

Міністерство освіти і науки України

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

Кафедра обробки металів тиском

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

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

на тему _____ Розробка технології кування круглої поковки діаметром 180 мм зі сталі X12МФ на РКМ-1000 _____

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1369-омт-с
Виноградов В'ячеслав Віталійович _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності (напряму підготовки)

136 Металургія _____
(шифр і назва)

спеціалізація

обробка металів тиском _____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

металургія _____
(шифр і назва)

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

Запоріжжя - 2022 року

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

Факультет _____ металургії _____
Кафедра _____ обробки металів тиском _____
Рівень вищої освіти _____ перший бакалаврський рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Напрямок підготовки / Спеціальність _____ 136 Металургія _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____ Обробка металів тиском _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____ металургія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ОМТ _____
_____ Белоконь Ю.О. _____

“ ___ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ Виноградову В'ячеславу Віталійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка технології кування круглої поковки діаметром 180
мм зі сталі X12MФ на РКМ-
1000 _____

керівник проекту (роботи) _____ Явтушенко Анна Володимірівна _____ к.т.н, доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” _____ 2022 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ технічна характеристика РКМ-1000 _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина, Механічна частина,
Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік посилань.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Загальна частина</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Технологічна частина</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Механічна частина</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>08-15.04.2022</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>27-29.04.2022</i>	
3	<i>Загальна частина</i>	<i>16-26.04.2022</i>	
4	<i>Технологічна частина</i>	<i>1-17.05.2022</i>	
4	<i>Механічна частина</i>	<i>20-31.05.2022</i>	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>27-31.05.2022</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>04.06.2022</i>	

Студент _____ *В.В. Виноградов* _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *А.В.Глебенко* _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 84 с., 7 рис., 11 табл.; використано літературних джерела 17.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення кування на РКМ-1000.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка поковки, режиму нагріву, та обтиску при виготовленні поковки. Аналіз проведених досліджень, та можливості впровадження їх у виробництві.

Методи розрахунків – стандартні методики розрахунків, які використовуються у кувальному виробництві.

Отримані результати і їх новизна – розроблена технологія кування і нагріву поковки з урахуванням обраних параметрів інструменту, що відповідає технічним і технологічним характеристикам агрегату, та допоміжного обладнання .

РАДІАЛЬНЕ КУВАННЯ, РКМ, РЕЖИМ НАГРІВУ, ЗЛИВОК, БОЙКИ, КРИТЕРІЙ БІО, ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦІЯ.

ЗМІСТ

Вступ	6
Загальна частина	8
1.1 Загальна характеристика підприємства та ковальського цеху	8
1.2 Аналіз конструктивних особливостей роботи обладнання	10
1.3 Особливості кування на РКМ-1000	10
Технологічна частина	12
2.1 Опис технологічного процесу кування	12
2.2 Визначення форми та розмірів вихідної заготовки	13
2.3 Визначення параметрів зливка	15
2.4 Розрахунок розмірів, та параметрів робочих бойків	18
2.5 Технологія нагріву	20
2.6 Розробка режиму обтиску та розрахунок зусилля кування	22
2.7 Аналіз можливих видів браку	25
Механічна частина	28
3.1 Загальні відомості про РКМ	28
3.2 Принцип роботи та технічна характеристика	28
3.3 Опис кінематичної схеми машини	32
3.4 Розрахункова частина	33
3.4.1 Кінематичні розрахунки	33
3.4.2 Силевий розрахунок головного виконавчого механізму	41
3.4.3 Перевірочний розрахунок зубчастої передачі	47
Охорона праці та техногенна безпека	57
4.1 Сутність охорони праці	57
4.2 Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища	59
4.3 Вимоги до пристрою цехів КШП	63
4.4 Вимоги безпеки до виробничого обладнання	66
4.5 Вимоги техніки безпеки до ковальського інструменту	68
4.6 Вимоги безпеки до організації, проведення робіт	68
4.7 Навчання та інструктаж працівників	70
4.8 Заходи для захисту від шумового навантаження	71
4.9 Заходи для захисту від метеорологічних умов	72
4.10 Заходи щодо поліпшення освітленості	73
4.11 Заходи для оздоровлення повітряного середовища	73
4.12 Заходи з пожежної безпеки	74
Висновки	80
Перелік посилань	82

ВСТУП

Обробка металів тиском є одним із завершальних етапів в одержанні заготовок з металів для машинобудівної промисловості.

Технологічний процес ковальсько – штампувального виробництва відрізняється простотою здійснення, високою економічністю й значною продуктивністю. За допомогою різноманітних способів кування й штампування одержують велику кількість кувань деталей машин і приладів.

Куванням можливо значно покращити внутрішню структуру сталі, збільшити хімічну і фазову однорідність і значно покращувати пластичні якості сталі. До того ж – деякі марки сталі можливо оброблювати тільки куванням, адже їх хімічний склад сприяє утворенню стійких карбідних решіток і складних фаз, що вимагають особливих режимів обробки тиском.

Тенденція вітчизняної промисловості, спрямована на метало- та енергозберігаючу технологію, вимагає ще більшого розвитку ковальсько-штампувального виробництва.

Створення та розвиток радіального обтиснення пластичним деформуванням на ротаційно та радіально обтискних машинах стало значним прогресом у галузі обробки металів тиском. Метод радіального обтиснення забезпечує високу точність заготовок, високу продуктивність процесу та малі втрати металу.

Радіально-кувальна машина є спеціальним агрегатом, який дозволяє кувати заготовки круглого, квадратного, або восьмигранного профілю. РКМ має значну продуктивність, при відповідному виборі інструменту, та забезпечує високі показники використання металу при виготовленні великогабаритних заготовок. Агрегат здатний виготовляти великогабаритні поковки із спеціальних сталей, що входять до третьої групи деформації включно: 10P6M5K5, 80X20HC, 0X18H4Г11АФ тощо.

Радіальний обтиск забезпечує формузміну матеріалу без руйнування до значних деформацій. Продуктивність вища в 4 – 6 разів, ніж за традиційного кування на сучасних швидкохідних пресах.

Висока точність виробів; низька шорсткість поверхні; зниження споживання енергії внаслідок виключення багаторазових підігрівів; зменшення звичайних припусків на обробку різанням на 33% підвищення якості структури та рівня механічних властивостей поковки; скорочення чисельності обслуговуючого персоналу можливість високого ступеня автоматизації процесу обробки (обтискання), аж до створення автоматизованих ділянок на основі переналагоджуваних – це основні переваги, завдяки яким радіальні машини мають таке широке поширення.

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Загальна характеристика підприємства та ковальського цеху

Повна назва підприємства – публічне акціонерне товариство “Електрометалургійний завод “Дніпроспецсталь” імені А. Н. Кузьміна”. Це провідне підприємство з виробництва жароміцних і прецизійних сплавів, нержавіючих, підшипникових, інструментальних, легованих конструкційних сталей.

У цей час завод має у своєму складі п'ять сталеплавильних цехів, ковальсько-пресовий цех, прокатний цех, ремонтно-механічний цех, цех ремонту металургійного устаткування й багато інших допоміжних цехів.

Серійна ділянка радіально-кувальної машини (РКМ) входить до складу цеху ковальсько-пресового цеху електрометалургійного заводу ПАТ «Дніпроспецсталь». Ковальський цех має заготівельну, кувальну і ділянку готової продукції.

Із заготівельної ділянки надходять злитки, заготовки одностонні заготовки. Заготовки зазнають обробку на абразивно – зачисних верстатах і підлягають нагріванню. Дві печі кільцеві з обертовим черенем обслуговують РКМ 1000, а печі із крокуючим подом, що живляться природним газом, обслуговують РКМ – 340.

У машинах з РКМ стоять по одному абразивно – відрізного верстату для обробки профілів квадрат = 80 – 300 мм. , діаметр 80 – 300 мм.

На ділянці готової продукції обробляють продукцію кувальної ділянки згідно Держстандарту України (ДСТУ) і протоколів узгодження із замовником. Це абразивне зачищення металу, обдирання, травлення, упакування. На цій ділянці проводиться вимір твердості.

З ділянки готової продукції проводиться відвантаження по призначенню.

Обладнання ковальського цеху представлено трьома основними групами: нагрівальне, підйомно-транспортне, основне та допоміжне. Всі різновиди обладнання ковальського цеху представлені в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Обладнання ковальського цеху

Найменування обладнання	Кількість	Потужність у кВт.	
		Одиниці	Всього
1. Нагрівальне обладнання			
- піч карусельна	2	140	280
- піч методична	1	100	100
2. Технологічне устаткування			
- РКМ – 1000	1	1600	1600
- РКМ – 3,4	1	800	800
- молот МПЧ 2т.с.	6	500	500
- молот МПЧ 1т.с.	1	350	350
- прес 250 т.с.	1	1200	1200
- прес 315 т.с.	1	1350	1350
3. Підйомно-транспортне обладнання			
- кран мостовий G=10т.	3	2,3	6,9
- кран мостовийи G=5т.	6	1,50	9,0
- електровізок G=3т.	2	1,2	2,4
- кувальний маніпулятор	4	-	-
4.Допоміжне обладнання			
- абразивно – зачисний верстат	3	1,2	3,6
- абразивний верстат	2	1,2	2,4
- абразивно – відрізний верстат	2	2,4	4,8
- зачисний верстат	1	4,2	4,2

1.2. Аналіз конструктивних особливостей роботи обладнання

При аналізі роботи обладнання цеху виявлені такі слабкі місця:

1. Поява мастила в місцях з'єднання кришки з корпусом, а також в місцях виходу валів з редуктора електровізка.

2. Надмірний нагрів електродвигунів механізмів переміщення мостових кранів.

3. Недоліки роботи гідроприводів, а саме насос не подає робочу рідину в гідропередачі, шум і вібрації в гідроприводі, нерівномірний рух гідравлічних органів, зворотний гідроклапан не утримує потоку робочої рідини, запобіжний гідроклапан, клапан розвантажувальний автоматичний або редуційний клапан не утримує тиску.

4. Недоліки в роботі рольгангу РКМ , а саме не обертається або стукає ролик рольганга, биття вала електродвигуна, електродвигун після включення і нетривалої роботи відключається, надмірний нагрів електродвигуна, в редукторі чути шум.

1.3. Особливості кування на РКМ-1000

Особливістю кування на радіально-кувальних машинах є обтиск заготовки на відносно малих ділянках, що забезпечує високу якість поверхні виробу при незначному прикладенні зовнішніх зусиль. Завдяки цьому можливо шляхом збільшення числа кроків бойків за одиницю часу (без перевищення допустимої відносної подачі) збільшити швидкість подачі заготовки у зону обтиску, тобто отримати необхідну продуктивність, при чому не втрачаючи у якості поверхні.

Усунення надмірних розтягувальних напружень найбільш повно досягається при всебічному обтиску з залишенням деякої можливості течії

деформованого металу. Дані умови обробки металів тиском можуть бути отримані при безоблойному штампуванні, видавлюванні, висадці, а також при обтиску в фасонних бойках. Суттєвим недоліком перелічених способів обробки є збільшення опору деформації.

Для ротаційного обтиску характерне перервне або пульсуюче навантаження, при якому значно розширюються можливості пластичної обробки металу. Перервне прикладення зусиль характеризується більшою або меншою дрібністю деформації.

Пульсуюча обробка, що підвищує пластичні якості оброблюваного матеріалу є ще одною особливістю обробки радіальним обтиском. Таким чином, в результаті радіального обтиску змінюється не тільки форма заготовки, але і структура та властивості оброблювального матеріалу і покращуються умови деформації.

Сумуючи розглянуті особливості, можна виділити, що сутність процесу радіального обтиску складається в деформуванні заготовки по периметру поперечного січення на відносно невеликій ділянці своєї довжини бойками, що сходяться, які в свою чергу забезпечують всебічне періодичне пульсуюче прикладення зусиль.

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічного процесу кування

Кування проводиться на РКМ – 1000. Ротаційне обтискання подібне до протяжки у вирізних кувальних бойках. Деформування проводиться в результаті застосування великої кількості обтискань (одночасно по всьому периметру заготовки з відносно малою мірою деформації за одне обтиснення чотирма бойками, розташованими в одній площині і сходяться в одному напрямку). Обтискання проводяться з частотою 200 ходів за хвилину.

