температурі 1160 °С;

D_1 - середній розмір перетину заготівлі після осідання, м.

$$p = 14,8 \cdot \left(1 + 0.17 \cdot \frac{0,6}{1,282} - 0.33 \cdot \frac{1,282^2}{0,6^2} \right) = 6,32 \text{ МПа},$$

$$P = 6,32 \cdot 0,36 = 2,28 \text{ МН}.$$

Робота деформації при осаді визначається по формулі М.В. Сторожева [9]:

$$A_n = \sigma_\epsilon \cdot \left[\ln \frac{L}{L_1} + \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{D_1}{L_1} - \frac{D}{L} \right) \right] \cdot V, \quad (2.15)$$

де σ_ϵ - межа міцності для середньої температури опади, $\sigma_\epsilon = 47$ МПа при температурі 1000 °С;

V - обсяг заготівлі, м³;

D_1 і D - відповідно середні розміри перетину злитка до й після осідання, м.

$$A_n = 47 \cdot \left[\ln \frac{1,282}{2,055} + \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{0,535}{2,055} - \frac{0,6}{1,282} \right) \right] \cdot 0,46 = 10,7 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості визначається по формулі:

$$\sigma_s = \frac{P}{F}, \quad (2.16)$$

де P - зусилля деформації, МН;

F - площа поперечного перетину заготовки, м².

$$\sigma_s = \frac{2.28}{0.36} = 6.33 \text{ МПа.}$$

Протяжка заготовки на розмір 500x500 мм.

Ступінь деформації визначається по формулі (2.7) і рівна:

$$\varepsilon_h = \frac{600 - 500}{600} \cdot 100\% = 16.7\%.$$

Зусилля деформації при протяжці розраховуємо для температур кінця кування і визначаємо по формулі [22]:

$$P = \psi \cdot \nu \cdot \sigma_s \left(1 + 0,17 \frac{L}{H_{n-1}} \right) \cdot B_{n-1} \cdot L, \quad (2.17)$$

де ψ - масштабний коефіцієнт [22]; $\psi = 0,7$;

$\sigma\beta$ - межа міцності матеріалу заготовки при кувальній температурі,
 $\sigma\beta = 104$ МПа;

ν - коефіцієнт, що враховує збільшення питомого зусилля при зміні форми бойків, для плоских бойків $\nu = 1$;

B_{n-1} і H_{n-1} - розміри поперечного перетину заготовки перед протяжкою, м;

L - величина подачі при протяжці $L=420$ мм.

$$P = 0.7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0.17 \frac{0.42}{0.6} \right) \cdot 0.6 \cdot 0.42 = 20.53 \text{ МН.}$$

Робота при протяжці плоскими бойками визначається по формулі [19, стор. 228]:

$$A = 1.15 \cdot \sigma_T \cdot V \cdot \left[\ln \frac{H_0}{H_k} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{L}{H_k} - \frac{L}{H_0} \right) \right] \quad (2.18)$$

$$A = 1.15 \cdot \sigma_T \cdot V \cdot \left[\ln \frac{H_0}{H_k} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{L}{H_k} - \frac{L}{H_0} \right) \right].$$

де σ_m - межа текучості матеріалу при температурі протяжки, $\sigma_s = 83$ МПа;

V - об'єм заготовки, м³;

Але і H_k - відповідно розміри заготовки до і після протяжки, м;

L - величина подачі при протяжці, м.

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0.46 \cdot \left[\ln \frac{0.6}{0.5} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0.42}{0.5} - \frac{0.42}{0.6} \right) \right] = 8.77 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості:

$$\sigma_s = \frac{20.53}{0.25} = 82.12 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0,36}{0,25} = 1,44.$$

Прикувало цапфи з розміром 350x350 мм.

Цапфу прикували з прибуткової частини злитка.

Довжина цапфи визначається по формулі (2.12)

$$L_u = \frac{m_{\text{приб}}}{\rho \cdot F_u},$$

де $m_{\text{приб}} = 517$ кг - маса злитка;

$\rho = 7800$ кг/м³ - щільність злитка;

$F_u = 0,1225$ м - площа поперечного перетину цапфи.

$$L_u = \frac{517}{7800 \cdot 0,1225} = 0,54 \text{ м.}$$

Зусилля деформації при тому, що прикувало цапфи визначається по формулі (2.17), де $L=540$ мм:

$$P = 0,7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,54}{0,5}\right) \cdot 0,5 \cdot 0,54 = 23,26 \text{ МН.}$$

Робота деформації визначається по формулі (2.18), де об'єм цапфи $V=0,35^2 \cdot 0,54 = 0,06$ м³:

$$A = 1,15 \cdot 83 \cdot 0,06 \cdot \left[\ln \frac{0,5}{0,35} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,54}{0,35} - \frac{0,54}{0,5} \right) \right] = 2,62 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину цапфи $F=0,35^2=0,1225$ м² визначається по формулі (2.16):

$$\sigma_s = \frac{23.26}{0.1225} = 189.88 \text{ МПа.}$$

Об'єм оброблюваної заготівки після того, що прикувало цапфи складе:
 $V=0,46-0,06=0,4 \text{ м}^3$.

Протяжка на розмір 450x450 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{500 - 450}{500} \cdot 100\% = 10.0\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі (2.17):

$$P = 0.7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0.17 \frac{0.42}{0.5}\right) \cdot 0.5 \cdot 0.42 = 17.47 \text{ МН.}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі (2.18):

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0.4 \cdot \left[\ln \frac{0.5}{0.45} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0.42}{0.45} - \frac{0.42}{0.5} \right) \right] = 4.68 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготівки
 $F=0,45^2=0,2025 \text{ м}^2$ по формулі (2.16) рівне:

$$\sigma_s = \frac{17.47}{0.2025} = 86.27 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$V = \frac{0.25}{0.2025} = 1.235.$$

Протяжка на розмір 410x410 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.13) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{450 - 410}{450} \cdot 100\% = 8,89\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі (2.17):

$$P = 0.7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0.17 \frac{0.42}{0.45}\right) \cdot 0.45 \cdot 0.42 = 15,94 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки $F = 0,412 = 0,1681 \text{ м}^2$ по формулі (2.16) рівне:

$$\sigma_s = \frac{15,94}{0,1681} = 94,82 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0.2025}{0,1681} = 1,205.$$

Протяжка на розмір 370x370 мм.

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{410 - 370}{410} \cdot 100\% = 9,76\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі (2.17):

$$P = 0.7 \cdot 1 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0.17 \frac{0.42}{0.41}\right) \cdot 0.41 \cdot 0.42 = 14,72 \text{ МН.}$$

Робота при протяжці плоскими бойками по формулі (2.18):

$$A = 1.15 \cdot 83 \cdot 0.4 \cdot \left[\ln \frac{0.41}{0.37} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0.42}{0.37} - \frac{0.42}{0.41} \right) \right] = 4.66 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготівки $F=0.37^2=0.1369 \text{ м}^2$ по формулі (2.16) рівне:

$$\sigma_s = \frac{14.72}{0.1369} = 107.52 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$V = \frac{0.1681}{0.1369} = 1.228.$$

Протяжка у вирізних бойках на діаметр 330 мм.

Діаметр поковки круглого перетину рівновеликий стороні квадрата 370 мм визначається по формулі:

$$D = \frac{2 \cdot a}{\sqrt{\pi}}, \quad (2.19)$$

де $a = 370 \text{ мм}$ - сторона квадрата.

$$D = \frac{2 \cdot 370}{\sqrt{3.14}} = 417.5 \text{ мм.}$$

Ступінь деформації по формулі (2.7) рівний:

$$\varepsilon_h = \frac{417.5 - 330}{417.5} \cdot 100\% = 20.96\%.$$

Зусилля деформації при протяжці по формулі:

$$P = \psi \cdot v \cdot \sigma_s \cdot \left(1 + 0,17 \frac{L}{D}\right) \cdot D \cdot L, \quad (2.20)$$

де D - еквівалентний діаметр квадратної заготовки, мм;

v - коефіцієнт, що враховує збільшення питомого зусилля при зміні форми бойків, для вирізних бойків $v = 1,25$.

$$P = 0,7 \cdot 1,25 \cdot 104 \cdot \left(1 + 0,17 \frac{0,42}{0,4175}\right) \cdot 0,4175 \cdot 0,42 = 18,69 \text{ МН.}$$

Роботу при протяжці у вирізних бойках також можна визначити по формулі (2.18), підставивши замість значень висот величини діаметрів:

$$A = 1,15 \cdot 83 \cdot 0,4 \cdot \left[\ln \frac{0,4175}{0,33} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{0,42}{0,33} - \frac{0,42}{0,4175} \right) \right] = 10,74 \text{ МДж.}$$

Дійсна напруга текучості при площі поперечного перетину заготовки

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,33^2}{4} = 0,0855 \text{ м}^2 \text{ по формулі (2.16) рівна:}$$

$$\sigma_s = \frac{18,69}{0,0855} = 218,60 \text{ МПа.}$$

Величина укова визначається по формулі (2.9) і рівна:

$$Y = \frac{0,1369}{0,0855} = 1,601.$$

Величина загального укова визначається по формулі (2.10) і рівна:

$$Y_n = 1,44 \cdot 1,235 \cdot 1,205 \cdot 1,228 \cdot 1,601 = 4,21.$$

Довжину поковки знайдемо виходячи з рівності об'ємів:

$$L_n = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

$$L_n = \frac{4 \cdot 0,46}{3,14 \cdot 0,33^2} = 5,38 \text{ м.}$$

Рубка прибуткової частини злитка.

Прибуткову частину злитка рубають по поясочку, утвореному при розливанні у виливниці. Довжина відрубаної частини поковки рівна:

$$L_{\text{приб}} = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \pi \cdot D^2},$$

де $m=517$ кг - маса прибуткової частини злитка.

$$L_{\text{приб}} = \frac{4 \cdot 517}{7800 \cdot 3,14 \cdot 0,33^2} = 0,775 \text{ м.}$$

Донну частину злитка, припуски на довжину і напуск на проби видаляють на ад'юстажі. Для цього поковку передають на ділянку ад'юстажа, яка розташовується в іншому прольоті ковальсько-пресового цеху.

Вибір технологічного устаткування

Куванням виготовляють поковки будь-якої ваги - від найменших до найважчих. Дрібні поковки кують головним чином на пневматичних молотах. Середні по вазі поковки виготовляють на пароповітряних молотах.

Для кування крупних поковок, а також для кування сталей із зниженою пластичністю, що не допускають великих швидкостей деформації, застосовують кувальні гідравлічні преси. Для технологічних процесів, що розробляються в дипломній роботі, вибраний гідравлічний кувальний прес з

номінальним зусиллям 63 МН, технічна характеристика якого приведена в розділі 3.