Технологічний процес кування злитків відкритої дугової виплавки (ОДВ) після абразивної зачистки зі сталі Х12МФ проводиться наступним чином: кінець зливка затискається в головці маніпулятора, який переміщається до блоку кування. Вільний кінець зливка вводиться в осередок деформації. Після обтиснення передній кінець зливка захоплюється затискною головкою другого маніпулятора, що знаходиться на протилежному боці блоку, що продовжує подачу та обертання напівфабрикату. Залежно від необхідного сумарного обтиснення процес повторюється кілька разів.

Спочатку зливок розковують за один - три проходи на проміжну заготовку круглого перерізу, до усунення конусності зливка. Потім проміжну заготівлю деформують до необхідного перерізу за схемою "коло - квадрат - коло" або "коло-коло".

На перших переходах кують з невеликими подачами для того, щоб подрібнити литу структуру металу в поверхневій зоні заготівлі.

Обтискання складає 0,16 - 0,22 діаметра заготовки, а подача 0,9 - 1,0 довжини калібруючої ділянки бойка.

У зв'язку з тим, що заготівля обжимається одночасно з чотирьох сторін, у осередку деформації створюється сприятлива схема напруженого стану. Зменшується ймовірність виникнення чи розвитку поверхневих дефектів.

2.2 Визначення форми та розмірів вихідної заготовки

Вихідним матеріалом для нагрівання в кільцевих печах під кування на РКМ – 1000 служать:

- зливки, піддані різцевому обточуванню;
- зливки ОДВ після абразивної зачистки
- Заздалегідь деформовані заготовки перетином:
 -коло 150 – 450 мм.
 -квадрат 140 – 380 мм.

Зливки подаються у відпаленому стані. На поверхні злитків не повинно бути полон, шлакових включень, пригару металу виливниць, термічних тріщин. Дефекти мають бути видалені. Зливки поставляються компаново.

Завдання до проектування полягає є розробці технологічного режиму кування круглої поковки, та передбачає наступні етапи:

- розрахунок параметрів злитка та поковки;
- визначення типу та параметрів бойків;
- розробки технології нагріву;
- визначення режиму обтиснення та аналізу можливих видів браку, та шляхів їх усунення.

За номінальними габаритами заготовки, розраховуємо її масу:

$$m = \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot \rho , \quad (2.1)$$

де l – номінальна довжина заготовки, м, r – номінальний радіус заготовки, м, ρ – щільність сталі, кг/м³.

Тоді:

$$m = \pi \cdot 0,09^2 \cdot 2 \cdot 7810 = 981,43 \text{ кг};$$

Розраховуємо масу поковки з урахуванням припусків на кування, та можливу подальшу обробку. Величини припусків і граничні відхилення для заданих габаритів заготовки становлять [1-9]:

$$\delta = 20 \text{ мм};$$

$$\pm \frac{\Delta}{2} = 6 \text{ мм};$$

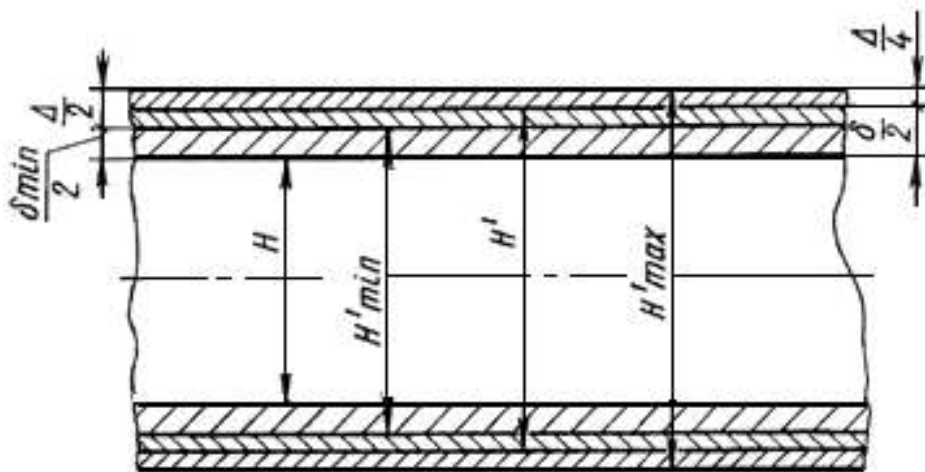


Рисунок 2.1 - Схема розміщення граничних відхилень від номінальних розмірів і припусків що назначаються на зовнішні розміри заготовки

Розраховуємо номінальний припуск на розмір H , мм:

$$\delta = \delta_{min} + \frac{\Delta}{2}, \quad (2.2)$$

де δ_{min} – найменший припуск на розмір H , мм, тоді:

$$\delta_{min} = 20 - 6 = 14 \text{ мм}; \quad (2.3)$$

Розраховуємо найменший розмір поковки H_{min} , мм:

$$H_{min} = H + \delta_{min}; \quad (2.4)$$

$$H_{min} = 180 + 14 = 204 \text{ мм};$$

Номинальний розмір поковки H , мм:

$$H = H + \delta; \quad (2.5)$$

$$H = 180 + 20 = 200;$$

Найбільший розмір поковки H_{max} , мм :

$$H = H + \frac{\Delta}{2}; \quad (2.6)$$

$$H = 200 + 6 = 206;$$

Розраховуємо масу поковки з максимальними величинами припусків, кг:

$$m_{ПК} = \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot r_{max} \cdot \rho, \quad (2.7)$$

де r_{max} – радіус поковки з урахуванням максимальних значень припусків, м, тоді:

$$m_{ПК} = \pi \cdot 0,103^2 \cdot 2 \cdot 7810 = 1253,1 \text{ кг};$$

2.3 Визначення параметрів зливка

Головні параметри для вибору зливка

- Довжина зливка не повинна перевищувати максимально можливу для завантаження у кільцеву піч
- діаметр зливка повинен бути не менше ніж діаметр заготовки, або найбільший діаметр заготовки (при умові, що вона має конусність або ступінчатість)
- маса зливку має не перевищувати гранично допустиму при обробці на РКМ-1000

Зважаючи на те, що серед зливків які використовуються для виготовлення поковок на РКМ-1000 немає схожого за масо-габаритними параметрам обраної поковки для більш економічного використання металу і не перевантаженню обладнання, розрахунок злитку будемо вести на основі отриманих параметрів заготовки, урахуванням припусків, відходів донної частини зливку і відходів металу на угар.

Також для спрощення конструювання процесу кування і розрахунку термодинаміки злитку при нагріванні, спрощуємо форму зливку, та приймаємо її за циліндр з аналогічної масою, та діаметром d_3 .

З умови, що максимальна довжина зливка, яку вміщає піч становить $L_{max} = 2$ м, для розрахунку беремо значення довжини зливка $l_3=1,9$ м. Зменшення довжини зливку збільшить його діаметр при тому ж значенні маси. Збільшення діаметру зливку, а саме відношення діаметру злитка до діаметру поковки покращує внутрішню структуру заготовки за рахунок більшої степені деформації та видовження у процесі кування [4].

Загальна маса зливку розраховується за рівнянням:

$$m_{заг} = m_{пк} + m_{пр} + m_{дн} + m_{уг} , \quad (2.8)$$

де $m_{пр}$ – маса відходу з прибуткової частини злитка, $m_{дн}$ – маса відходу з донної частини злитка, $m_{уг}$ – маса відходу на угар.

Масу відходу з прибуткової частини злитка приймаємо не менш ніж 20%; масу відходу з донної частини злитку не менш ніж 5% від загальної маси злитка; відсоток маси металу, що вигорів приймаємо не менш ніж 2%.

Розраховуємо масу відходу прибуткової частини злитка, кг :

$$m_{\text{пр}} = m_{\text{пк}} * 0,2 ; \quad (2.9)$$

$$m_{\text{пр}} = 1253 * 0,2 = 250,6 \text{ кг} ;$$

Розраховуємо масу відходу донної частини злитка, кг:

$$m_{\text{дн}} = (m_{\text{пк}} + m_{\text{пр}}) * 0,05 ; \quad (2.10)$$

$$m_{\text{дн}} = (1253 + 250,6) * 0,05 = 75,1 \text{ кг} ;$$

Розраховуємо масу відходу на угар, кг:

$$m_{\text{уг}} = (1253 + 250,6 + 75,1) * 0,02 = 31,5 \text{ кг} ; \quad (2.11)$$

Розраховуємо загальну масу злитка, кг:

$$m_{\text{заг}} = 1253 + 250,6 + 75,1 + 31,5 = 1610,2 \text{ кг} ; \quad (2.12)$$

Використовуючи прийняту до розрахунку довжину злитку l_3 , та загальну масу злитка $m_{\text{заг}}$, розраховуємо його діаметр, м:

$$d_3 = \sqrt{\frac{m_{\text{заг}}}{l_3 \cdot \pi \cdot \rho}} \cdot 2 ; \quad (2.13)$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{1610}{1,9 \cdot \pi \cdot 7810}} \cdot 2 = 0,288 \text{ м} = 288 \text{ мм} ;$$

Злиток за технологічними особливостями повинен мати деяку конусність для кращого вилучення з ливарної форми, але для спрощеного

розрахунку термодинамічної моделі злитка приймаємо форму злитка з паралельними гранями та єдиним діаметром. Дане спрощення виконується для обраної марки сталі, та сталей схожого хімічного складу. Для високолегованих, швидкорізальних та інших спеціальних сталей зі складними умовами термообробки, таке спрощення використовувати не рекомендовано.

2.4 Розрахунок розмірів, та параметрів робочих бойків

При конструюванні інструменту РКМ слід ураховувати конфігурацію внутрішнього контуру бойка що характеризується кутом захоплюючої ділянки φ , довжиною калібрувальних ділянок та іншими параметрами. Для виконання умов захоплення металу повинна виконуватись нерівність $tg \varphi < \mu$, де μ - коефіцієнт тертя між бойком і заготовкою.

Найбільш впливовим на енергосилові параметри процесу є кут нахилу захоплюючої ділянки інструменту. Із графіків, що наведені у [13.с.188] видно значне зниження зусилля кування при збільшенні кута φ , а саме $\varphi = 7 \div 15^\circ$.

Для обраного технологічного напрямку доцільно використання однозахідних бойків, що збільшить продуктивність процесу кування і кращу деформаційну проробку структури металу.

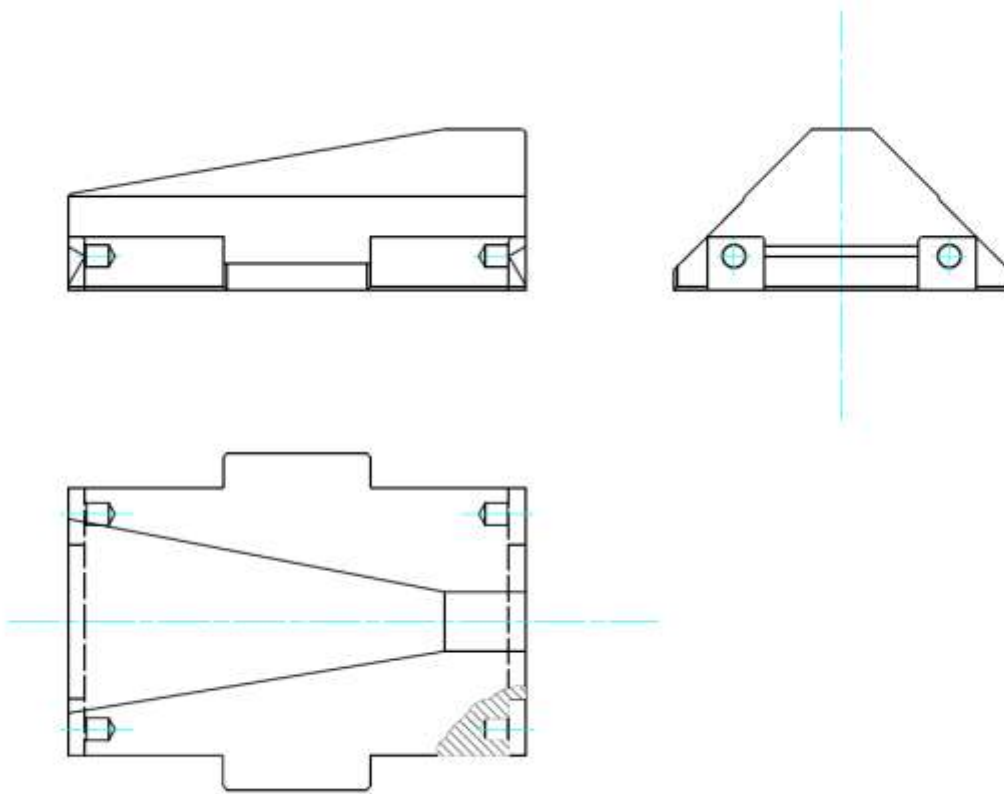


Рисунок 2.2 – Схема однозахідних бойків

Також гарячій обробці сталей коефіцієнт тертя може досягати граничного значення і бути рівним 0,5. Звідси випливає, що виштовхування заготовки буде виникати при $\varphi > 26,6^\circ$. При більших значеннях кута φ виникає необхідність подачі заготовки у бойки за допомогою маніпулятора [13].