Розрахунок трудомісткості виготовлення поковок

Для визначення трудомісткості виготовлення поковок використовувалися нормативи часу на кування на гідравлічних пресах [25]. Норми часу на виконання технологічних операцій залежать від розважування злитків, розмірів напівфабрикатів до і після переділу. Всі операції по вільному куванню виконуються бригадою. При розрахунку норми часу беруться до уваги лише ті переходи і прийоми, які не перекривається. Якщо частина бригади укладає виковану поковку у відведене місце, в той час, як інша частина бригади проводить кування, допоміжний час на укладання поковки в норму часу не включається. Нагрів заготовок в норму часу також не включають, оскільки нагрів проводять паралельно з куванням металу.

Таблиця 2.1 – Підготовчо-завершальний час

Найменування робіт	Час, мін	№ карти
Змінити верхній швидкозмінний бойок	24	1
Змінити нижній швидкозмінний бойок	7	1
Разом	31	-

Таблиця 2.2 – Розрахунок норми штучного часу для виготовлення поковки круглого перетину 330 мм

Найменування переходів при куванні	Чинник, що впливає на тривалість кування	Час, мін		№ карти
		Неповне оперативне Тн. Оп.	Додатковий Тв	
Видати злиток з печі і подати під прес	Маса злитка 3,6 т	-	2,7	3
Накласти верхню осадкову плиту і зняти її	Прес 63 мін	-	6,0	6

Обложити заготовку, заміряти її	H.=2055 мм H=1280 мм	4,5	-	6
Викувати цапфу з прибуткової частини злитка	Маса злитка 3,6 т	5,0	-	3
Протяжка заготовки на квадратний перетин із застосуванням маніпулятора	Маса злитка 3,6 т B=500 мм	1,5	-	22
Протяжка заготовки з квадратного перетину на квадратний із застосуванням маніпулятора	L=2,5 м B=500 мм B=450 мм	9,75	-	27
Протяжка заготовки з квадратного перетину на квадратний із застосуванням маніпулятора	L=2,9 м B=450 мм B=410 мм	9,86	-	27
Протяжка заготовки з квадратного перетину на квадратний із застосуванням маніпулятора	L=3,4 м B=410 мм B=370 мм	10,88	-	27
Протяжка заготовки з квадратного перетину на круглий із застосуванням маніпулятора	L=4,9 м B=370 мм D=330 мм	20,58	-	25
Відрубати цапфу	Маса злитка 3,6 т	3,0	-	3
Разом		65,07	8,7	

Трудомісткість виготовлення поковки круглого перетину 330 мм визначається по формулі:

$$T_{\text{н}} = (t_{\text{н.оп}} + t_{\text{г}}) \cdot K,$$

де $K=1,13$ - коефіцієнт до оперативного часу [25]

$$T_{\text{н}} = (65,07 + 8,7) \cdot 1,13 = 83,36 \text{ хв} = 1,39 \text{ години.}$$

Норма часу на бригаду на одну поковку складе:

$$T_{нар} = (t_{н.з} + T_{ш}) \cdot N,$$

де $N = 10$ - кількість людина в бригаді.

$$T_{нар} = (31 + 83,36) \cdot 10 = 1143,6 \text{ чол.-хв.}$$

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Завдання на проектування. Основні параметри і розміри

Процес призначений для універсальних кувальних робіт, у тому числі і з осіданням злитків з чорних і кольорових металів і їх сплавів, а також може бути використаний і для штампувальних робіт.

Основні технічні дані:

Номінальне зусилля	63МН
Кількість ступенів зусилля	3
Номінальні зусилля ступенів	
I ступінь	21МН
II ступінь	42МН
III ступінь	63МН
Кількість робочих циліндрів	3
Діаметр плунжера робочого циліндра	900мм
Хід плунжера робочого циліндра	2500мм
Найбільший хід траверси	2600мм
Розміри робочої поверхні столу	3200x8000мм
Кількість і	2
діаметр плунжерів циліндрів пересування столу	280мм
Зусилля циліндра пересування столу	2МН
Хід столу (у кожену сторону від осі преса):	
одиничний	3000мм
повний (з переустановленням столу стрічки)	6000мм
Тиск робочої рідини	32МПа
Вага преса	1093000кг
Габаритні розміри установки:	
у плані	34400x20025мм
над рівнем моря	13670мм
загальна висота	15кВт
Середня настановна потужність електроустаткування	18805мм
Напруга мережі	380В
Тиск повітря в повітропроводі	0,5МПа
Привід процесу	від насосно-акумуляторної станції
Робоча рідина	вода з емульсором
Режим роботи	від короткочасного до тривалого з динамічним навантаженням

3.2. Обґрунтування конструкції преса, короткий опис пристрою

Зусилля преса, що розвивається циліндрами, сприймається силовою рамою преса, що складається з архітрава, станини і колон.

Колони жорстко з'єднуються з архітравом і станиною за допомогою роз'ємних гайок, затягнутих нагоряче. Під опорними поверхнями гайок колон передбачені розжарені кільця-шайби, застосування яких перешкоджає втискуванню гайок в опорні поверхні архітрава і станини, а також затіканню металу в роз'єм між половинками гайок.

Зусилля робочих циліндрів передається на оброблювану заготовку через рухому траверсу. Нижньою поперечною силовою рамою преса є станина, яка одночасно є підставою преса.

Станина складається з трьох сталевих відливаних. Вона встановлюється на литі опори і закріплюється на них болтами. Опори пов'язані з фундаментом і сприймають вагу преса.

По чавунних плитах станини в обидві сторони від осі преса переміщається стіл, який в трьох певних положеннях може бути зафіксований гідравлічними стопорами. Стіл є сталевим відливанням. Його верхня поверхня має подовжні пази для кріплення кувального інструменту, а по краях – поперечні пази, в яких закріплюються фартухи, що оберігають поверхні чавунних плит від пошкоджень і окалини.

До середньої частини станини з двох сторін прикріплюються рами, зовнішні кінці яких покояться на стійках, встановлених на фундаменті. У рамах встановлені циліндри пересування столу, плунжери яких за допомогою повзуна жорстко сполучені із стрічкою.

Іншою складовою частиною силової рами преса є верхня поперечина – архітрав. Він є відливанням із сталі, в якій встановлені три робочих циліндра. З боків, в литих консолях архітрава кріпляться підйомні і врівноважуючі циліндри. Зусилля на траверсу передається плунжерами робочих циліндрів. Середній плунжер жорстко закладений в траверсі, а бічні спираються на

траверсу через подушки з сферичними поверхнями. Траверсу має втулки, напрямних, виготовлені з антифрикційного чавуну, за допомогою яких вона центрується і прямує по колонах. Для оберігання колон від перегріву на траверсі закріплені захисні штори. На нижній робочій поверхні траверси закріплена плита, на якій кріпиться кувальний інструмент. Основними деталями вузла є корпус бойок, плита і два повітряні циліндри. До корпусу бойок жорстко кріпляться чотири штирі, які заходять у вертикальні розточування плити. Для швидкого з'єднання і роз'єднання плити і корпусу бойок, що несе інструмент, в пази штирів заводяться клини, привід яких здійснюється від пневмоциліндрів, за допомогою коромисла. Плита кріпиться до траверсі за допомогою чотирьох спеціальних клинових болтів і клинів, що мають постійне натягнення від пружини з метою компенсації витяжки болтів. Пази рухомої траверси, в яких кріпиться плита, можуть при необхідності використовуватися для кріплення кувального інструменту без плити. У колоні з торців на довжині 3200мм є отвору діаметром 130мм для електродвигунів, за допомогою яких колона нагрівається перед термічним затягуванням гайок. Сама колона виконана цельнокованой із сталі.

Поверхні, що все труться, преса змащуються через крапки живлення густого мастила, які через питатели-дозатори і трубопроводи з'єднуються з централізованою станцією густого мастила.

3.3. Силовий режим роботи преса: графік зусилля деформації, жорсткість системи, величина робочого ходу

Будується графік зусилля деформації для типової технологічної операції.

Потім будується графік жорсткості. Для цього визначається пружна деформація механічних частин і жорсткості 1_{nm} .

Величина пружної деформації жорсткості визначається з виразу [11, стр.8]:

$$\Delta L_{np} = \frac{\Delta V_u}{F_u}; \quad (3.1)$$

де - внутрішня площа робочого циліндра m^2 ;

ΔV_u - приріст об'єму рідини за рахунок збільшення внутрішнього діаметру циліндра -, збільшення довжини циліндра уздовж осі -, збільшення довжини колон -, стиснення рідини - ΔV_{u4} .

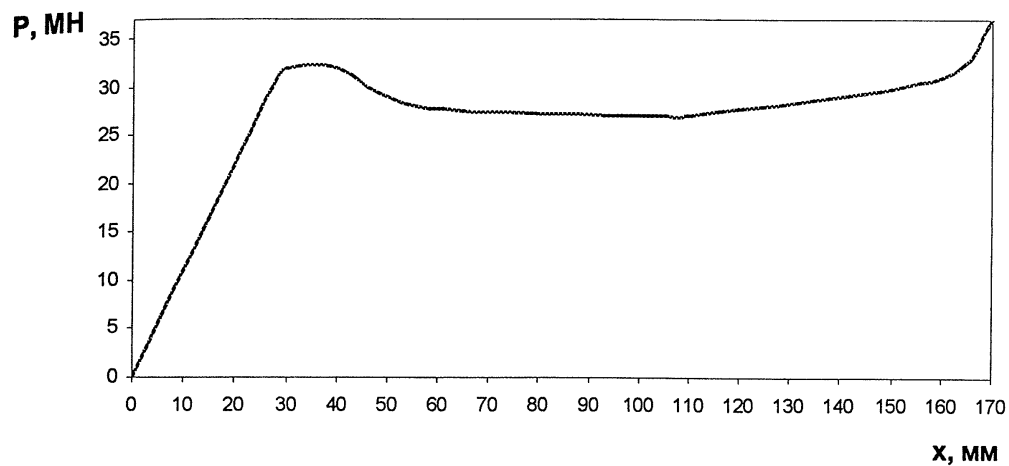


Рисунок 3.1 – Графік зусилля деформації при протяжці.

$$\Delta V_u = \Delta V_{u1} + \Delta V_{u2} + \Delta V_{u3} + V_{u4}; \quad (3.2)$$

Збільшення об'єму рідини за рахунок зміни внутрішнього діаметру циліндра:

$$\Delta V_{u1} = \frac{\pi \cdot \sigma_{\tau}^u}{2 \cdot E_m} \cdot D_u^2 \cdot L_u; \quad (3.3)$$

де - тангенціальна напруга на внутрішній стінці циліндра, МПа;

$E_m = 2,1 \cdot 10^5$ МПа - модуль пружності першого роду для чорнових металів;

$D_u = 0,92$ м - внутрішній діаметр циліндра;

$L_u = 2,6$ м - довжина циліндра.

$$\sigma_{\tau}^u = P_n \cdot \frac{(D_n^2 - D_u^2)}{(D_n^2 + D_u^2)}; \quad (3.4)$$

де - номінальний тиск рідини;

$D_n = 1,34\text{м}$ - зовнішній діаметр циліндра.

$$\sigma_{\tau}^u = 32 \cdot \frac{(1,34^2 - 0,92)}{(1,34^2 - 0,92^2)} = 89,07\text{МПа};$$

$$\Delta V_{u1} = \frac{3,14 \cdot 89,07}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5} \cdot 0,92^2 \cdot 2,6 = 0,0015\text{м}^3;$$

Збільшення об'єму за рахунок збільшення довжини циліндра:

$$\Delta V_{u2} = P_H \cdot \frac{F_u^2}{E_m} \cdot \frac{L_u}{F_c}; \quad (3.5)$$

де - площа поперечного перетину циліндра (кільцева) м^2 .

$$F_c = 0,785 \cdot (D_n^2 - D_u^2);$$

$$F_c = 0,785 \cdot (1,34^2 - 0,92^2) = 0,745\text{м}^2;$$

$$F_u = 0,785 \cdot D_u^2 = 0,785 \cdot 0,92^2 = 0,66\text{м}^2 - \text{площа поперечного перетину площини}$$

циліндра.

$$\Delta V_{u2} = 32 \cdot \frac{0,66^2}{2,1 \cdot 10^5} \cdot \frac{2,6}{0,745} = 0,0002\text{м}^2;$$

Збільшення об'єму за рахунок розтягування колон преса:

$$\Delta V_{u3} = P_H \cdot \frac{F_u^2}{E_m} \cdot \frac{L_u}{\Sigma F_k}; \quad (3.6)$$

де - сумарна площа колон м^2 .

$$\Sigma F_k = 0,785 \cdot D_k^2 \cdot n; \quad (3.7)$$

де - кількість колон;

$D_k = 0,68\text{м}$ - діаметр колони;

$L_k = 16\text{м}$ - довжина колони.

$$\Sigma F_k = 0,785 \cdot 0,68^2 \cdot 4 = 1,45\text{м}^2;$$

$$\Delta V_{u3} = 32 \cdot \frac{0,36^2}{2,1 \cdot 10^5} \cdot \frac{16}{1,45} = 0,0002\text{м}^2;$$

Збільшення об'єму компенсуючого стиснення рідини в циліндрах і трубах:

$$\Delta V_{u4} = \frac{P_n}{E_p} \cdot K_x \cdot V_u; \quad (3.8)$$

де - модуль пружності першого роду для рідини, для води $E_p = 200000 \text{ МПа}$;

$K_x = 1,1 - 1,15$ - коефіцієнт, який враховує об'єм нагнітаючих трубопроводів. Приймаємо $K_x = 1,12$;

V_u - об'єм порожнини циліндра, яка заповнюється рідиною м^3 .

$$V_u = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot L_u; \quad (3.9)$$

$$V_u = \frac{3,14 \cdot 0,92^2}{4} \cdot 2,6 = 1,728 \text{ м}^3;$$

$$\Delta V_{u4} = \frac{32}{200000} \cdot 1,12 \cdot 1,728 = 0,0003 \text{ м}^3.$$

Підставивши значення одержаних приростів об'ємів рідини у формулу (3.2) набудемо значення загального приросту об'єму рідини:

$$\Delta V_u = 0,0015 + 0,0002 + 0,0002 + 0,0003 = 0,0022 \text{ м}^3$$

По формулі (3.1) визначаємо величину пружної деформації рідини:

$$\Delta L_{np} = \frac{0,0022}{0,66} = 0,0033 \text{ м}.$$

Виходячи з даних практики і рекомендацій [11, *стр.*8] приймаємо значення пружної деформації механічних частин $\Delta L_{nm} = 1,7 \text{ мм}$.

Тоді сумарна пружна деформація буде рівна:

$$\Delta L_y = \Delta L_{np} \cdot \Delta L_{nm}; \quad (3.10)$$

$$\Delta L_y = 0,0033 \cdot 0,0017 = 0,005 \text{ м} = 5 \text{ мм}.$$

Визначивши сумарну пружну деформацію будуюмо приведенний графік жорсткості (рис.3.2), і потім, підсумовуючи його з графіком деформації (рис.3.1) одержуємо приведенний графік навантаження (рис.3.3).

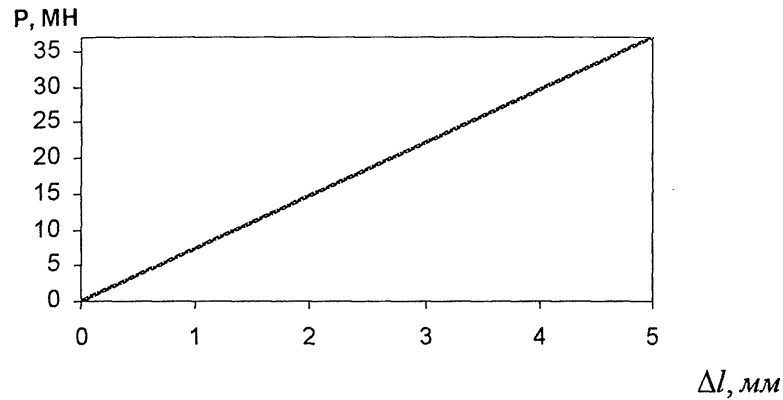


Рисунок 3.2 – Графік жорсткості.

Приведена величина робочого ходу визначається з виразу:

$$X_{px}^{np} = \Delta x + \Delta L_y; \quad (.3.11)$$

де $\Delta x = 80\text{мм}$ - максимальна величина абсолютної деформації за одне обтискання для сталі Х12МФ.

$$X_{px}^{np} = 80 + 5 = 85\text{мм}.$$

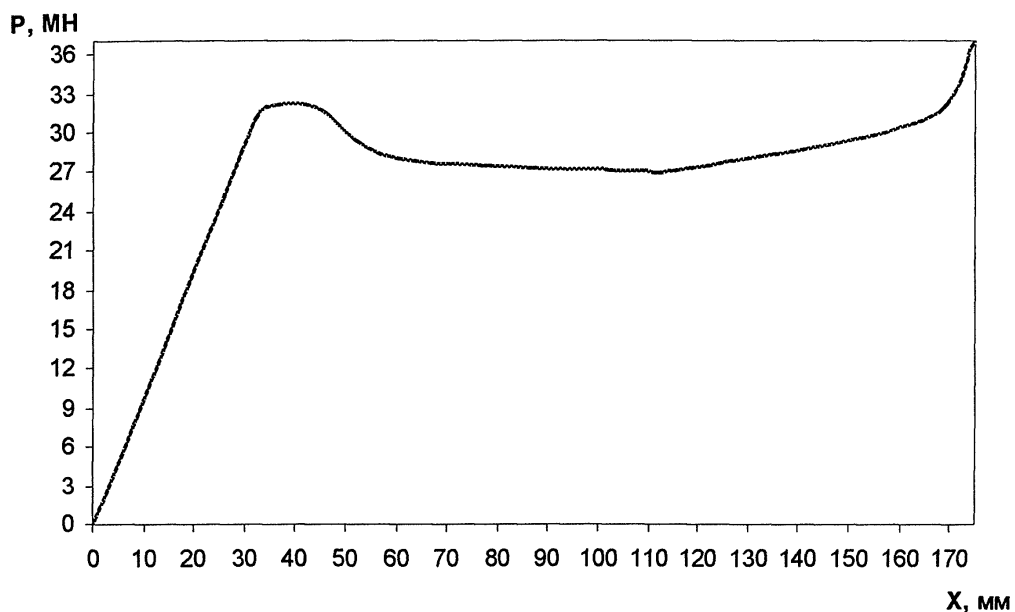


Рисунок 3.3 – Приведений графік навантаження.

Визначення складових часу технологічного циклу.

Час ходу наближення:

$$t_{xn} = \frac{X_{xn}}{v_{xn}}; \quad (3.12)$$

де - величина ходу наближення, мм:

$$X_{xn} = X_3 - X_{px}^{np}; \quad (3.13)$$

де $X_3=1000$ мм – хід рухомої траверси, що забезпечує можливість канавки злитка перетином 650х650мм;

$v_{xn} = 300$ мм/с - швидкість холостого ходу рухомої траверси [11,табл.8стр.28].

$$X_{xn} = 1000 - 85 = 915 \text{ мм};$$

$$t_{xn} = \frac{915}{300} = 3,05 \text{ с};$$

Час робочого ходу (приведене):

$$t_{px}^{np} = \frac{X_{px}^{np}}{v_{px}}; \quad (3.14)$$

де - швидкість робочого ходу рухомої траверси [11,табл.8стр.28].

$$t_{px}^{np} = \frac{85}{80} = 1,06 \text{ с};$$

Час зворотного ходу:

$$t_{xo} = \frac{X_{xo}}{v_{ox}}; \quad (3.15)$$

де $X_{xo} = 1085$ мм - величина зворотного ходу рухомої траверси;

v_{ox} - швидкість зворотного ходу рухомої траверси $v_{ox} = 80$ мм/с.

$$t_{xo} = \frac{1085}{80} = 13,56 \text{ с};$$

Проміжок часу технологічної паузи t_n визначається виходячи з особливостей технологічного процесу і необхідності маніпуляції заготовкою у разі ручної роботи.

Час машинного циклу:

$$T_m = t_{xn} + t_{px}^{np} + t_{ox} + \Sigma t_{nep}; \quad (3.16)$$

де - сумарний час перемикань гідроапаратури. У розрахунках приймають $\Sigma t_{nep} = 0$, оскільки цей час на 1.5-2 порядки менше за решту складових. Тоді час технологічного циклу буде рівний:

$$T_m = t_{xn} + t_{px}^{np} + t_{ox}; \quad (3.17)$$

$$T_m = 3,05 + 1,06 + 3,62 = 7,72c;$$

Використовуючи складові циклу і приведеного графіка навантаження будується циклограма роботи преса (рис.3.4).

3.4. Визначення якості робочих і поворотних циліндрів і їх параметрів

Головним параметром гідравлічного преса є його номінальне зусилля:

$$P_n = p_n + \Sigma F_{nl}; \quad (3.18)$$

де - номінальний тиск робочої рідини, МПа;

ΣF_{nl} - сумарна активна площа плунжерів робочих циліндрів m^2 .