Таким чином, максимально можливий обтиск заготовки за прохід у однозахідних бойках, мм:

$$\Delta d'_{max} = 2l'_3 \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.14)$$

де l'_3 – довжина захоплюючої ділянки у однозахідних бойках;

Використовуючи стандартизовані значення габаритів бойків, які встановлюються на РКМ-1000, розраховуємо розміри робочої частини бойка:

$$\Delta d_{max} = 2l_3 \times \operatorname{tg} \varphi = 2 \times 200 \times 0.1228 = 48 \text{ мм.} \approx 50 \text{ мм.}$$

2.5 Технологія нагріву

При розробці технології нагрівання злитку або поковки слід враховувати наступні фактори:

- Температура
- Швидкість нагріву
- Тривалість нагріву
- Рівномірність нагріву

Температура нагріву – кінцева температура поверхні металу, при котрій він може бути виданий з печі. Фактично, температура нагріву рекомендовано встановлювати на 50-100°C більше, ніж температуру початку кування, але не більше ніж $t_{AE}-150^{\circ}$ (для вуглецевих інструментальних сталей $>150^{\circ}\text{C}$), де t_{AE} – температура на лінії солідус для даної сталі.

Швидкість нагріву – зміна температури поверхні, злитка, або будь-якої точки заготовки за одиницю часу. Швидкість нагріву повинна бути оптимізована таким чином, щоб досягалася максимальна рівномірність нагріву заготовки за мінімальну кількість часу.

Швидкість нагріву поділяють на технічно можливу, та допустиму. Технічно можлива швидкість залежить від теплового натиску та фізичних властивостей матеріалу. При деякому тепловому натиску технічно можлива швидкість нагрівання буде тим менше, чим менше теплопровідність металу, чим більший перетин об'єкту і чим менше відношення поверхні, що сприймає теплоту до маси об'єкту.

Допустима швидкість нагріву зумовлена термічними напруженнями, що виникають при різниці температур центра об'єкту, та його поверхні, та пластичністю метала. Значення термічних напружень мають пряму залежність до температурного градієнту по перетину об'єкту, коефіцієнтами лінійного розширення і модуля пружності металу [7].

Злитки зі сталі X12МФ перед куванням на РКМ – 1000 в дво-чотиризонних печах по розроблених на ДСС режимам (табл.2.1.)

Таблиця 2.1 – Режим нагріву сталі X12МФ

Зони	1	2	3	4
Температура в 1-й печі, °С	600	700	800	950
Температура в 2-й печі °С	1030	1130	1180	1160

Тривалість нагріву та температура кінця кування наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Тривалість нагріву

Мінімальна тривалість нагріву				Температура кінця кування	
Піч№1	Піч№2	В зоні кінцевого нагріву	Загальний час нагріву	Не нижче	Не вище
6 – 45	6 -45	1 – 40	13 - 30	850	950

Температура нагріву поверхні $t_{нов}$ та центральної зони $t_{центр}$ визначаються за допомогою хромень-алюмінієвих термопат.

На першому етапі відбувається методичний нагрів до 950 °С в печі №1, а потім форсоване нагрівання до кінцевої температури в печі №2. Такий режим виключає утворення тріщин на зливках, викривлення поковок в процесі деформування.

Після режиму кування проводиться відпал. Відпал зливків відбувається зі швидкістю до 100°C на год до температури 880°C . Час витримки - 12 годин, потім температура знижується по 30°C за годину впродовж 10 годин.

2.6 Розробка режиму обтиску та розрахунок зусилля кування

Конструюємо процес кування на основі фізико-механічних властивостей сталі, конструкції бойків та режиму нагріву.

Процес кування буде складатися із 3 проходів та білетування. Білетування виконується приблизно на 3% від початкового діаметру, тоді діаметр злитку після виконання операції $d_1=280$ мм [4].

Послідовність кування виконується за схемою «круг-круг»: круг $\varnothing 280$ мм \rightarrow круг $\varnothing 230$ мм \rightarrow круг $\varnothing 180$ мм .

Розрахунок зусилля кування визначаємо для останнього обтиску за наступними вихідними даними:

- температура злитка $t=1150^{\circ}\text{C}$;
- число бойків $n=4$;
- діаметр поковки $d_1 = 180\text{мм}$;
- частота обертання заготовки $n_1 = 7.5\text{хв}^{-1}$;
- частота обтисків $N = 200\text{хв}^{-1}$;
- швидкість подачі заготовки $U = 60\text{мм/с}$;
- кут нахилу західних ділянок бойків $\varphi = 7^{\circ}$;
- довжина калібрувальної ділянки бойків $l_K = 120\text{мм}$;
- розміри ланок кривошипно-шатунного механізму:

$$R' = 19\text{мм}, L' = 340\text{мм}, \lambda' = R'/L' = 0.056$$

Розрахунок параметрів кування:

Абсолютний обтиск

$$\Delta d = d_0 - d_1 = 230 - 180 = 50\text{мм}$$

Відносний обтиск

$$E_K = \frac{\Delta d}{d_0} = \frac{50}{310} = 0.217$$

$$E_K = 21,7\%$$

Ступінь деформації при одиничному обтиску ($E_{ср.к}$)

$$E_{ср.к} = \frac{2tg\varphi U}{3nn_1}(d_0 - d_1) \times \left[\frac{d_0 + d_1 + \frac{2Utg\varphi}{nn_1}}{d_0 \left(d_0 - d_1 + \frac{2Utg\varphi}{nn_1} \right) \times \left(d_1 + \frac{2Utg\varphi}{nn} \right)} \right] =$$

$$\frac{2 \times 0.1228 \times 60 \times 60}{3 \times 4 \times 7.5} (230 - 180) \times \left[\frac{230 + 180 + \frac{2 \times 60 \times 0.1228 \times 60}{nn_1}}{230 \left(230 - 180 + \frac{2 \times 60 \times 0.1228 \times 60}{4 \times 7.5} \right) \times \left(230 \frac{2 \times 60 \times 0.1228 \times 60}{4 \times 7.5} \right)} \right] =$$

$$= 0.427$$

$$E_{ср.к} = 4.27\%$$

Час деформації при обиничному обтиску:

$$A' = \frac{\Delta d n n_1}{2tg\varphi} = \frac{50 \times 4 \times 7.5}{60 \times 2 \times 0.1228} = 101.79$$

при $U \leq A' (U = 60 \text{ мм/с})$

$$\tau_{gk} = \frac{1}{2\pi N} \left[\frac{\pi}{2} + \arcsin \left(1 - \sqrt{1 - 2\lambda' \left(\frac{Utg\varphi}{nn_1 R'} - 1 - \frac{\lambda_1}{2} \right)} \right) \right] / \lambda^1 =$$

$$= \frac{1 \times 60}{2\pi \times 200} \left[\frac{\pi}{2} + \arcsin \left(\frac{1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.056 \left(\frac{60 \times 0.1228 \times 60}{4 \times 7.5 \times 19} - 1 - \frac{0.056}{2} \right)}}{0.056} \right) \right] = 0.0629c.$$

Швидкість деформації при одиничному обтиску (E'_{cpk})

$$E'_{cpk} = \frac{E_{cpk}}{\tau_{gk}} = \frac{0.0427}{0.0629} = 0.679c^{-1}$$

Коефіцієнт дробності деформації (K_{gk})

$$K_{gk} = \frac{E_k}{E_{cpk}} = \frac{0.166}{0.0427} = 3.9$$

Междеформаційна пауза (τ_k)

$$\tau_k = \frac{1}{nn_1} = \frac{1 \times 60}{4 \times 7.5} = 2c.$$

Зусилля кування (P)

$$P = \sigma_s \left[14.6 - 1.034\varphi'_0 + 0.029(\varphi'_0)^2 - 0.000105(\varphi'_0)^3 \right] 10^{-3}$$

де σ_s - фактичний опір деформації $\sigma_s = 190 \text{ МПа}$

$$\varphi'_0 = 0.0465d_0 + 0.481\Delta d + 0.309U = 0.0465 \times 300 + 0.481 \times 50 + 0.309 \times 60 = 56.54$$

$$P = 190 \left[14.6 - 1.034 \times 56.54 + 0.029 \times 56.54^2 - 0.000105 \times 56.54^3 \right] \times 10^{-3} = 5.67 \text{ МН}$$

Потужність пластичної деформації (W_g)

$$\varphi_0'' = 0.0571d_0 + 0.747\Delta d + 0.425U = 0.0571 \times 300 + 0.747 \times 50 + 0.425 \times 60 = 79.98$$

$$W_g = \sigma_s \left[19.17 - 1.214\varphi_0'' + \left(0.0248(\varphi_0'')^2 - 0.0000774(\varphi_0'')^3 \right) \right] \times 10^{-1} =$$

$$= 190 \left[19.17 - 1.214 \times 79.98 + 0.0248 \times 79.98^2 - 0.0000774 \times 79.98^3 \right] \times 10^{-1} = 781.2 \text{кВт}$$

Потужність, споживана електродвигунами головного привода (W)

$$W = W_g + W_X = 781.2 + 80 = 861.2 \text{кВт}$$

Робота пластичної деформації (A_D)

$$A_D = W_{D^{\varepsilon_{D.K.}}} = 781.2 \times 0.0629 = 4914 \text{кДж}$$

2.7 Аналіз можливих видів браку

Серед можливих видів браку та дефектів, що можуть виникнути у процесі виготовлення деталі є:

- задирки вдовж обробленої деталі;
- повздовжні борозни, вм'ятини та риски;
- розколювання металу за напрямом подачі і повздовжні тріщини;
- шорстка поверхня;
- відшаровування металу або виникнення плін;
- скручування волокон;
- овальність;
- гвинтова поверхня;

– порушення точності.

Задирки вздовж обробленої деталі виникають від надмірного розкриття бойків і збільшеній подачі, в наслідок чого заготовка затискається бойками і починає обертатися з тією ж швидкістю, що і шпиндель. Для ліквідації необхідно послідовно зменшити величину розкриття бойків, швидкість подачі і швидкість обертання заготовки.

Повздовжні борозни, вм'ятини і риски можуть виникати на поковках від гострих країв або недостатньо плавного сполучення струмка з робочою площиною бойків. Для усунення дефекту слід зменшити подачу і розкриття бойків, та виконати більш плавне сполучення струмка з площиною бойків.

Розколювання металу у напрямку подачі і повздовжні тріщини виникають в наслідок нещільного прилягання вставних планок до стінок пазів шпинделя. При нормальній роботі машини зазор між бойками і планками повинен бути в межах допустимих для холодної посадки. Для усунення цього слід виконати в заданій послідовності наступне: збільшити швидкість подачі і кут охопту заготовки бойками, зменшити кут заходного конусу, виконати термообробку вихідного матеріалу для зменшення твердості. Якщо вихідний матеріал має низьку якість і його заміна неможлива, слід виконати обробку з нагрівом [17].

Шорстка поверхня утворюється в результаті недостатньої чистоти калібрувальної зони бойків.