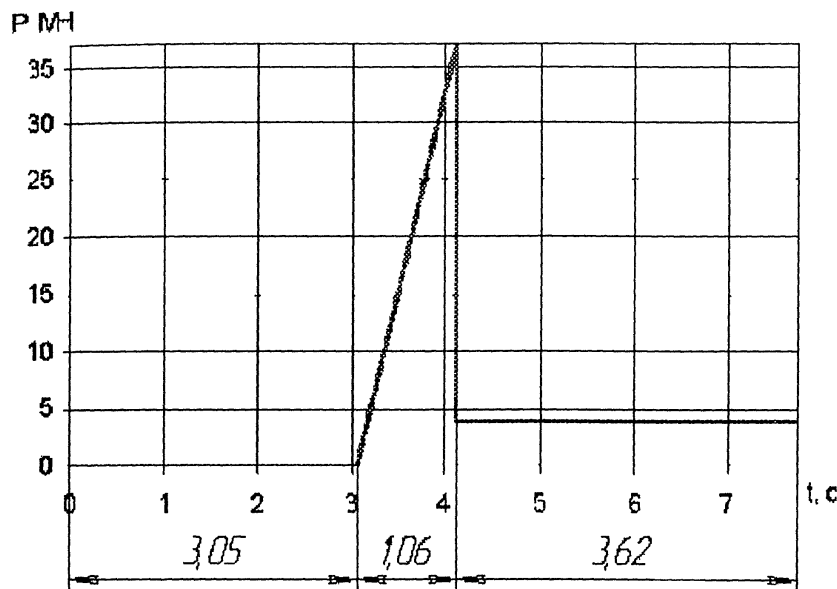


Рисунок 3.4 – Циклограма роботи гідравлічного кувального преса із зусиллям 63МН.

Номінальне зусилля преса регламентоване технічним завданням на проектування і складає 63МН. Номінальний тиск регламентується стандартом. Найбільш поширеним є значення $p_n = 32\text{МПа}$. Виходячи з цього, визначається сумарна площа плунжерів робочих циліндрів:

$$\Sigma F_{nl} = \frac{P_n}{p_n}; \quad (3.19)$$

$$\Sigma F_{nl} = \frac{63}{32} = 1,97\text{м}^2.$$

Знаючи сумарну площу плунжерів робочих циліндрів, визначаємо кількість робочих циліндрів. Розрахунок зусиль технологічних операцій, приведений в розділі 2. показує, що процес не працює на номінальному зусиллі при їх виконанні. Виходячи з цього, а також з того, що при збільшенні розмірів циліндрів, збільшується складність їх виготовлення, приймаю кількість робочих циліндрів рівне трем.

Площа одного плунжера складе:

$$F_{nl} = \frac{\Sigma F_{nl}}{3} = 0,657 \text{ м}^2.$$

Діаметр плунжера, еквівалентний даній площі, рівний:

$$D_{nl} = 2\sqrt{\frac{F_{nl}}{\pi}}; \quad (3.20)$$

$$D_{nl} = 2\sqrt{\frac{0,657}{3,14}} = 0,91 \text{ м};$$

Приймаю значення діаметру плунжера $D_{nl} = 900 \text{ мм}$. Внутрішній діаметр робочого циліндра більше діаметру плунжера, тому приймаю величину внутрішнього діаметру робочого циліндра $D_{ц} = 920 \text{ мм}$.

Зусилля поворотних циліндрів складає 0,07-0,1 від номінального зусилля преса [11, стр.16]. Приймаю значення зусилля поворотних циліндрів рівне 2 МН.

Сумарна площа поворотних циліндрів визначається по формулі (3.19):

$$\Sigma F_{\epsilon} = \frac{5}{32} = 0,156 \text{ м}^2;$$

3.5. Вибір типу приводу преса, розрахунок настановної потужності насосів, електродвигунів, ККД преса

Характерною операцією технологічного процесу, що описується в дипломній роботі, є протяжка. Для отримання високих швидкостей робочого ходу приймаю насосно-акумуляторний привід з умовою розташування якомога ближче до преса. Таке рішення дозволяє понизити потужність приводу, дає можливість одержати високі швидкості робочого ходу і понизити потужність приводу, дає можливість одержати високі швидкості робочого ходу і понизити величину величину гідродара.

Необхідна подача для окремих приводів руху визначається по виразах:

$$Q_{np} = 0,06 \cdot F_p \cdot v_{np}; \quad (3.21)$$

де - сумарна площа робочих циліндрів;

v_{np} - швидкість ходу наближення, м/с.

$$Q_p = 0,06 \cdot F_p \cdot v_p; \quad (3.22)$$

де - швидкість робочого ходу, м/с.

$$Q_{ox} = 0,06 \cdot F_o \cdot v_{ox}; \quad (3.23)$$

де - сумарна площа поворотних циліндрів;

v_{ox} - швидкість ходу наближення, м/с.

$$Q_{np} = 0,06 \cdot 1,92 \cdot 0,3 = 0,0346 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$Q_p = 0,06 \cdot 1,92 \cdot 0,08 = 0,0092 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$Q_{ox} = 0,06 \cdot 1,92 \cdot 0,3 = 0,0023 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Загальна продуктивність складає:

$$Q_o = Q_{np} \cdot Q_p \cdot Q_{ox}; \quad (3.24)$$

$$Q_o = 0,0346 + 0,0092 \cdot 0,0023 = 0,0461 \text{ м}^3 / \text{с} = 2766 \text{ л} / \text{мин}.$$

Близько преса встановлена насосно-акумуляторна станція, до складу якої входять 9 насосів, балон гідравлічний місткістю 9900 літрів, два повітряні балони місткістю по 9900 літрів кожен.

Технічна характеристика насоса Г305А:

Продуктивність	750л/хв
Діаметр плунжера	65мм
Робочий тиск	32МПа
Хід плунжера	215мм

Число оборотів коленвала	375 1/хв
Габаритні розміри:	
у плані	2615x2020м
висота над рівнем підлоги	2230мм
Вес насоса	8140кг
Займана площа	25.3 м ²

Розрахована продуктивність Q_o підвищує продуктивність існуючого насоса, тому визначаємо необхідну кількість насосів:

$$n = \frac{Q_o}{Q_n}; \quad (3.25)$$

де $Q_n=750$ л/мин – продуктивність насоса.

$$n = \frac{2766}{750} = 3,6;$$

Приймаємо необхідну кількість насосів $n=4$. Тоді загальна продуктивність установки складе $Q_{\text{общ}} = 4 \cdot 750 = 3000$ л/мин.

Потужність навалюванню насоса визначається по формулі:

$$N = \frac{p_n \cdot Q_o}{612 \cdot \eta}; \quad (3.26)$$

де - тиск, який створює насос $кг/см^2$:

Q_n - продуктивність насоса, л/мін:

η - КПД насоса $\eta=0,9$.

$$N = \frac{320 \cdot 750}{612 \cdot 0,9} = 436кВт.$$

Насос приводиться в дію від синхронного електродвигуна потужністю $p_n=500$ кВт і числом оборотів ротора $n_n = 375$ об/мин.

3.6. Розрахунок робочого циліндра преса

У гідравлічному пресі вільного кування зусиллям 63МН використовуються циліндри плунжерного типу з опорою на фланець. У

даному проекті приведений розрахунок центрального циліндра гідравлічного преса.

По особливостях напруженого стану циліндр умовно ділять на три зони: циліндрову – А, зону опорного фланця – Б і дно – В (рис.3.5)

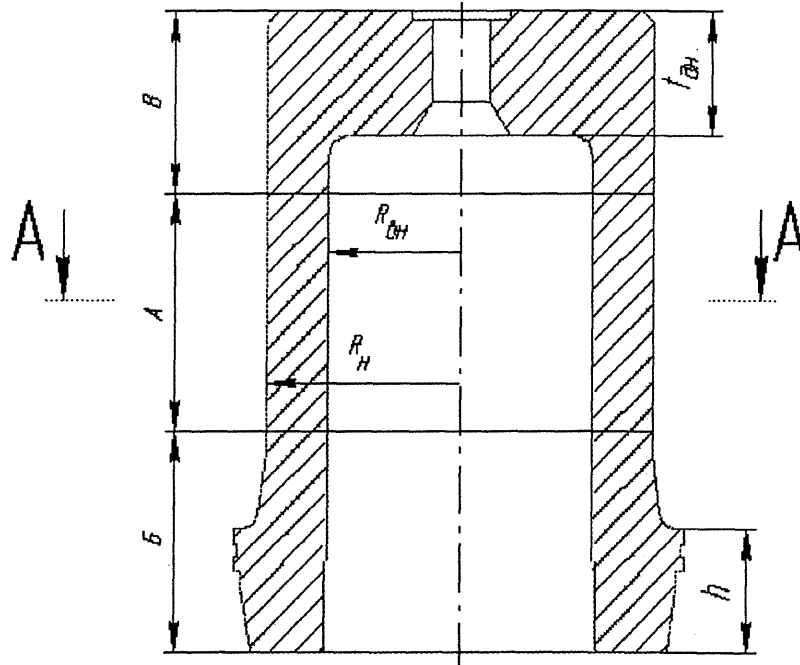


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема циліндра.

Циліндрова зона розглядається як труба з товстими стінками і розраховується згідно залежностей Ляме. При дії на циліндр тільки внутрішнього тиску, в його стінці виникають наступні напруги:

Радіальні напруги:

$$\sigma_r = -p_n; \quad (3.27)$$

$$\sigma_r = 32 \text{ МПа};$$

тангенціальні напруги:

$$\sigma_r = p_n \frac{\kappa^2 + 1}{\kappa^2 - 1}; \quad (3.28)$$

де κ - відношення зовнішнього $r_{вн} = 670 \text{ мм}$ і внутрішнього радіусів циліндра (рис.3.5)

$$\kappa = \frac{670}{460} = 1,46$$

$$\sigma_r = 32 \cdot \frac{1,46^2 + 1}{1,46^2 - 1} = 88,56 \text{ МПа};$$

Осьові напруги:

$$\sigma_z = \frac{p_n}{\kappa^2 - 1}; \quad (3.29)$$

$$\sigma_z = \frac{32}{1,46^2 - 1} = 28,3 \text{ МПа};$$

Епюра розподілу напруг приведена на рис.3.6

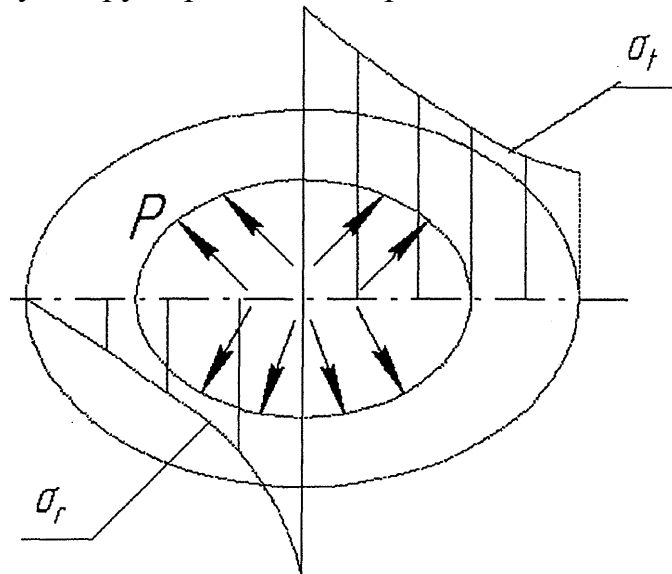


Рисунок 3.6 – Епюра розподілу напруг із стінках циліндра

Максимальні еквівалентні напруги, які виникають на внутрішній поверхні циліндра, згідно енергетичної теорії міцності складають:

$$\sigma_s^{\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot \kappa^2}{\kappa^2 - 1} \cdot p_n \leq [\sigma]; \quad (3.30)$$

$$\sigma_s^{\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,46}{1,46 - 1} \cdot 32 = 104,4 \text{ МПа}.$$

Для стандартних значень тиску величина допустимої напруги складає $[\sigma] = 125 - 160 \text{ МПа}$ [11]. Оскільки, то робимо висновок, що товщина стінки циліндра є достатньою.

У перетинах циліндра, розташованих біля фланця або дна, виникають додаткові напруги згинання, які можуть бути набагато більше в порівнянні з

напругами в циліндровій частині. Тому розміри дна і фланця визначають по встановлених співвідношеннях.

Товщина дна складає:

$$t_{\text{дн}} = (1,5 - 2) \cdot t_y ; \quad (3.31)$$

де - товщина стінки циліндра.

Приймаємо $t_{\text{дн}} = 1,95 \cdot t_y = 410 \text{ мм}$.

Перехід від циліндрової частини до дна повинен бути плавним з радіусом $R \geq 0,04 \cdot t_y$. Приймаємо значення $R = 90 \text{ мм}$.

Товщина фланця складає $h = 1,9 \cdot t_y$. Приймаємо $h = (1,5 - 2) \cdot t_y = 400 \text{ мм}$.

Радіус переходу від зовнішньої стінки циліндра до поверхні фланця приймають рівним $r = (0,2 - 0,25) \cdot t_y$. Приймаємо значення $r = 0,22 \cdot t_y = 45 \text{ мм}$.

3.7. Розрахунок плунжерів

Даний плунжер центрального циліндра є плунжером з порожниною і з жорстким з'єднанням з рухомою траверсой.

Плунжери з порожниною розраховуються згідно енергетичної теорії міцності. Еквівалентна напруга на внутрішній поверхні плунжера:

$$\sigma_{\text{екв}} = p \cdot \sqrt{\frac{(1 - \kappa)^2 + 3}{\kappa^2 - 1}} ; \quad (3.32)$$

$$\text{де } \kappa = \frac{D_{nl}}{D_n}$$

$D_{nl} = 900 \text{ мм}$ – діаметр плунжера;

$D_n = 300 \text{ мм}$ – діаметр порожнини.

$$\kappa = \frac{900}{300} = 3$$

$$\sigma_{\text{экв}} = 32 \cdot \sqrt{\frac{(1-3^2)^2 + 3}{3^2 - 1}} = 114,8 \text{ МПа};$$

Напряга в місці з'єднання стійки і плунжера з дном:

$$\sigma = a_{\kappa} \cdot \sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma]; \quad (3.33)$$

де - коефіцієнт концентрацій, приймаємо $a_{\kappa} = 1,2$;

$[\sigma] = 360 \text{ МПа}$ - межа текучості матеріалу плунжера.

$$\sigma = 1,2 \cdot 114,8 = 137,8 \leq 360 \text{ МПа};$$

Напруги в дні плунжера:

$$\sigma_{\text{дн}} = 0,188 \cdot p \cdot \frac{D_n^2}{t_{\text{дн}}} \leq [\sigma]; \quad (3.34)$$

де $t_{\text{дн}} = 1700 \text{ мм}$ товщина дна плунжера, визначена з робочого креслення.

$$\sigma_{\text{дн}} = 0,188 \cdot 32 \cdot \frac{300^2}{1700} = 318,5 \text{ МПа} \leq [\sigma];$$

Розрахунок плунжерів на стійкість базується на завданні Ейлера. Критична сила при втраченій стійкості в пружній зоні визначається з виразу:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot E \cdot J_{\text{min}}}{(\mu_{\text{рн}} \cdot l)^2}; \quad (3.35)$$

де - коефіцієнт приведення довжини, залежить від способу кріплення плунжера, приймаємо $\mu_{\text{кр}} = 0,7$;

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ - модуль пружності сталі;

$l = 3,45 \text{ м}$ - довжина плунжера;

J_{min} - мінімальний момент інерції поперечного перетину плунжера м^2 .

$$J_{\min} = \frac{\pi \cdot D_{nl}^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{D_{nl} - 2 \cdot t}{D_{nl}} \right)^4 \right]; \quad (3.36)$$

де - товщина стінки плунжера.

$$J_{\min} = \frac{3,14 \cdot 0,9^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{0,9 - 2 \cdot 0,3}{0,9} \right)^4 \right] = 0,032 \text{ м}^4;$$

$$P_{кр} = \frac{3,14 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,032}{(0,7 \cdot 3,45)^2} = 3618 \text{ МН};$$

Критична напруга, яка виникає в поперечному перетині плунжера:

$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{F_{nl}}; \quad (3.37)$$

де - площа поперечного перетину плунжера м^2 .

$$F_{nl} = \frac{3,14 \cdot (0,9 - 0,3)^2}{4} = 0,28 \text{ м}^2$$

$$\sigma_{кр} = \frac{3618}{0,28} = 12921 \text{ МПа};$$

Оскільки критична напруга перевищує межу текучості (12921 МПа > 360 МПа), розрахунки проводимо по емпіричній формулі Ясинського.

$$\sigma_{кр} = a - b \cdot \lambda + c \cdot \lambda^2; \quad (3.38)$$

де $a = 310 - 360 \text{ МПа}$, $b = 1,1 - 1,2 \text{ МПа}$, $a = 310 - 360 \text{ МПа}$, $b = 1,1 - 1,2 \text{ МПа}$, $c = 0$ - досвідчені коефіцієнти для сталі;

$\lambda = 55 - 62$ - гнучкість.

$$\sigma_{кр} = 360 - 1,2 \cdot 62 = 285,6 \text{ МПа};$$

Критичне значення зусилля в цьому випадку рівне:

$$P_{кр} = \sigma_{кр} \cdot F_{nl};$$

$$P_{кр} = 285,6 \cdot 0,28 = 80 \text{ МН};$$

Величина подовжнього зусилля, що допускається, на плунжері рівна:

$$[P] = \frac{P_{кр}}{[n_{cm}]}; \quad (3.39)$$

де - критичне зусилля при втраченій стійкості;

$[n_{cm}] = 5 - 8$ - коефіцієнт запасу стійкості, що допускається, приймаємо $[n_{cm}] = 8$.

$$[P] = \frac{3618}{8} = 452,25 \text{ МН};$$

Оскільки, то робимо висновок про те, що плунжер має достатню стійкість на вигин.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1. Характеристика ступеня безпеки ділянки вільного кування, рівня його механізації і автоматизації

Ділянка вільного кування в своєму складі має ділянки з різними шкідливими умовами праці. Однією з основних ділянок цеху є прес зусиллям 63 МН.

Ковальсько-пресове устаткування встановлене на окремій ділянці від лінії механічної обробки.

Прес зусиллям 63 МН має високу швидкохідність і точність кування, яке досягається автоматичним управлінням із забезпеченням точності зупинки інструменту.

Гідравлічний прес працює від насосно-акумуляторної станції, яка забезпечує його рідиною високого тиску. Всі деталі преса, що знаходяться під тиском, піддаються постійному огляду, а також періодичним оглядам і випробуванням. До таких деталей відносяться перш за все циліндри преса, ущільнення і деталі гідравлічної системи: трубопроводи, рідинні балони, водо- і маслораспределители. Кожна несправність реєструється в спеціальному журналі.

Всі лінії високого тиску збираються з суцільнотягнутих сталевих труб, заздалегідь випробуваних на тиск в 1,5 разу вище за номінальне. Залежно від величини тиску і характеру рідини трубопроводи забарвлені в різні кольори: високого тиску - в червоний колір, низького - в зелений, лінії мастила - в жовтий, повітря - в блакитній. Щоб уникнути гідрударів в систему вбудовані баки-компенсатори.

Як кувальний інструмент використовуються бойки, що мають масу більше 4 т, тому вони зберігаються на підлозі. Злитки і поковки перетином більше 160x160 мм зберігаються на підлозі в штабелях або поштучно.

Відходи і окалина зберігаються в тарі. Пол в місці зберігання відходів виконується металевим. Місце зберігання відходів оснащено необхідними вантажопідйомними засобами. Матеріали, тари із заготовками, деталями і відходами розміщені в зручному для того, що зачалує місці. Конструкція захоплюючих пристосувань маніпулятора і шаржир-машини виключає можливість падіння або мимовільної зміни положення поковок і заготовок. Зв'язок між особами, підйомно-транспортними пристроями, що управляють, шаржир-машиною, маніпулятором з одного боку, і ковалями, стропальниками з іншого боку здійснюється за допомогою відповідної системи сигналів.

Також в цеху знаходяться запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів – відключення устаткування, гальмівні пристрої для швидкої зупинки рухомої частини машини і устаткування; блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані; сигналізація про наступаючу або таку, що наступила небезпеку. Велике значення має правильний розподіл функції між людиною і машиною в цілях зменшення тяжкості праці.

4.2. Аналіз потенційних небезпек і шкідливих чинників виробничого середовища

У боротьбі за створення здорових і безпечних умов праці велике значення має забезпечення такої організації технологічного процесу і такого стану устаткування, при якому виключається можливість появи шкідливих викидів в робочому приміщенні (газу, пилу, продуктів згорання, зайвого тепла) і небезпек травмування робочих.

При виконанні робіт на пресовій ділянці, робочі піддаються наступним небезпечним і шкідливим виробничим чинникам:

- наявність двох суміщеної залізничної і автомобільної безвиході;
- надходження в цех металу „гарячим всадом" і його розвантаження;

- наявність трьох рейкових передавальних візків;
- наявність десяти вантажопідйомних кранів і транспортування гарячого металу по ділянці;
- наявність двох кувальних маніпуляторів і двох шаржир-машин, які мають шість м'ір свободи руху;
- два гідравлічних преса з тиском робочої рідини до 30 МПа і виконанням на них двох особливо небезпечних операцій - це рубка гарячого металу і кування цапфи з прибуткової частини злитків ОДВ. Можливий гідравлічний удар в системі і зрив трубопроводів, також можливий перекис траверси і перевантаження колон. Робочою рідиною на пресі служить водна емульсія, яка може привести до утворення водної пари і туманів. Прес є додатковим джерелом підвищеного рівня шуму і вібрацій;
- вибивання клинів при знятті бойків на гідравлічних пресах;
- наявність на пресовій ділянці 25 печей, які працюють на природному газі; 13 печей з 25 мають викочування подину, що є додатковою небезпекою;
- термообробка поковок у ванні для гарту;
- ремонт виконавчих механізмів підняття-опускання заслінок на камерних печах при видачі металу на кування шаржир-машинами;
- наявність двох машин підлогових садчиків, які обслуговують термічні печі.