Відшаровування металу або виникнення плін трапляється від надмірної концентрації місцевих тисків при великих значеннях обтиску. Для попередження цього необхідно, щоб робоча довжина обтиску на суцільній заготовці не перевищувала більш ніж в десять разів середній діаметр; також слід збільшити кут охопту заготовки бойками і зменшити кут заходного конуса [14].

Скручування волокон матеріалу виробу виникає в наслідок неправильного вибору швидкості обертання заготовки. За для попередження

явища в практиці прийнято відношення швидкості обертання заготовки до швидкості обертання шпинделя при степені обтиску $q=30\div 40\%$, як 1:10.

Овальність залежить від відношення швидкості обертання бойків і заготовки, а також від кута охопту заготовки бойками. Встановлено, що нерухомий інструмент надає перерізу заготовки овальну форму [5]. Чим більше кут охопту α , тим менше приймається величина подачі і тип точніше виходить кругла форма виробу.

Гвинтова поверхня поковки утворюється при збільшеній овальності бойків, при надмірних швидкостях вилучення поковки із бойків і степенях деформації.

Порушення точності виникає з за незадовільного стану вузла механізму обтиску машини і бойків.

На точність розмірів за діаметром впливає жорсткість системи «заготовка-машина» точність розмірів інструменту, точність направляючих бойків машини. Також працює зворотній принцип – жорсткість системи «заготовка-машина» залежить від вихідної міцності і твердості заготовки, коливань вихідного діаметру заготовки.

Якщо виріб виготовляється не за один, а за декілька переходів, то незалежно від точності виготовлення бойків на його поверхні у тому місці, де один бойок перекриває інший, залишається помітна гранична лінія [4].

МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальні відомості про РКМ

Радіально-обтискна машина (РОМ), або як її ще називають радіально-кувальна машина (РКМ) найчастіше використовується в машинобудівній діяльності, на металургійних комбінатах та у багатьох сферах промислової діяльності.

Основним призначенням машини –є кування та виготовлення заготовок, а саме валів певного діаметру та розміру. Найчастіше на цьому обладнанні виготовляють заготовки, діаметр яких варюється від 60 до 150 мм, а також довжиною до 2000мм.

Продуктивність такого устаткування є досить високою й може досягати порядку двісті-триста тисяч заготовок за рік роботи радіально кувальної машини. Дане устаткування є досить дорогим і його використання повинне бути дійсно обґрунтованим. Як правило, дане устаткування використовується для обробки конкретних видів заготовок, для того, що б щораз не переналагоджувати устаткування під обробку тієї або іншої деталі.

На рисунку 3.1 представлений загальний вигляд радіально-обтискної машини.

3.2 Принцип роботи та технічна характеристика

Принцип роботи даного обладнання виглядає наступним чином. Спочатку заготовка підлягає нагріванню, для забезпечення більшої пластичності й піддатливості її під час проведення роботи. Після завершення нагрівання заготовки, за допомогою спеціального пристрою заготовка видається на рольганг, а далі за допомогою спеціального захоплюючого

пристрою видається на машину кування. Заготовку зажимають за допомогою спеціального захвата, і вона далі надходить у зону роботи бойків кувального типу.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд радіально-обтискної машини.

За допомогою того, що машина працює в автоматичному режимі, по безпосередньо заданій програмі, бойки починають здійснювати механічні рухи, які й здійснюють кування заготовки. Сам захватний пристрій при цьому безупинно робить обертання заготовки, для надання заготівці рівномірного руху. Під час проходження операцій з бойками, заготовка міняє свої властивості й відбувається її деформація.

Конструктивно радіально кувальна машина виглядає наступним чином. Основними робочими елементами є такі частини машини як електричний двигун, від якого й відбувається робота всієї машини. Основним робочим інструментом машини є вал, ексцентрикова букса. Механічні роботи виконуються таким пристроєм, як шатун, на якому укріплені бойки.

Важливим елементом є так само копірні барабани, які є основною частиною автоматики радіально кувальної машини.

У машині є додаткові елементи автоматичної системи, які відповідають за самостійне змащення пристрою, тоді коли цього вимагає необхідність. Так само кувальна машина оснащується таким додатковим устаткуванням, яке здійснює подачу гарячої заготовки після печей на кування.

Коробка передач силового вузла РОМ, розділена на дві частини, містить у собі зубчасту передачу для привода шатунів машини. Чотири колеса муфти з'єднані через диски муфти з дисками маховиків, жорстко змонтованими на ексцентрикових валах.

Зубчаста муфта призначає для синхронізації двох частин передачі.

Кувальна коробка розміщується у фундаментній рамі так, що вона може перекидатись в горизонтальне положення з метою демонтажу. У кувальній коробці (вона розділена на дві частини) приводяться від чотирьох ексцентрикових валів через кулісні коліна чотири шатуни, розташовані один щодо іншого під прямим кутом, а щодо осі оброблюваної деталі – у вертикальному напрямку.

Азотовані газом ексцентрикові вали ексцентрично розташовані в корпусах переміщення. Опорними місцями є сталеві втулки, покриті бронзою, які крім того, мають ще шар бабіту для поліпшення властивостей обкатування. Шляхом повороту корпусів переміщення в кувальній коробці центр ексцентрикових валів зміщується на 150 мм. Цим положенням ходу шатунів зміщується на 300 мм.

Через отвори в кришці мастило проходить до отвору ексцентрикових валів і підводить далі через поперечні отвори до крапок змащення. Охолодна вода, яка проходить через чашки шатунів забезпечує рівномірний відвід тепла. Для того, що б змонтовані із зазором корпуса переміщення не коливалися під час кування, для кожного корпуса переміщення передбачені по два притискні циліндри зверху й знизу. Вони притискають корпуси переміщення до отвору кувальної коробки.

Механізм переміщення молотів полягає в основному із черв'ячних і кутових передач, прифланцованих до машини із двох сторін, і із двох приводних двигунів. Механізм переміщення молотів дає можливість точно встановити бажаний діаметр куванню, що зазнає, деталі.

Привод переміщення двох протилежні один щодо іншого шатунів здійснюється від гідродвигуна через циліндричні зубчасті колеса й конічні колеса, зубчасті муфти, черв'ячні передачі, гільзи переміщення, шпинделі переміщення. Тяги й передається на соответствующие корпуса переміщення. З'єднуються валами. За рахунок механічного зчеплення двох приводів переміщення всіх чотирьох шатунів здійснюється одночасно.

При досягненні бажаного діаметра привод для переміщення гальмується пневматичним багатодисковим гальмом і фіксується; гальмо опускається тільки при подальшій переміщенні

Технічна характеристика:

Кількість молотів	4 шт
Сила кування кожного молота	10 МН
Кількість ударів молотів	200 уд/хв
Номінальна потужність двигунів машин	1260 кВт
Довжина молота	680 мм
Найбільший діаметр при куванні нелегованих і низьколегованих конструкційних сталей	550 – 480
Високолегованих сталей і спеціальних сплавів більш низькі значення максимальний діапазон переміщення молотів по \varnothing	300 мм
Внутрішній діаметр шпинделя затискної головки	295 мм
Найбільший діаметр затискача в затискній головці	550 мм
Хід затискної головки «А»	7250 мм
«В»	12250 мм
Найбільша довжина оброблюваної деталі	10000 мм
Швидкість швидкого ходу затискних головок	500 мм/с

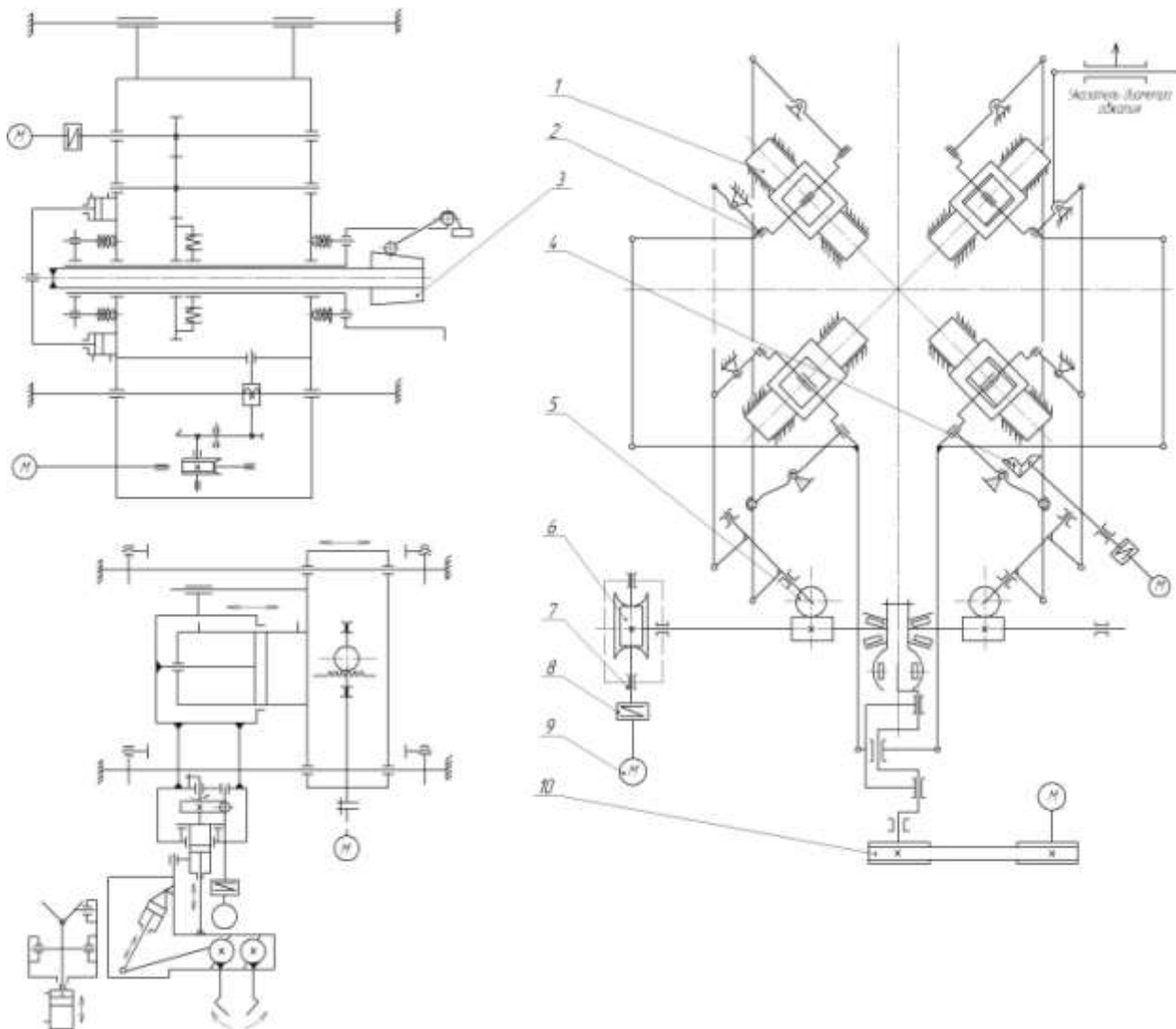
Безступінчаста регульована швидкість подачі затискних головок	15- 200мм\с
Витрата охолоджуваної води при температурі не більш 30 С	150
підведення охолоджуваної води	м ³ \год.
Тиск стисненого повітря	5-10 бар
Тиск подводу охолоджуваної рідини	3 – 5 бар
Витрата стисненого повітря	3 Нм ³ \хв
Висота кування над рівнем підлоги	750 мм
Загальна довжина машини над рівнем підлоги без рольганга	3000 мм
Рольганг і пульт керування	10033 мм
Загальна довжина фундаменту	55750 мм
Загальна ширина фундаменту	21000мм
Вага машини без упакування	754000 кг
Електрична потужність приєднання:	
Сторона низької напруги (без обліку коефіцієнта одночасності 0,7)	700 кВт
Сторона високої напруги	120 кВт

3.3 Опис кінематичної схеми машини

Кінематична схема РКМ 100 наведена на рисунку 3.2.