До шкідливих виробничих чинників відноситься інфрачервоне випромінювання, яке перевищує ГДК в 10 разів, запилена.

4.3. Технічні рішення по виробничій санітарії

4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення завдань і споруд цеху

Норми виробничої санітарії повинні забезпечити: раціональне розміщення підприємств, будівель і споруд; розміри виробничих приміщень;

вибір складу і компоновки допоміжних приміщень; оптимальні параметри метеорологічних умов; раціональне освітлення; рівень шуму і вібрації на робочому місці нижчий за допустимі значення.

Виробництва, до складу яких входять ковальсько-пресові цехи, відносяться до IV класу з шириною захисної зони 100 м (СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств»). У проектах промислового підприємства передбачені технологічні процеси, що виключають виділення шкідливих речовин в атмосферу, і достатньо ефективні заходи щодо недопущення шкідливого впливу виробничих чинників на населення: пиловловлювання, збільшення висоти труб, герметизація комунікацій, рекуперація.

Будівля цеху, в якому розташована пресова ділянка, відповідає діючі санітарні норми проектування промислових підприємств і протипожежні норми будівельного проектування промислових підприємств.

Виробниче приміщення цеху є одноповерховим. Висота прольоту цеху, оснащеного виробничим устаткуванням і мостовими кранами, вільно допускає збірку і розбирання найбільш високого устаткування. Висота виробничого приміщення від підлоги до стелі більше 3,2 м. Висота від підлоги майданчика, спорудженого у виробничому приміщенні, до низу виступаючих конструктивних елементів, що відносяться до вищерозташованим конструкцій або ліній комунікацій більше 2,0 м. Драбини, призначені для доступу на дах, мають поручні і кут нахилу не більше 60 °. Будівля цеху обладнана ліхтарями типа, що не задувається. Світлові отвори верхніх ліхтарів закриті армованим склом для захисту людей від випадних стекол. Пол виробничого приміщення настеляється з чавунних рифлених плит і має рівну неслизьку поверхню. Рівень підлоги мається в своєму розпорядженні вищим за рівень поверхні двору. В'їзд у виробниче приміщення не має порогів і уступів. В'їзний ухил не більше 0,05 °. Тунелі комунікацій перекриваються чавунними плитами необхідної міцності, що зручно знімаються. Над місцями розташування вентилів встановлені відкидні

кришки. Межі проїздів, проходів, робочих місць позначені добре видимими лініями, нанесеними білою незмивною фарбою. Білення виробничого приміщення проводиться не рідше за один раз на рік.

Найважливішими елементами, що забезпечують безпеку роботи і високу продуктивність праці, є освітленість, метеорологічні умови і чистота повітря в робочому приміщенні.

4.3.2 Опалювання і вентиляція

Метеорологічні умови створюються шляхом природної аерації повітря з додатковою штучною вентиляцією. У холодний і перехідний періоди року в приміщенні встановлені оптимальні допустимі метеорологічні умови:

- для постійних робочих місць оптимальні: температура повітря 17-19 °С, вологість повітря 30-60%, швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с; допустимі: температура повітря 15-20 °С, вологість - не більше 75%, швидкість руху повітря - не більше 0,5 м/с;

- для непостійних робочих місць допустима температура 13-20 °С.

Інтенсивність теплового опромінювання тих, що працюють від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів не перевищує 100 Вт/м² при опромінюванні не більше 25% поверхні тіла. Інтенсивність опромінювання робочих від відкритих джерел (нагрітий метал, відкрите полум'я і ін.) не перевищує 140 Вт/м², при цьому опромінюванню піддається не більше 25% поверхні тіла. Обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту, зокрема особи і очей.

Нагрівальні печі, розжарений метал є джерелами забруднення повітря. Для боротьби з газами на ділянці є витяжні пристрої, які служать для відведення продуктів згорання безпосередньо від печей через систему свиней і димар в атмосферу. Зменшення теплових втрат через кладку печі досягається ізоляцією стінок печі шляхом обмазки зовнішніх поверхонь шаром теплоізолюючого матеріалу. Для боротьби з тепловим потоком

застосовують також щити і екрани, які встановлюються між джерелами випромінювання і робочими місцями.

Зміст шкідливих речовин в повітрі не перевищує гранично допустимі концентрації, використовувані при проектуванні будівлі, технологічних процесів, устаткування, вентиляції, для контролю за якістю виробничого середовища і профілактики несприятливої дії на здоров'ї робочих.

Розрахунок вентиляції.

На ділянці встановлено дев'ять нагрівальних печей. Необхідно створити мікроклімат з температурою 20 °С і відносною вологістю не більше 75%. Розрахунок повітрообміну ведеться по формулі:

$$L = \frac{Q}{c \cdot (t_{yx} - t_{np}) \cdot \rho} \quad (4.1)$$

де Q - тепловиділення, Дж/час;

$c = 0,29$ Дж/кг°С - теплоємність повітря;

$t_{yx} = 45^\circ\text{C}$ - температура повітря, що йде;

$t_{np} = 18^\circ\text{C}$ - температура повітря, що приходить;

$\rho = 1,41$ кг/м³ - щільність повітря.

Тепловий потік, що випромінюється кладкою визначається по формулі:

$$Q = \varepsilon_0 \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_k}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right] \cdot F_{кл} \quad (4.2)$$

де $\varepsilon_0 = 0,9$ - ступінь чорноти тіла;

$C_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²-К⁴ - коефіцієнт випромінювання;

$T_k = 1473$ До - температура усередині печі;

$T_0 = 318$ К - температура навколишнього середовища;

$F_{кл} = 133$ м² - площа поверхні кладки печі.

$$Q = 0,9 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \left[\left(\frac{1473}{100} \right)^4 - \left(\frac{318}{100} \right)^4 \right] \cdot 133 = 0,319 \text{ Вт} = 1148,4 \text{ Дж/час},$$

$$L = \frac{1148,4}{0,29 \cdot (45 - 18) \cdot 1,41} = 104,87 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Потужність двигуна вентилятора розраховується по формулі: 1

$$N = \frac{L \cdot H}{3600 \cdot 1,2 \cdot K_1 \cdot K_2}, \quad (4.3)$$

де $K_2=1$ ККД передачі, на валу електродвигуна;

$K_1 = 0,8$ - ККД вентилятора;

$H = 40$.

$$N = \frac{1148,4 \cdot 40}{3600 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1} = 13,3 \text{ кВт}.$$

4.3.3 Освітлення

Освітленість визначається відношенням світлового потоку, падаючого на поверхню, до площі освітлюваної поверхні. Для штучного освітлення на ділянці застосовується освітлювальна установка з газорозрядними (люмінесцентними) лампами, яка забезпечує рівень освітленості 200 лк, встановлену СНіП II-4-79 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування». Лампи забезпечені освітлювальною арматурою, яка захищає очі від сліпучої дії ламп. Штучне освітлення ділиться на робоче і аварійне. Робоче освітлення призначене для забезпечення нормальної роботи ділянки в темний час доби, а аварійне включається, коли воно необхідне для продовження роботи при раптовому відключенні робочого освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднані до окремої електричної мережі.

4.3.4 Санітарно-побутові приміщення

Санітарно-побутові приміщення для робочих, інженерно-технічних працівників і обслуговуючого персоналу в ковальсько-пресовому цеху спроектовані відповідно до вимог СНіП 2.09.04-84 «санітарно-побутові приміщення». До них відносяться вбиральні, душові, убиральні, курилки, пристрої питного водопостачання, приміщення для зберігання спецодягу. До адміністративних приміщень відносяться приміщення охорони здоров'я, громадського харчування, конструкторські бюро, приміщення для учбових занять і громадських організацій.

4.3.5 Виробничий шум, виробнича вібрація

При розробці технологічних процесів, проектуванні, виготовленні і експлуатації машин, виробничих будівель і споруд, а також при організації робочого місця слід брати до уваги всі необхідні заходи по зниженню шуму, що впливає на людину на робочих місцях, що до значень не перевищують допустимі. Для ковальсько-пресових цехів існують такі норми тиску і рівня звуку (Таблиця 4.1).

Зниження шуму проводиться:

- розробкою шумобезопасной техніки;
- застосуванням засобів і методів колективного захисту по ГОСТ 12.1.029-80;
- застосуванням засобів індивідуального захисту по ГОСТ 12.4.051-78.

Зони з рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку вище 85 дБ/А позначають знаками безпеки по ГОСТ 12.4.026-76. На підприємстві забезпечений контроль рівнів шуму на робочому місці не рідше за один раз на рік.

Таблиця 4.1 - Норми тиску і рівня звуку ГОСТ 12.1.003-761

Робоче місце	Рівень звукового тиску дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ/А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Кабіни управлінь і дистанційного керування: без мовного зв'язку по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
з мовним зв'язком по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Постійні робочі зони у виробничих приміщеннях	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Засоби і методи колективного захисту від шуму залежно від способу реалізації підрозділяються на акустичні, архітектурно-планувальні, організаційно-технічні. Використовувані на підприємстві архітектурно-планувальні методи включають:

- раціональні акустичні рішення планувань будівель;
- раціональне розміщення технологічного устаткування, машин і механізмів;
- раціональне розміщення робочих місць;
- раціональне планування зон і режиму руху транспортних засобів і транспортних потоків;

Організаційно-технічні методи захисту від шуму:

- застосування малошумних технологічних процесів;
- оснащення галасливих машин засобами дистанційного керування і автоматичного контролю;
- застосування малошумних машин; зміна конструктивних елементів машин, їх складальних одиниць;

- вдосконалення технології ремонту і обслуговування машин;
- використання раціональних режимів праці і відпочинку працівників.

Для захисту від дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників працюють в ковальсько-пресових цехах повинні забезпечуватися спецодягом, спецвзуттею і запобіжними пристосуваннями. Нагрівальщикам при оцінці якості і характеру полум'я, визначенні рівномірного прогрівання металу, при завантаженні і вивантаженні металу з печі, необхідно користуватися спеціальними окулярами з синіми стеклами або щитками, що захищають очі від яскравого світла, інфрачервоних променів і попадання окалини.

4.4. Заходи щодо техніки безпеки

Ковальсько-пресове устаткування встановлене на окремій ділянці від лінії механічної обробки. Ширина цехових проходів і проїздів, відстані між устаткуванням і елементами будівель відповідають нормам технологічного проектування. Між пресом і насосно-акумуляторною станцією існує телефонний зв'язок і сигналізація. На ділянці існують схеми трубопроводів, на робочих місцях є інструкції з вказівками основних заходів безпеки при роботі.

Як засоби безпеки в насосно-акумуляторній станції використовуються регулятор рівня рідини, циркуляційний клапан, що переводить насоси на неодружений режим у разі виникнення аварійної ситуації, автоматичний клапан, роз'єднуючий при неполадках насосно-акумуляторну станцію і прес.

Для попередження перевантаження колон на них встановлені прилади контролю напруг, сигналізуючи про виникнення небезпеки, а при аварійному перевантаженні що відключають прес від трубопроводу рідини високого тиску. Щоб оберегти робочі від падаючих гайок, що відгвинтилися, шпильок, що розірвалися, і частин сальника, на траверсі під фланцями встановлені уловлюючі металеві кожухи. Щоб усунути вихід плунжерів з циліндрів, на пресі встановлений обмежувач нижнього положення рухомої траверси. Прес

забезпечений пристроєм, що запобігає мимовільному опусканню траверси під дією власної ваги, при падінні тиску в мережі, при розриві трубопроводу високого тиску і інших неполадках. Також на пресі є пристрій для утримання траверси у верхньому положенні при виконанні ремонтних робіт. Забороняється працювати на пресі без відповідних справних захисних пристроїв, звукової і світлової сигналізації.

Ремонтні роботи усередині робочої камери печі дозволяється проводити тільки за наявності наряду-допуску після охолодження, провітрювання і відключення печі від газопроводу листовою заглушкою і продування відключеної ділянки газопроводу. Напруга переносного освітлення повинна бути не більше 12 В. На час ремонту механізмів підйому заслінки і викочування подини, прямики печей повинні бути захищені. На період ремонту механізму підйому заслінки на камерній печі на вимогу бригадира чергових слюсарів або бригадира чергових електриків по команді майстра кування припиняється рух кувальної шаржир-машини або машини, підлогового садчика. Рух машин поновлюється по команді майстра кування після закінчення ремонту з обов'язковим записом в агрегатний журнал.

Для полегшення умов праці на ділянці встановлені: кувальний маніпулятор, шаржир-машина, машина, підлогового садчика, використовуються електромостові крани і передавальні візки.

Транспортування металу проводиться ланцюгами або спеціальними кліщами. Дротяними кільцями дозволяється користуватися тільки справними і у виняткових випадках для підйому і укладання пакету в бугель, для перезацепки його ланцюгами і перевезення металу на відстань не більше 10 м. Над устаткуванням і механізмами транспортувати метал в дротяних кільцях забороняється. Спеціальні кліщі повинні відповідати розміру і формі заготовок, не мати тріщин, зносу насічки площин, ослаблень в заклепках і сполучних болтах. Забороняється піднімати і транспортувати коробки з вантажем, що звішується. При підйомі штучних заготовок або пакетів, як виняток дозволяється утримувати знімні пристосування (стропи, ланцюги,

комбіновані ланцюги) руками до повного натягнення, при цьому руки повинні знаходитися на гілках ланцюгів або стропов між крюком крана і вантажем в безпечному від затискання місці. Після натягнення відійти від вантажу на безпечну відстань і дати команду кранівнику на підйом.

Передавальні візки обладнані так, щоб виключити падіння предметів при русі, вантаженні і розвантаженні. Згідно правилам передавальні візки забарвлені в жовтий колір, з чорними смугами, похилих, шириною не менше 100 мм під кутом 60°. На візку маркірується порядковий номер і вантажопідйомність. На колії руху передавального візка є безвихідь заввишки не менше 1/4 висоти колеса. Щоб уникнути випадкового пуску в хід візка, вона забезпечена блокуючим пристроєм і ключем-биркою. Ключ-бирка знаходиться у робочого, що має право на управління, передача її іншим особам заборонена. Пуск візка в рух повинен здійснюватися з місця, розташованого в зоні якнайкращого огляду всієї транспортної лінії.

Згідно ПУЭ-86 „Правила пристрої електроустановок” будівля, в якій розташована ділянка, відноситься до особливо небезпечних, оскільки характеризується високою температурою, наявністю металеві струмопровідної половини, виділенням металевого струмопровідного пилю і можливістю одночасного торкання до сполучених із землею металоконструкцій і металевих корпусів електроустаткування.

Щоб забезпечити електробезпеку електроапаратура преса (за винятком кінцевих вимикачів, електромагнітів і інших пристроїв, монтаж яких на машині диктується умовами роботи) встановлена в окремій шафі, що замикається. На внутрішній стороні кришки шафи розміщена монтажна і принципова схема електроустаткування машини з маркіровкою дротів і апаратури. Дверці шафи забезпечені замком під ключ, що виймається, відключає живлення машини при відкритті дверець і що запобігає включенню ввідного апарату при відкритих дверцях. Блокування допускає можливість доступу кваліфікованого обслуговуючого персоналу до електроустаткування, що знаходиться під напругою, для огляду, наладки за

умови автоматичного відновлення блокування після закриття дверей. Електропроводка має кольорову ізоляцію, що дозволяє розрізнити призначення проводки і напруга.

Зовнішня електропроводка поміщена в газові труби. Внутрішня електропроводка, прокладена в місцях можливих пошкоджень або попадання вологи і масла, поміщена в герметичні металорукава. Токоведучі частини електродвигуна, електроприладів і проводка захищені і недоступні для випадкового дотику.

Станина преса, корпуси електродвигунів, кожухи електроапаратури і інші металеві частини ковальсько-пресового устаткування, які можуть опинитися під напругою вище 42 В, заземлені і занулені відповідно до діючих правил пристрою електроустановок. Електроустаткування оснащено мінімальним захистом, що виключає незалежно від положення органів управління мимовільне включення ковальсько-пресового устаткування при відновленні раптово зниклої напруги.

Під час роботи на машині, підлогового садчика, шаржир-машині і маніпуляторі у машиніста на підлозі кабіни повинен бути діелектричний килимок, який перевіряється машиністом на початку кожної зміни візуально на механічну міцність із записом в агрегатному журналі. Всі переносні механізми дозволяється переміщати з одного місця на інше тільки по вказівці майстра або начальника зміни після відключення черговим електриком електроживлення. Після місцеположення переносних механізмів інше перевіряється справність заземлення. Перед початком роботи змінний машиніст, одержавши від машиніста попередньої зміни ключ-бирку, зобов'язаний оглянути і перевірити стан і справність всіх механізмів і електроапаратури. Перед оглядом і перевіркою стану і дії механізмів електроапаратури слід переконатися в тому, що рубильник на розподільній панелі відключений, вийнятий ключ-бирка і пускова апаратура поставлена в нульове положення. При огляді електроапаратури машиністам забороняється відкривати електрошафи. При раптовому припиненні подачі електроенергії

або при значному пониженні напруги в мережі всі контролери повинні бути негайно переведені в нульове положення.

Забороняється проводити посадку в нагрівальні печі вологого або покритого снігом (льодом) металу щоб уникнути вибуху. Не допускається охолодження печей водою. Забороняється користуватися вогнем для визначення місця витоку газу, оскільки природний газ з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші. Межа небезпеки природного газу в повітрі складає від 4 до 15%. При внесенні в такі суміші джерела вогню або високонагрітого тіла відбудеться вибух. Якщо при розпалюванні печі газ при подачі через перший пальник не зажевріє або, зажеврівши, потухне, необхідно припинити подачу газу, перевірити топку і димарі і після усунення неполадок приступити до повторного запалення. Газ і повітря при запаленні і регулюванні пальників треба подавати поступово і лише при встановленому тиску. При регулюванні газових пальників для збільшення навантаження спочатку збільшують подачу газу, а потім повітря; при зменшенні навантаження слід спочатку зменшити подачу повітря, а потім подачу газу. Така послідовність оберігає відрив полум'я від пальника. Регулювання подачі газу і повітря повинне забезпечити повне згорання газу. Робота газових установок з недопалюванням газу не допускається. При виключенні газових пальників треба поступово і по черзі збавляти подачу повітря і газу. Забороняється заливати гарячу окалину і подину печі водою, а також перекидати коробки з гарячою окалиною на сирому підлогу або снігу щоб уникнути вибуху.

4.5. Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Згідно СНіП 2.09.02-85 «Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування» ковальсько-пресовий цех відноситься до категорії Г виробництв по пожежонебезпеці, і характеризується тим, що речовини, що не згорають, і матеріали знаходяться в гарячому, розжареному або

розплавленому стані; процес їх обробки супроводжується виділенням променистого тепла, іскр і полум'я. Ступінь вогнестійкості одноповерхової будівлі - V. Площа поверху між протипожежними стінами складає 1500 м². Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу складає 120 м.

Пожежна безпека на ділянці забезпечується:

- системою запобігання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

До первинних способів пожежогасінні відносяться вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з теплоізоляційного матеріалу, що не згорає, ящики з піском, бочки з водою) і пожежні інструменти (крюки, ломи, сокири, совкові лопати). Покривала мають розміри не менше 1x1 м (для невеликих пожеж). Бочки з водою застосовуються з розрахунку одна бочка на 250-300 м² площі. Місткість бочки не менше 0,2 м³.

Пожежні щити встановлюються на території ділянки з розрахунку один щит на площу 5000 м². У комплект щита входять: вогнегасники - 3 штуки, ящик з піском, покривало розміром 2x2 м, крюки - 3 штуки, ломи - 2 штуки, сокири - 2 штуки. Ящики з піском мають місткість 0,5 м³, 1,0 м³ або 3,0 м³ і укомплектовані совковою лопатою.

Щоб уникнути самозагорання використаного обтирального матеріалу, зберігання його здійснюється далеко від нагрітих предметів, опалювальних пристроїв, електроустаткування і електроустановок в металевих контейнерах, що щільно закриваються. Використаний обтиральний матеріал віддається з ящика не рідше за один раз в зміну.

Перед початком роботи на нагрівальному устаткуванні необхідно перевірити чи немає витоку газу в місцях з'єднань вентилів, пробкових кранів і газопроводів. Піч повинна бути вимкнена:

- при появі витоку газу;
- при падінні тиску газу нижче 50 мм вод. ст.;

- при припиненні подачі повітря або (и) газу;
- при виникненні загрози пожежі;
- при раптовому припиненні або недостатній тязі в печі.