Від електродвигуна через клинопасову передачу і систему зубчастих коліс рух передається чотирьом кувальним механізмам – валам та шатунам, на яких закріплені синхронно-працюючі бойки. Під час кування виріб проходить крізь ці бойки та деформується.

Ексцентрикові вали обертаються в підшипниках, які запресовані в корпус сталевих стаканів, що обертаються в бронзових буксах, в нижній частині скріплених з зубчастими шестернями. Шестерні обкочуюсь по колесу здійснюють поворот букси і відповідно зближення чи розведення бойків. Між шатунами і бойками маються жорстко пов'язані з ними повзуни.



1 – бойок, 2 – ексцентрикний вал, 3 – маніпулятор, 4 – шестерня, 5 – зубчасте зачеплення, 6 – черв'ячна передача, 7 – підшипник, 8 – муфта, 9 – електродвигун, 10 – клинопасова передача.

Рисунок 3.2 – Кінематична схема РКМ-100

3.4 Розрахункова частина

3.4.1. Кінематичні розрахунки

Головний виконавчий механізм РКМ, виконаний у вигляді ексцентрово – кулісного механізму, може бути отриманий із кривошипно – шатунного механізму, якщо в останньому кривошип замінити ексцентриком,

а шатун кулісою. Для зручності розрахунків можна скористатися кінематичною схемою кривошипно – шатунного механізму (рис3.3). Тоді переміщення бойка в радіальному напрямку:

$$S_r = R' \left[(1 - \cos \beta) + \frac{\lambda'}{2} \sin^2 \beta \right] \quad (3.1)$$

де $\lambda' = \frac{R'}{L'}$ - коефіцієнт довжини шатуна;

R' - 19 мм. - ексцентриситет вала

L' = 340 мм. - умовна довжина шатуна;

$$\lambda' = \frac{R'}{L'} = \frac{19}{340} = 0,084$$

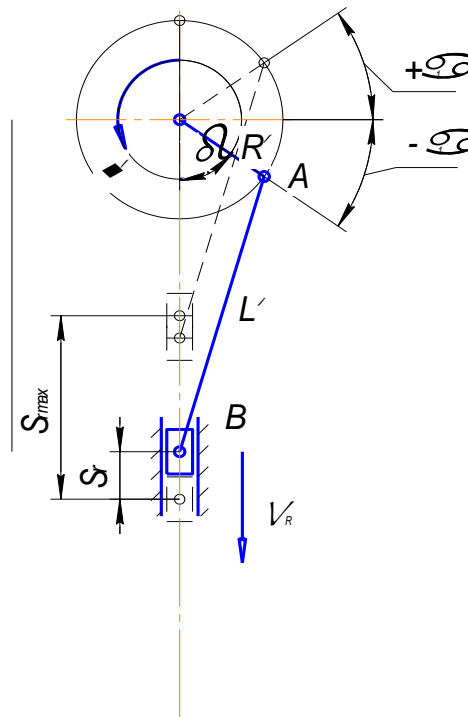


Рисунок 3.3– Кривошипно-шатунний механізм

У РКМ кут β змінюється від 0 до 180° Тому для розрахунків S_R у всьому діапазоні зміни кута β формулу (3.1). Перетворимо до виду:

$$S_R = R' \left[1 - \cos(90 - \alpha') + \left(\frac{\lambda'}{4} \right) (1 - \cos 2(90 - \alpha')) \right] \quad (3.2).$$

Знайдемо швидкість і продиференціюємо рівняння переміщення за часом.

Швидкість – перша похідна від переміщення

$$U = RW \left(\sin \beta + \frac{\lambda'}{2} \sin 2\beta \right) \quad (3.3)$$

Прискорення – друга похідна переміщення

$$j = RW^2 (\cos \beta + \lambda' \cos 2\beta) \quad (3.4)$$

де - $W = \frac{\pi n}{30}$ – кутова швидкість ведучого вала;

$n = 200 \frac{\text{об.}}{\text{хв.}}$ - частота обертів провідного вала у хв.

$$W = \frac{3.14 \times 200}{30} = 20.93 \frac{\text{рад.}}{\text{с.}}$$

Здійснимо розрахунки переміщення S_1 , швидкості U і прискорення j бойка, після чого зведемо значення в таблицю. Розрахунки для кута $\beta = 0 \div 180^\circ$ із кроком $\Delta\beta$

$$S_R = R' \left[(1 - \cos \beta) + \frac{\lambda'}{2} \sin^2 \beta \right]$$

$$U = RW \left(\sin \beta + \frac{\lambda'}{2} \sin 2\beta \right)$$

$$j = RW^2 (\cos \beta + \lambda' \cos 2\beta)$$

При $\beta = 0$

$$S_R = 19 \times \left[(1-1) + \frac{0.084}{2} \times 0 \right] = 0 \text{ мм}$$

$$U = 19 \times 20.93 \left(\sin 0^0 + \frac{0.084}{2} \times \sin 2 \times 0 \right) = 0 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 19 \times 20.93 (\cos 0^0 + 0.084 \times \cos 2 \times 0) = 9022.4 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 10^0$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 10^0) + \frac{0.084}{2} \times \sin^2 10 \right] = 0.313 \text{ мм}$$

$$U = 19 \times 20.93 \left(\sin 10^0 + \frac{0.084}{2} \sin 2 \times 10^0 \right) = 74.7 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 19 \times 20.93^2 (\cos 10^0 + 0.084 \times \cos 2 \times 10) = 8853 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 20^0$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 20^0) + 0.042 \sin^2 20^0 \right] = 1.24 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 20^0 + 0.042 \sin 2 \times 20^0) = 146.7 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 30^0 + 0.084 \cos 2 \times 30^0) = 7557.4 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 40^0$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 40^0) + 0.042 \sin^2 40^0 \right] = 4.77 \text{ мм}$$

$$U = 397.67(\sin 40^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 40^\circ) = 272 \frac{MM}{c}$$

$$j = 8323.2(\cos 40^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 40^\circ) = 6497 \frac{MM}{c^2}$$

При $\beta = 50^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 50^\circ) + 0.042 \sin^2 50^\circ \right] = 7.2 MM$$

$$U = 397.67(\sin 50^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 50^\circ) = 321 \frac{MM}{c}$$

$$j = 8323.2(\cos 50^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 50^\circ) = 5228.7 \frac{MM}{c^2}$$

При $\beta = 60^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 60^\circ) + 0.042 \sin^2 60^\circ \right] = 10.1 MM$$

$$U = 397.67(\sin 60^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 60^\circ) = 358.7 \frac{MM}{c}$$

$$j = 8323.2(\cos 60^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 60^\circ) = 3812 \frac{MM}{c^2}$$

При $\beta = 70^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 70^\circ) + 0.042 \sin^2 70^\circ \right] = 13.2 MM$$

$$U = 397.67(\sin 70^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 70^\circ) = 384.3 \frac{MM}{c}$$

$$j = 8323.2(\cos 70^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 70^\circ) = 2311 \frac{MM}{c^2}$$

При $\beta = 80^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 80^\circ) + 0.042 \sin^2 80^\circ \right] = 16.4 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 80^\circ + 0.042 \sin 2 \times 80^\circ) = 397.2 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

$$j = 8323.2 (\cos 80^\circ + 0.084 \cos 2 \times 80^\circ) = 788 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$$

При $\beta = 90^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 90^\circ) + 0.042 \sin^2 90^\circ \right] = 19.8 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 90^\circ + 0.042 \sin 2 \times 90^\circ) = 397.67 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

$$j = 8323.2 (\cos 90^\circ + 0.084 \cos 2 \times 90^\circ) = -700 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$$

При $\beta = 100^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 100^\circ) + 0.042 \sin^2 100^\circ \right] = 23 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 100^\circ + 0.042 \sin 2 \times 100^\circ) = 386 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

$$j = 8323.2 (\cos 100^\circ + 0.084 \cos 2 \times 100^\circ) = -2102 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$$

При $\beta = 110^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 110^\circ) + 0.042 \sin^2 110^\circ \right] = 26.2 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 110^\circ + 0.042 \sin 2 \times 110^\circ) = 363 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

$$j = 8323.2 (\cos 110^\circ + 0.084 \cos 2 \times 110^\circ) = -3382 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$$

При $\beta = 120^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 120^\circ) + 0.042 \sin^2 120^\circ \right] = 29.1 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 120^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 120^\circ) = 29.1 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 120^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 120^\circ) = -4511 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 130^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 130^\circ) + 0.042 \sin^2 130^\circ \right] = 31.7 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 130^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 130^\circ) = 288 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 130^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 130^\circ) = -5471.5 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 140^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 140^\circ) + 0.042 \sin^2 140^\circ \right] = 33.9 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 140^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 140^\circ) = 239.2 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 140^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 140^\circ) = -6254.2 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 150^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 150^\circ) + 0.042 \sin^2 150^\circ \right] = 35.6 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 150^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 150^\circ) = 184.3 \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 150^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 150^\circ) = -6858.3 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 160^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 160^\circ) + 0.042 \sin^2 160^\circ \right] = 36.6 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 160^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 160^\circ) = 121. \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 160^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 160^\circ) = -7285 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 170^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 170^\circ) + 0.042 \sin^2 170^\circ \right] = 37.7 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 170^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 170^\circ) = 63.3. \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 170^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 170^\circ) = -7539 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

При $\beta = 180^\circ$

$$S_R = 19 \left[(1 - \cos 180^\circ) + 0.042 \sin^2 180^\circ \right] = 38 \text{ мм}$$

$$U = 397.67 (\sin 180^\circ + 0.042 \sin \times 2 \times 180^\circ) = 0. \frac{\text{мм}}{c}$$

$$j = 8323.2 (\cos 180^\circ + 0.084 \cos \times 2 \times 180^\circ) = -7624 \frac{\text{мм}}{c^2}$$

Отримані значення зведемо в таблицю

Таблиця 3.1 - Кінематичні параметри РКМ – 1000

β°	Переміщення S мм	Швидкість $U_1 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$	Прискорення $j_1 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$
0	0	0	9022,4
10	0,31	74,7	8853
20	1,24	146,7	8357
30	2,75	213,3	7557,4
40	4,77	272	6497
50	7,2	321	5228,7
60	10,1	358,7	3812
70	13,2	384,3	2311
80	16,4	397,2	788
90	19,8	397,6	-700
100	23	386	-2102
110	26,2	363	-3382
120	29,1	330	-4511
130	31,7	288	-5471,5
140	33,9	239,2	-6858,3
150	35,6	184,3	-7285
160	36,7	121,5	-7285
170	37,7	63,3	-7539
180	38	0	-7624

3.4.2 Силевий розрахунок головного виконавчого механізму

Головний ексцентриковий вал є однієї з деталей машини, що сприймає в першу чергу всі перевантаження.

Визначення допускних зусиль на бойку машини робимо на підставі розрахунків на міцність валів.

Азотовані газом ексцентрикові вали ексцентрично розташовані в корпусах переміщення. Опорними місцями є сталеві втулки, покриті бронзою, які, крім того, мають ще шар бабіту для поліпшення властивостей обкатування.

Визначимо наведене плече.

Наведене плече складається із двох доданків:

$$m_k = m_k^u + m_k^\mu \quad (3.5)$$

Крутний момент для ідеального механізму колу відсутні сили тертя, миттєвий баланс потужності в точці приведення буде:

$$M_{кр}^{u\partial} \times W = PdU \quad (3.6)$$

де $M_{кр}^{u\partial}$ - крутний момент на валу;

W – кутова швидкість вала;

P_d – зусилля на бойку машини;

U – швидкість переміщення робочого інструмента.

Із цієї формули виведемо $M_{кр}^{u\partial}$

$$M_{кр}^{u\partial} W = Pd \frac{U}{W} \quad (3.7)$$

У свою чергу розпишемо U і підставимо у формулу (3.4)

$$U = WR \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) \quad (3.8)$$

$$M_{кр}^{уд} = Pd \frac{WR}{W} \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) = PdR \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right)$$

Звідси $M_{кр}^{уд} = R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right)$ - ідеальне приведенне плече

У реальному механізмі необхідний ще крутний момент для подолання сил тертя.

Потужність тертя

$$N_{мп} = \sum M_{мп} W_i + \sum P_i U_i = \sum Pd \mu r_i W + \sum P_r \mu U_i \quad (3.9)$$

Знайдемо приведенне плече тертя для пари кулісний камінь – шатун, шатун – напрямні шатуна.

Приведене плечі тертя пари кулісний камінь – шатун

$$m_{к}^{\mu(\kappa-u)} = \frac{M_{кр}^{\kappa-u}}{Pd} \quad (3.10)$$

де $M_{кр}^{\kappa-u} = TR_a = \mu PdR$ - момент необхідний для подолання сил тертя в парі куліса – шатун;

$\mu = 0.04$ - коефіцієнт тертя. Прийнятий для рідкого роду змащення.

$P_d = 10MH$ - тах зусилля деформування.

$$m_{к}^{\mu(\kappa-u)} = \frac{\mu P_d R}{P_d} = \mu R = 0.04 \times 19 = 0.76 \text{ мм}$$

$R = 19 \text{ мм}$ - ексцентриситет вала.

Приведене плече сил тертя $m_{к}^{\mu}$ приймаємо незалежним від кута повороту кривошипа, будучи віднесеним до $\alpha = 0$, що приводить до

незначного завищення результатів у межах необхідної точності розрахунків (2....3%)

$$m_k^\mu = \mu[(1 + U)r_a + R + r_0] \quad (3.11)$$

Підсумкова формула наведеного плеча:

$$m_k = R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) + \mu[(1 + \lambda)r_a + R + r_0] \quad (3.12)$$

де $r_a = 500\text{мм}$ - радіус шатунної (кулісної) шийки вала;

$r_0 = 450\text{мм}$ - радіус корінної шийки вала.

Визначення допускних зусиль на бойку машини на підставі розрахунків на міцність валів

Розрахункова схема

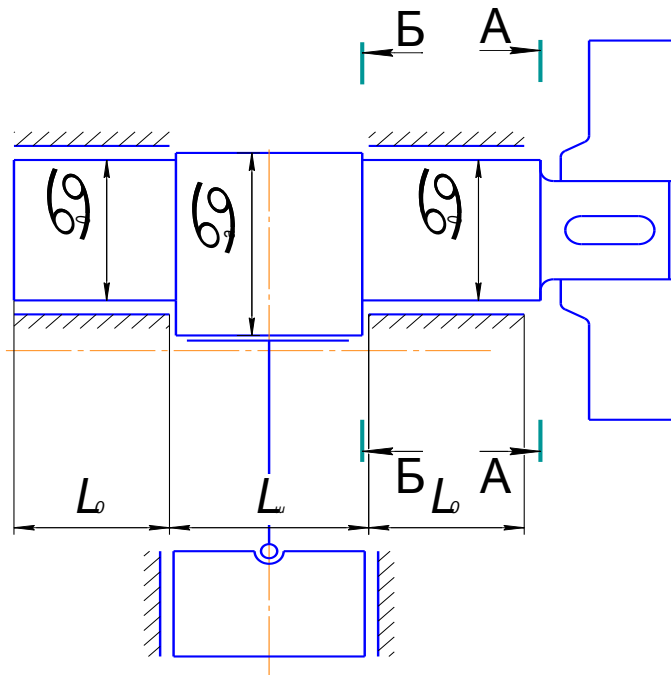


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема головного виконавчого механізму

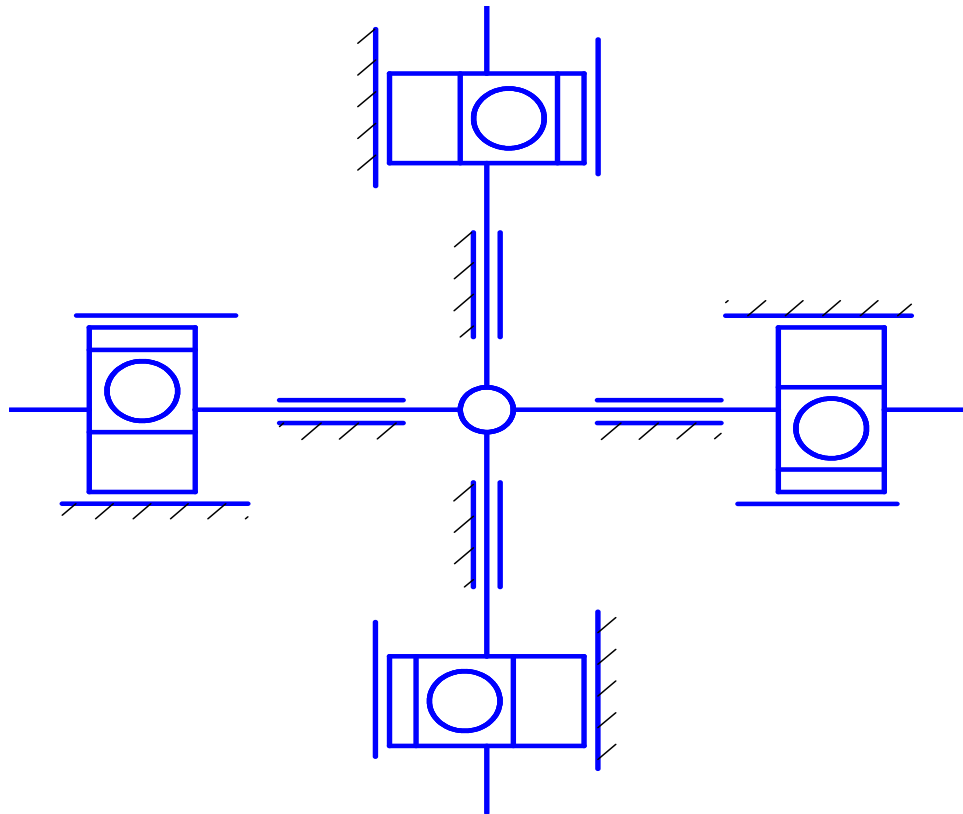


Рисунок 3.5. - Кінематична схема ГВМ

Перетин А – А

$$P_D = \frac{0.2d_1^3 G_{-1U}}{nk_{\vartheta} \sqrt{\Phi_G^A 4C^2 l_1^2 + \Phi_{\tau}^A m_K^2}} \quad (3.13)$$

де, $G_{-1U} = 400 \text{ МПа}$ - межа втоми матеріалу вала при вигині, для сталі 40ХН;

$d_1 = 380 \text{ мм}$ - діаметр вала в перетині А – А;

$n = 1.8$ - коефіцієнт запасу міцності ($n = 1.7 \dots 2.0$)

$k_{\vartheta} = 1.0$ - коефіцієнт еквівалентності навантаження, [таблиця 3.1.]

$\Phi_G = 3$ - коефіцієнт, що залежить від конструкції вала, для перетину, що має шпонковий паз ;

$\Phi_{\tau} = 8.8$ - коефіцієнт, що залежить від конструкції вала, для перетину, що має шпонковий паз;

m_k - приведенне плече крутного моменту;

$C = \frac{G_M}{Pd_{\max}}$ - відношення ваги маховика до тах технологічному

зусиллю;

$$G_M = V\rho g = \frac{\pi(D^2 - d^2)H}{4} \times \rho \times g \quad (3.14)$$

$D = 1,2m$ - зовнішній діаметр маховика;

$d = 0,36m$ - внутрішній діаметр маховика;

$H = 0,275m$ - приблизна висота маховика;

$\rho = 7,85m/m^3$ - щільність стали;

$g = 9,81m/c^2$ - прискорення вільного падіння;

$$G_M = \frac{3,14(1,2^2 - 0,36^2) \times 0,275}{4} \times 7850 \times 9,81 = 21,6кН$$

$$C = \frac{0,0216}{10} = 2,16 \times 10^{-3}$$

$l_w = 500mm$ - ширина опорної частини шатунної шийки;

$l_o = 310mm$ - довжина опорної частини вала;

$l_1 = 620mm$ - конструктивний розмір;

$d_o = 450mm$ - діаметр корінної шийки;

$d_a = 500mm$ - діаметр шатунної шийки.

$$P_D = \frac{0,2 \times 0,38^3 \times 400 \times 10^6}{1,8 \times 1 \sqrt{3 \times 4(2,6 \times 10^{-3})^2 0,62^2 + 8,8 \times 0,00357^2}} = 43,6$$

При $m_K = 3,57 \text{ мм}$ ($\alpha = 10^\circ$)

Перетин В – В

$$P_D = \frac{0,1d_0^3 G_{-1u}}{nk_3 \sqrt{\Phi_G^B U^2 + \Phi_\tau^B (0,5m_K + 0,085d_0)^2}} \quad (3.15)$$

де $\Phi_G = 3,5$ - коефіцієнт, що залежить від конструкції вала, для перетину В – У при $r/d = 0,6$

$\Phi_\tau = 5$ - коефіцієнт, що залежить від конструкції вала, для перетину В – У при $r/d = 0,6$.

$U = 50 \text{ мм}$ - параметр конструктивних розмірів.

$$P_D = \frac{0,1 \times 450^3 \times 400}{1,8 \times 1 \sqrt{3,5 \times 50^2 + 5(0,5 \times 7 + 0,085 \times 450)^2}} = 15,3 \times 10^6 \text{ Н}$$

$m_K = 10 \text{ мм}$. (при $\alpha = 20^\circ$)

У перевірочному розрахунках ми переконалися в тому, що ГВМ машини виконаний із запасом по міцності.

3.4.3 Перевірочний розрахунок зубчастої передачі

Передача крутного моменту від головного електродвигуна на напівмуфту, яка одночасно є зубчастим колесом, здійснюється зубчастою передачею. У свою чергу напівмуфта передає крутний момент на хрестоподібну муфту вхідну в рухливий зв'язок із другою напівмуфтою, яка одночасно є маховиком і нерухомо з'єднана з кінцевою ділянкою ексцентрикового вала.

Зробимо перевірочний розрахунки зубчастої передачі на контактну витривалість і усталостної міцності зубів на вигин.

Вихідні дані:

Шестірня	Колесо
Число обертів	
$n_1 = 750 \text{ мин}^{-1}$	$n = 200 \text{ мин}^{-1}$
Модуль	
$m = 16$	$m = 16$
Число зубів	
$z_1 = 20$	$z_2 = 75$
Кут нахилу зубів	
$\beta = 15^\circ$	$\beta = 15^\circ$
Ділильний діаметр зубчастих коліс	
$d_1 = 331,28 \text{ мм}$	$d_2 = 1242,32 \text{ мм}$
Твердість	
58HRC, цементовано	600HV, азотировано газом

До зубчастого колеса й шестірні в місці їх контакту підведена форсунка для змазування рідким маслом.

Зубчасте колесо входить у зачеплення з веденим колесом – колесом синхронізації роботи бойків машини.

Визначення припустимих контактних напруг

$$[G_M]_{1,2} = \frac{G_M^O \lim_{1,2}}{S_{H1,2}} K_{HL1,2} Z_R \quad (3.16)$$

де $G_{H \lim 1}^o = 23HRC = 23 \times 58 = 1334 \text{ МПа}$ - границя витривалості цементуємих сталей 18ХН8,

$G_{H \lim 2}^o = 1050 \text{ МПа}$ - границя витривалості азотуємих сталей 30ХНМ8,

$S_{H1,2} = 1,2$ - коефіцієнт безпеки,

$Z_R = 0,95$ - поправочний коефіцієнт від шорсткості; шорсткість даної передачі 7 клас.