У разі займання газу, що виділяється унаслідок нещільності газопроводу, необхідно вжити термінові заходи до його гасіння. Гасіння проводиться накиданням на вогнище горіння мокрою брезенту, листового азбесту, збиттям полум'я струменем пари або інертного газу. Можливо застосування підручних матеріалів. Заздалегідь слід знизити тиск в газопроводі до 50-100 мм вод. ст., прикриваючи найближчу до місця горіння газову засувку на відведенні. Повне відключення газу в цьому випадку неприпустимо, оскільки можливо проникнення повітря в газопровід з подальшим вибухом. При займанні газу необхідно стежити, щоб не відбувся спалах прилеглих споруд. Електроустаткування, що горить, гасити вуглекислотним вогнегасником, який повинен бути на машині, підлогового садчика.

4.6. Заходи щодо захисту навколишнього середовища

Стічні води, що утворюються в ковальському виробництві складають від 30 до 50 % загальної їх кількості. Стічні води утворюються при охолодженні поковок, змиві і транспортуванні окалини, а також при охолодженні пил, ножиці і інших допоміжних механізмів. Стічні води містять окалину, масло, емульсію, кислоти, токсичні речовини. Вода забруднюється окалиною при гідросбиві і гідрозмиві.

При хімічній і електрохімічній обробці металів (труїть, нанесенні покриттів і т.д.) утворюються стічні води, що містять хімічні забруднення. Об'єм стічних вод при тому, що труїть металу залежить від виду виробів і в середньому складає 300 - 400 м³/ч і більш. У стічних водах міститься з'єднання амонія, кислоти, метали, сірководень, кремній сульфати хлор, хлориди, сульфіді і ін.

Окаліновмістовні стічні води в основному освітлюються. Цей процес йде в два етапи: спочатку стічні води проходять відстійники грубого освітлення, у вторинних відстійниках відбувається тонше очищення. Крім відстійників, для очищення окаліни стічних вод, що містять, використовують гідроциклони.

У ковальському виробництві використовується система зворотного водопостачання. В даний час на сучасних підприємствах передбачається триступінчата система очищення оборотної води.

Перший ступінь включає яму для окаліни, радіальні відстійники з камерами фокуляції і сітчасті фільтри.

Як другий ступінь очищення в системі передбачаються відстійники з вбудованими камерами утворення пластівців гідроциклоного типу.

На третьому ступені очищення (тонке очищення окаліни і маслосодержащих стічних вод) застосовуються спеціальні фільтри: антрацито - кварцеві або з плаваючим пенополистирольной завантаженням.

При тому, що труїть металів різними кислотами утворюється велика кількість високомінералізованих відпрацьованих травильних розчинів і промивних вод. Для отримання товарної продукції і використання очищених вод (після їх доочистки) в системі зворотного водопостачання застосовується реагентна обробка таких стоків.

Як реагент для нейтралізації стічних вод, що містять кислоти, використовуються будь-які луки і їх солі (вапняк, доломіт, мармур крейда, їдкий натр, вапно, магнезит, сода і ін.). Найбільш дешевим реагентом є гідроксид кальцію.

Надійніший захист водоймищ від забрудненні забезпечується при використанні технології нейтралізації за допомогою аміаку аміачної води, оскільки в цьому випадку можлива нейтралізація не тільки травильних розчинів тих, що містять солі заліза, нікелю, кобальту, хрому, молібдену, але і інших металів.

Для знешкодження стічних вод, що утворюються при хіміко-термічній обробці металів (хромуванні, ціануванні, силіціюванні і ін.), застосовуються електрохімічні методи. Для знешкодження ціановмісних стічних вод використовуються також вапняне молоко, рідкий хлор, гіпохлорит натрію, гіпохлорит кальцію хлорне вапно, перекис водню.

У ковальському виробництві питання охорони навколишнього середовища нерозривно пов'язані з виробничими процесами, устаткуванням, організацією виробництва і найефективніше розв'язуються розробкою прогресивної технології.

Визначальними чинниками є:

- точне ведення технологічного процесу;
- систематичний контроль за основними параметрами нагрівальних печей і ковальського устаткування;
- пристрій систем оперативної сигналізації про екстремальні умови технологічних устаткування процесів і стані агрегатів і устаткування.

У зв'язку з цим велика роль в рішенні питань точного ведення технологічних процесів і запобігання аварійним ситуаціям викидів шкідливих речовин належить робочим основних професій ковальських цехів: нагрівальники металу, вальцівникам - операторам, різьбярем металу, термістам, робочим, обслуговуючим травильне відділення.

Технічний прогрес в чорній металургії і рішення задач з довкілля охорони здійснюється по двох основних напрямках.

Перше - створення таких процесів виробництва і обробки металу, які б різко понизили його витрату. Цей напрям активно розвивається, вирішуючи екологічні і економічні задачі.

Другий напрям пов'язаний із створенням безвідходних і екологічно безпечних процесів отримання чорних металів. В цьому випадку потрібна радикальна зміна технології, створення принципово нового устаткування і процесів.

Основною метою розділу «Охорона праці» є опис і аналіз небезпечних і шкідливих чинників ковальського виробництва.

У даному розділі викладена безпечна експлуатація машин і механізмів, описані інтенсивність тепловиділень основних металургійних агрегатів і засобу захисту від теплових дій.

Велика увага приділена організації роботи по охороні праці на ділянці вільного кування, викладені основні вимоги по роботі при експлуатації електричного і енергетичного устаткування, а також методи усунення небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що мають місце в металургійному виробництві.

Таким чином, забезпечення безпеки праці кожної працюючої людини є завданням великого економічного значення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблений і описаний проект ділянки поковки в умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь». Об'єктом дослідження є ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН. У загальній частині розглянута характеристика, основне і допоміжне устаткування, проаналізований діючий технологічний процес і варіанти його реконструкції. Ділянка вільного кування на пресі зусиллям 63 МН є ділянкою з високим ступенем механізації. У даній роботі пропонується установка на гідравлічному кувальному пресі підйомно-поворотного столу. Застосування його забезпечує економію енергоносіїв і скорочення втрат металу унаслідок чаду. Також в роботі пропонується установка автоматизованої системи контролю і управління тепловим режимом нагрівальних печей, вона призначена для оперативного контролю основних параметрів і оперативного управління роботою печей з метою дотримання технологічного процесу нагріву і термообробки поковок, збору, обробки і зберігання значень технологічних значень технологічних параметрів.

Далі проведений розрахунок технологічних операцій кування поковки круглого перетину діаметром 300 мм, трудомісткості виготовлення поковок. Розроблена маршрутна технологія, проведений аналіз можливих видів браку готової продукції. У механічній частині дипломного проекту представлена робота і конструкції механізмів, вузлів, деталей. Проведені розрахунки допустимих зусиль головного виконавчого механізму.

Далі описані заходи щодо охорони праці і навколишнього середовища, по техніці безпеки, по виробничій санітарії і гігієні праці, по пожежній безпеці. Дані заходи забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Результати виконаною роботою в даній кваліфікаційній роботі доцільно впровадити в технологічний процес виробництва поковок на ПрАТ «Дніпроспецсталь».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Серода Б.П. Обробка металів тиском : навчальний посібник. Запоріжжя.: ЗДІА, 2005. 243с.
2. Серода Б.П. Термическая обработка : учебное пособие. Запорожье : ЗГИА, 2003. 270 с.
3. Серода Б.П. Металловедение и термическая обработка черных и цветных металлов : учебное пособие. Запорожье: ЗГИА, 2003. 264 с.
4. Серода Б.П. Металлография цветных металлов : учебное пособие. Запорожье : ЗГИА, 1998. 215 с.
5. Серода Б.П. Теория строения жидкого, кристаллического и аморфного состояния вещества : учебное пособие. Запорожье : ЗГИА, 2003. 206 с.
6. Чичко А.Н., Березин А.С. Моделирование процесса нагрева слитка в многозонной печи. *Сталь*. 2006. №1. С.46-47.
7. Миленин А.А., Динченко В.Н., Шрамко А.В. и др. Совершенствование технологииковки заготовок. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2005. №6. С.33-37.
8. Яндль К., Нарут Х.П., Райзингер П. и др. Требования к качеству при высокоэффективном производстве стали. *Черные металлы*. 2006. №2. С.65-73.
9. Валиев Р.З. Исламгалиев Р.К., Юнусов Н.Ф. Сверхпластичность металлических материалов, полученных методом интенсивной пластической деформации. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 2006. №2. С.5-8.
10. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов*. Москва : Металлургия, 1993. 447с.
11. Желябіна Н.К., Беліченко А.Г., Бойко О.В. Організація та планування виробництва : учбово-методичний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 174 с.

12. Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. Москва : Металлургия, 1975. 536 с.
13. Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда” в дипломных проектах для студентов всех специальностей/ Составители: С.П. Панасейко, В.К. Тарасов, Ю.П. Павленко, В.Г. Рыжков, И.Г. Резниченко, Е.П. Павлова – Запорожье: Изд-во ЗГИА, 2002-56с.
14. Аханченко А.Г. Пожарная безопасность предприятий черной металлургии. Москва: Металлургия, 1970. 240с.
15. Белов А.Ф., Розанов Б.В., Линц В.П. Общая штамповка на гидравлических прессах. Москва : Машиностроение, 1986. 240 с.
16. Булак В.Н., Добровольский И.Г., Овчинников П.С. Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов. Москва :Высшая Школа, 1978. 285 с.
17. ГОСТ 5950-73 Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия.
18. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. Совет: Семенов и др. Москва : Машиностроение, 1985. Т2. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка/ Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 568с.
19. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ Ред. Совет: Семенов и др. Москва : Машиностроение, 1985. Т2. Горячая штамповка/ Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 592 с.
20. Юдович С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей. Москва : Машиностроение, 1984. 127с.
21. Ковка слитков на прессах / Л.Н. Соколов, Н.М. Золотухин, В.Н. Ефимов [и др].; под ред. Л.Н. Соколова. Киев : Техника, 1984. 127 с.
22. Михеев В.А. Гидравлические прессовые установки. Москва : Машгиз, 1948. 362с.
23. Проектирование кузнечных и холодноштампованных цехов и заводов : учеб. пособие для ВУЗов. М: Высшая школа, 1977. 423с.

24. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства
Москва : Машиностроение, 1976. 245 с.
25. Ковка на молотах и гидравлических прессах. Л.Н. Петров. В.Ф.
Касатонов, И.З. Энтин; под общ. ред. П.В. Камнева и А.П.
Атрошенко. Ленинград : Машиностроение, 1980. 128с.
26. Рябичева Л.А. Расчет и конструирование нагревательных печей
кузнечного производства : учеб. пособие. Киев : УМК ВО, 1989. 103
с.
27. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка : учебник для ВУЗов.
Москва : Высшая школа”, 1972. 352 с.
28. Техническое нормирование работ по свободной ковке под
парогидравлическими прессами. Общемашиностроительные
нормативы времени. Москва : “Машгиз”, 1962. 110 с.