Коефіцієнт довговічності

$$K_{HL1,2} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO1,2}}{N_{NE1,2}}} \quad (3.17)$$

де $N_{HO1,2} = 120 \times 10^6$ - базове число навантажень;

Еквівалентне число навантажень

$$N_{HE1,2} = N_{\Sigma 1,2} K_{HE} \quad (3.18)$$

Сумарна кількість нагружений

$$N_{\Sigma 2} = 60 \times c \times n_2 \times t_{\Sigma} \quad (3.19)$$

де $c = 2$ – кількість сполучених коліс;

$n_2 = 200 \text{ хв}^{-1}$ - число обертів колеса у хвилину;

Сумарний час роботи передачі

$$t_{\Sigma} = L \times 365 \times K_{zod} \times 24 \times K_{cym} \quad (3.20)$$

де $L = 25$ років - термін служби машини;

$K_{год} = 1$ - коефіцієнт використання машини впродовж року;

$K_{сут} = 0,9$ - коефіцієнт використання машини впродовж доби.

$$t_{\Sigma} = 25 \times 365 \times 1 \times 24 \times 0,9 = 197100 \text{ годин}$$

$$N_{\Sigma_2} = 60 \times 2 \times 200 \times 197100 = 4730,4 \times 10^6$$

$$N_{\Sigma_1} = 60 \times 1 \times 750 \times 197100 = 8868,7 \times 10^6$$

Коефіцієнт еквівалентності навантажень

$$K_{HF} = \sum \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^{\frac{m_h}{z}} \frac{t_i}{t_{\Sigma}}$$

Приймаємо

$$N_{HE_1} = 8868,7 \times 10^6 \times 0,75 = 6651,5 \times 10^6$$

$$N_{HE_2} = 4730,4 \times 10^6 \times 0,75 = 3547,8 \times 10^6$$

$$K_{HL_1} = \sqrt[6]{\frac{120 \times 10^6}{6651,5 \times 10^6}} < 1, \text{ тому що ухвалюємо } K_{HL_1} = 1$$

$$K_{HL_2} = \sqrt[6]{\frac{120 \times 10^6}{3547,8 \times 10^6}} < 1, \text{ тому що ухвалюємо } K_{HL_2} = 1$$

$$[G_H]_1 = \frac{1050}{1,2} \times 1 \times 0,95 = 831,2 \text{ МПа}$$

$$[G_H]_2 = \frac{1334}{1,2} \times 1 \times 0,95 = 1056 \text{ МПа}$$

Максимальні контактні втомні напруги

$$[G_H]_{1\max} = 40HRC = 40 \times 58 = 2320 \text{ МПа}$$

$$[G_H]_{2\max} = 3,0HV = 3,0 \times 600 = 1800 \text{ МПа}$$

Колова швидкість

$$U = \frac{\pi d_2 n_2}{60 \times 10^3} = \frac{3,14 \times 1,242 \times 200}{60 \times 10^3} = 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

При $U > 3 \text{ м/с} \rightarrow 7$ ступінь точності передачі.

Дійсні контактні напруги утоми знайдемо по наступній формулі.

$$G_{H_{1,2}} = Z_M Z_H Z_E \sqrt{\frac{F_t K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{HV}}{b_{w_2} d_1} \frac{U+1}{U}} \leq [G_H]_{1,2} \quad (3.21)$$

де $Z_M = 275 \text{ МПа}^{1/2}$ - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів сполучених коліс;

$Z_H = 1,77 \cos \beta = 1,77 \cos 15^\circ = 1,71$ - коефіцієнт, що враховує форму сполучених поверхонь зубів у полосі зачеплення;

$Z_E = \sqrt{\frac{1}{E_\alpha}}$ - коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній;

$$E_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \right] \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{75} \right) \right] \cos 15^\circ = 1,62 -$$

коефіцієнт торцевого перекриття;

$$Z_E = \sqrt{\frac{1}{1,62}} = 0,785$$

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2N/W_2}{d} - \text{колова сила Н, без обліку втрат на тертя};$$

$$W_2 = \frac{\pi n_2}{30} = \frac{3,14 \times 200}{30} = 20,93 \text{ с}^{-1} - \text{кутова швидкість колеса};$$

$N = 630 \text{ кВт}$ - потужність головного двигуна;

$$F_t = \frac{2 \times 630 / 20,93}{1,242} = 48,47 \text{ кН}$$

$K_{HL} = 1,08$ - коефіцієнт розподілу навантаження між зубами;

$K_{H\beta} = 1,1$ - коефіцієнт розподілу навантаження по ширині зубчастого
вінця;

$K_{HV} = 1,06$ - коефіцієнт динамічного навантаження;

$b_{w_2} = 170 \text{ мм}$ - ширина зубчастого колеса;

$d_1 = 331,28 \text{ мм}$ - тривалий діаметр шестірні;

$U = 3,75$ - передаточне число.

$$G_H = 275 \times 1,71 \times 0,785 \sqrt{\frac{48470 \times 1,08 \times 1,1 \times 1,06}{170 \times 331,12} \frac{3,75 + 1}{3,75}} = 431,4 \text{ МПа}$$

,що менше допустимих напружень найменше із шестірні й колеса

$$([G_H]_1 = 831,2 \text{ МПа})$$

Розрахунки на контактну міцність при дії пікових напружень

$$G_{H \max} = G_H \sqrt{\frac{T_{\text{пик}}}{T_{\max}}} \leq [G_H]_{\max}$$

де $T_{\text{пик}} = 2T_{\max}$ - пікові навантаження привода.

$$G_{H \max} = 431,4 \sqrt{\frac{2T_{\max}}{T_{\max}}} = 610 \text{ МПа} < 1800 \text{ МПа} = [G_H]_{\max}$$

Умова виконується.

Перевірочний розрахунки передачі на втомну міцність зубів на вигин.

Визначаємо допустимі втомні напруги вигину

$$[G_F]_{1,2} = \frac{G_{F \lim}^o}{S_F} K_{FL1,2} K_{FC} \quad (3.22)$$

де $S_F = 1,75$ - коефіцієнт запасу міцності при ймовірності руйнування 0,9;

$G_{F \lim}^o = 600 \text{ МПа}$ - границя витривалості на вигин;

$G_{F \lim_1}^o = 650 \text{ МПа}$ - границя витривалості на вигин;

$K_{FC} = 1$ - коефіцієнт, що враховує напрямок навантаження (однобічне навантаження);

$K_{FL} = M_F \sqrt{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}}$ - коефіцієнт довговічності;

$N_{FO} = 4 \times 10^6$ - базова кількість навантажень;

$m_F = 9$ - показник кривої утоми на вигин при $H < HB350$;

Еквівалентне число навантажень;

$$N_{FE_{1,2}} = N_{\Sigma_{1,2}} K_{FE}$$

Коефіцієнт еквівалентності

$$K_{FE} = \sum \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^{m_F} \frac{t_i}{t_{\Sigma}} = 0,75 \quad (3.24)$$

$$N_{FE_1} = 6651.5 \times 10^6$$

$$N_{FE_2} = 3547.8 \times 10^6$$

$$K_{FL_1} = \sqrt{\frac{4 \times 10^6}{6651.5 \times 10^6}} < 1 \text{ те } K_{FL_1} = 1$$

$$K_{FL_2} = \sqrt{\frac{4 \times 10^6}{3547.8 \times 10^6}} < 1 \text{ те } K_{FL_2} = 1$$

$$[G_F]_1 = \frac{650}{1.75} \times 1 \times 1 = 371.4 \text{ МПа}$$

$$[G_F]_2 = \frac{600}{1.75} \times 1 \times 1 = 343 \text{ МПа}$$

максимальна напруга вигину, що допускається

$$[G_F]_{\max_1} = 2.5HV = 2.5 \times 600 = 1500 \text{ МПа};$$

$$[G_F]_{\max_2} = 1200 \text{ МПа};$$

Дійсні втомні напруги вигину

$$G_{F_{1,2}} = Y_{F_{1,2}} Y_{\beta} Y_E \frac{F_t K_{F\alpha} K_{F\beta} K_{FV}}{b w_2 m} \leq [G_F]_{1,2}$$

Y_F - коефіцієнт форми зуба;

$$Y_{F_1} = 4.0 \text{ при } \beta = 15^\circ, Z_V = Z / \cos^3 \beta = 20 / \cos^3 15^\circ = 22.2;$$

$$Y_{\beta} = 1 - \frac{\beta}{140^{\circ}} = 1 - \frac{15^{\circ}}{140^{\circ}} = 0.89 \text{ - коефіцієнт нахилу зуба;}$$

$$Y_E = \frac{1}{E_{\alpha}} = \frac{1}{1.62} = 0.617 \text{ - коефіцієнт, що враховує перекриття зубів;}$$

$$K_{F\alpha} = 1.07 \text{ при 7 ступені точності;}$$

$$K_{F\beta} = 1.18;$$

$$K_{FV} = 1.06;$$

$m = 16 \text{ мм.}$ - модуль зачеплення.

$$G_{F_1} = 4.0 \times 0.89 \times 0.617 \frac{48470 \times 1.07 \times 1.18 \times 1.06}{170 \times 16} = 32.3 \text{ МПа} < 371.4 \text{ МПа} = [G_F]_1$$

Дійсні напруги, що менше допустимих для шестірні.

Дійсні напруги вигину для колеса

$$G_{F_2} = G_{F_1} \frac{Y_{F_2}}{Y_{F_1}} < [G_F]_2$$

$$Y_{F_2} = 3.6 \text{ при } \beta = 15^{\circ}; Z_2 = 75, X_2 = 0$$

$$G_{F_2} = 52.3 \frac{3.6}{4.0} = 47 \text{ МПа} < 343 \text{ МПа} = [G_F]_2$$

Умови виконуються.

Розрахунки зубів на вигин при дії пікових напружень

$$G_{F_{1.2 \max}} = G_{F_{1.2}} \frac{T_{\text{пик}}}{T_{\max}} < [G_F]_{1.2 \max}$$

де $T_{\text{пик}} = 2T_{\max}$ - пікове навантаження привода машини по крутному моменту.

$$G_{F_{1\max}} = 52.3 \times 2 = 104.6 \text{ МПа} < 1500 \text{ МПа} = [G_{F_1}]_{\max}$$

$$G_{F_{2\max}} = 47 \times 2 = 94 \text{ МПа} < 1200 \text{ МПа} = [G_{F_2}]_{\max}$$

Умови виконується по всіх проведених перевірочних розрахунках.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Сутність охорони праці

Розвиток техніки та удосконалення технологій, зріст рівня механізації та автоматизації виробництва, впровадження новітніх досягнень науки складають реальні передумови для припинення важких некваліфікованих робіт, покращення умов та збагачення змісту праці, забезпечення безпеки.

Це можливо лише тоді, коли людина працює у сприятливих умовах, що сприяють розвитку її здібностей та забезпечують високий рівень продуктивності праці. Крім того, під час роботи, людина не повинна захворіти або отримати травму.

Усіма заходами, що забезпечують безпечні умови праці, займається «охорона праці». Охорона праці виявляє та досліджує можливі причини нещасних випадків на виробництві, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж; та розробляє систему заходів та вимог для усунення, зазначених, причин і створення безпечних та сприятливих умов для праці людини. При цьому, поряд з величезним соціальним ефектом досягається й певний економічний ефект.

Охорона праці – це система законодавчих актів та відповідних їм соціально-економічних, гігієнічних, технічних та організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я, працездатності людини у робочому процесі.

Загальні причини охорони праці знайшли своє відображення у всіх важливих законодавчих актах України. Відповідно до Конституції України, кожен має право на безпечні та нешкідливі умови праці.

Норми, які забезпечують безпеку праці, заходи для встановлення або зменшенню впливу на працівників шкідливих факторів, визначаються певними нормативними актами.

Головне місце у нормативно-технічній документації про охорону праці займають державні нормативні акти з охорони праці (ДНАОП), що є комплексом взаємопов'язаних стандартів.

Нормативно-технічну документацію складають: санітарні норми (СН), будівельні норми та правила (БН; БП), галузеві стандарти та стандарти підприємств з охорони праці, та інші правила та інструкції.

Мета охорони праці – звести до мінімуму ймовірність нещасного випадку або захворювання працівника, з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній продуктивності праці.

Законодавчо-правовими актами України з охорони праці та навколишнього середовища є: Конституція України, Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я», Закон України «Про охорону праці», Кодекс законів про працю України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», тощо. Тому, придатними для реалізації можуть вважатися лише ті проекти промислових підприємств, енергосистем, окремих установок, верстатів, агрегатів, апаратів в приладів, що передбачають усунення небезпечних факторів, зведення до мінімуму можливих травм та професійних захворювань.

Складність поставлених перед охороною праці задач у тому, що потребується використання досягнень та висновків багатьох наукових дисциплін, прямо чи опосередковано пов'язаних з задачами створення здорових та безпечних умов праці. Передусім, це відноситься до соціально-правових наук, що розглядають правові гарантії працюючих, а, також, до досліджень в області наукової організації праці, технічної естетики, ергономіки, соціальної та інженерної психології.

При розробці способів забезпечення безпечних умов експлуатації машин, апаратів та іншого обладнання, охорона праці базується на висновках механічних наук, використовуючи їх дані в інженерних рішеннях. Це дозволяє запобігти нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Так як головним об'єктом праці є людина в процесі праці, то при розробці вимог виробничої санітарії, використовуються результати дослідження певних медичних та біологічних дисциплін (гігієни праці, фізіології та психології праці, промислової токсикології тощо). Питання з охорони праці також пов'язані з розробкою заходів щодо запобігання вибухів та пожеж.

4.2 Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

До шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, зокрема, відносяться: несприятливі кліматичні (мікрокліматичні) умови у повітрі робочої зони; напружені зорові роботи; інтелектуальні навантаження; монотонність праці; нервово-емоційна напруженість праці; невідповідність ергономічних показників робочого місця діючим вимогам; фізична важкість виконуваної роботи (статичні та динамічні навантаження на кістково-м'язовий апарат людини); шуми; ультразвук та інфразвук; вібрації; електромагнітні поля промислової частоти; електромагнітні випромінювання радіочастот; електромагнітні випромінювання оптичного спектру (ультрафіолетові або інфрачервоні) від природних, або штучних джерел; статичні електричні поля; розрядження зарядів статичної електрики; рентгенівські та інші іонізуючі випромінювання; надходження шкідливих речовин у повітря робочої зони; ризики ураження електричним струмом; ризики виникнення пожеж; ризики аварій при експлуатації ємностей, що працюють під тиском; біологічна небезпека; недостатня, або надмірна освітленість робочого місця; ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного або штучного характеру на об'єкті або території.

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці

Фактори	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	Клас шкідливих і небезпечних умов, характер праці			Час дії фактора, % в зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			90,8
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			90,8
Ангідрид сірчаний	10,0	13,5	1,35			90,8
П. Пил переважно фіброгенної дії (силікато-вмісний), мг/м ³						90,8
Вміст кремнію діоксида – 2,5%	4,0	7,9	1,8			90,8
III. Шум, дБА	80	90		10		100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °С	27-15	38			11	90,8
- швидкість руху повітря, м/с	0,5	<0,3	60,6			90,8

-відносна вологість повітря, %	55	28				90,8
Категорія важкості та напруженості праці	Важка III Помірна					
V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом, град	перебування в похилому положенні понад					
	28,1	0		30		
Кількість факторів				2	1	

Гігієнічна оцінка умов праці.

Умови і характер праці відносяться до III класу 2 ступені по факторах: пил, шум.

Атестація робочого місця.

Робочі місця мають у наявності: 2 фактор 1 ступені, 2 факторів 2 ступеня, 1 фактор 3 ступені. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам списку № 1 пункт 1.

Санітарно-гігієнічні умови праці в цехах КШП характеризуються певними негативними проявленнями: наявністю у повітрі шкідливих речовин, високими тепловиділеннями, шумом, вібраціями, високим рівнем електронапруги та напругою магнітних полів.

Концентрація пилоподібних часток окалини та графіту, що здуваються стиснутим повітрям з поверхні матриць, штампів та поковок, в повітрі робочої зони складає 3,9-4,1; за процесами може досягати 22-138 мг/м.

Концентрація продуктів згоряння змащувальних матеріалів досягає 9-12, формальдегіду до 0,4-0,6 мг/м³. в стічних водах міститься 0,4-1,0 г/л зважених речовин 0,01-0,06 г/л масла; температура стічних вод 30-40°C.

Виділення токсичних газів від нагрівальних печей в молотових прольотах досягає 3-7 г СО, при спалюванні 1 кг природного газу; 2,5 г SO₂ при спалюванні 1 кг мазуту; в цех потрапляє до 10% загальної кількості шкідливих речовин, що виділяються при згорянні палива. Відповідно до ГОСТ 12.1.005-85 загальні гігієнічні вимоги до повітря робочої зони вміст шкідливих речовин не повинні перевищувати гранично допустимі концепції (ГДК).

У ковальсько-штампувальних і пресових цехах виявлені висока температура повітря (34-36°C), інтенсивне інфрачервоне випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях становить біля нагрівальних печей, пресів і молотів 1,4-2,1; у місцях складування заготовок, пультів управління кабін кранівників 1,0-1,95; на робочих місцях при нагріванні металу на високочастотних установках 0,14-0,3 кВт/м².

Рівні шуму на робочих місцях у механічних процесах складають 100-110, у гідравлічних процесах для листової штамповки – 106, у важких кувальних і штампувальних молотів 110-120 дБ. Нормативним документом, що регламентує рівні шуму на робочих місцях, є ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Загальні вимоги безпеки». Знизити рівень на робочих місцях при штамповці на 14 дБ можна за рахунок встановлення на пресах скошених штампів замість прямих.

Амплітуда коливання шабота молота досягає 7-8, фундаменту молота 0,56-0,08, жорсткого фундаменту молота 12 мм. Амплітуда коливань ґрунту в залежності від відстані до джерела коливань становить:

$$A = A_0 \sqrt{-\beta(r - r_0)} \quad (4.1)$$

де A_0 - амплітуда коливань ґрунту в точках, розташованих на відстані

r_0 - радіус описаного кола через крайні точки фундаменту джерела;

r - задана відстань для визначення A ;

β - коефіцієнт поглинання хвиль ґрунтом (коливається від 0,001 до 0,1м⁻¹ в залежності від виду ґрунту).

Загальний час впливу вібрації на людину залежить від кількості ударів, що наносяться в зміну. Число ударів пневматичного молота в хвилину становить 6-10; штампувальні молоти наносять 3000 - 5500 ударів в зміну. Молот звичайної конструкції зі співвідношенням зіткнених мас, рівним 25, встановлений на дубову подушку, має власну частоту коливань 14-17 Гц; тривалість безпосередньо удару знаходиться в інтервалі 0,0008 - 0,01 с. Нормативні вимоги з вібрації містяться в ГОСТ 12.1.012-78 ССБТ «Вібрація. Загальні вимоги». Для захисту працюючих від вібрації, встановлюють віброізолювані фундаменти.

4.3 Вимоги до пристрою цехів КШП

Успішна робота цехів КШП, сучасних металургійних підприємств, їх основного і допоміжного обладнання, комунікацій, очисних споруд багато в чому залежить від правильності і сучасності дій персоналу. Створене нами штучне середовище проживання – техносфера, включає технологічне, підйомно-транспортне, нагрівальне, допоміжне обладнання і становить єдину взаємопов'язану систему. Спроможну стати джерелом аварії, нещасних випадків.

Виробничі, адміністративні та побутові приміщення повинні відповідати СН 245-71, СНіП 2.09, СНіП 2.04.05-91. Обсяг і площа приміщення повинні бути відділені від ділянок гарячих робіт і травильних відділень.

Важливим елементом виробничих приміщень є підлоги. Підлоги ковальських цехів відповідно до ГОСТ 12.3.026-81 і СНіП

П В-8-71 «Підлоги. Норми проектування» повинні бути зроблені з міцного матеріалу, стійкого до впливу нагрітого металу, окалини, вібрації і мати рівну поверхню. Рекомендуються наступні покриття підлог: бетонні плити на прошарку з цементно-піщаного розчину для складів металу і механізованих складів нарізаних заготовок; сталева штампована перфорована плитка на прошарку з дрібнозернистого бетону для механізованих складів нарізаних заготовок; чавунна й сталева штампована перфорована плитка на прошарку з дрібнозернистого бетону для ковальських ділянок об'ємного гарячого штампування, редагування, карбування, кування злитків, кування прокату, пічних ділянок. У цехах листового штампування покриття підлог може бути дерев'яним або ксилолітових. Пристрій земляних підлог не допускається.

Виробниче обладнання повинно бути розміщено так, щоб створювалося мінімальне число зворотних і пересічних потоків. Відстані між одиницями обладнання, обладнанням і частинами будівель повинні прийматися в залежності від типу і потужності обладнання, розмірів продукції, що виготовляється і межопераційного транспорту.

Службові, побутові і санітарно-побутові приміщення, приміщення охорони здоров'я, громадського харчування, культурного призначення, технічних служб, управління повинні знаходитися в торцях корпусів, в прибудовах до них або в окремих будівлях з критими переходами між корпусами. Розрахунок кількості і складу устаткування, розмірів площ проводиться за нормами СНіП 2.09.04-87 з урахуванням чисельності працюючих в найбільш численній зміні, в тому числі жінок.

Природне та штучне освітлення виробничих приміщень повинно відповідати вимогам СНіП 23.05-95. У цехах також необхідне аварійне освітлення. Світильники місцевого стаціонарного освітлення повинні живитися напругою не більше 42 В. Мостові крани повинні мати світильники

для компенсації затемнення робочих місць. Очищення світильників повинне вироблятися регулярно – не менш ніж 2 рази на місяць, стеком ліхтарів і вікон виробничих приміщень -не рідше 4 разів на рік.

У цехах та на ділянках проведення ковальсько-пресових робіт, застосовують загально-обмінну припливно-витяжну і місцеву вентиляцію, а також систему кондиціонування повітря для підтримки в робочій зоні нормальних метеорологічних умов і очищення повітря від шкідливих виділень. Метеорологічні умови повинні відповідати ГОСТ 12.1.005-88 для важких (категорії III) та середньої важкості (категорії II) [16].

При загально-обмінній витяжній вентиляції з верхньої зони цеху, видалення повітря слід передбачати через ліхтарі, шахти або вентилятори з мінімальною кількістю витяжних отворів. Подачу повітря в вентилярованому приміщенні передбачають в теплий період на висоті 4 м від підлоги до низу вентиляційних отворів. Для покращення аерації в літню пору року з розрахунковою температурою зовнішнього повітря $+25^{\circ}\text{C}$ і вище, необхідно робити прорізи в стінах з розсувними шторами, що відкриваються; ширина отвору повинна бути не менше половини бічних стін, висота - 3 м від рівня підлоги.

Для опалення виробничих приміщень в холодну пору передбачається система повітряного опалення, поєднана з вентиляцією. Подача повітря, що не підігрівається в холодний період року, допускається при здійсненні заходів, що запобігають безпосередній вплив холодного повітря на працюючих. Для захисту робочих місць від протягів в холодну пору року у вихідних дверей, воріт цеху, влаштовують опалювальні тамбури, теплові завіси тощо.

Для захисту від теплового випромінювання (якщо неможливо екранування) використовують повітряне душення з зосередженою подачею холодного повітря. Повітряне душення на робочих місцях здійснюється за допомогою пристрою, що має пристосування для регулювання напрямку і швидкості руху повітря від 2 до 5 м / с. У холодний період року,

підігрівається, в теплий – охолоджується. У закриті кабани операторів мостових кранів, пультів управління і в кімнати відпочинку подають свіже очищене повітря або обладнують їх кондиціонерами.

4.4 Вимоги безпеки до виробничого обладнання

Вимоги безпеки зазначені в наступних стандартах: ГОСТ 12.02.017-86 «ССБТ. Обладнання ковальсько-пресове. Загальні вимоги безпеки», ГОСТ 12.02.017.1-89 «ССБТ. Автомати, напівавтомати ковальсько-пресові. Вимоги безпеки», ГОСТ 12.02.017.2-89 «ССБТ. Молоти. Вимоги безпеки», ГОСТ 12.02.017.3-90 «ССБТ. Машини правильні. Вимоги безпеки», ГОСТ 12.3.026-81 «ССБТ. Роботи ковальсько-пресові. Вимоги безпеки», ОСТ 1.42310-86 «ССБТ. Порядок розробки, узгодження та затвердження інструкцій з охорони труда. Загальні вимоги», «Штамування листове гаряче. Загальні вимоги безпеки», ОСТ 1.42328-86 «ССБТ. Штамування листове гаряче з нагрівом заготовок в електропечах. Загальні вимоги безпеки», ОСТ 1.42329-86 «ССБТ. Штамування листове гаряче з радіаційним нагрівом. Загальні вимоги безпеки», ОСТ 1.42330-86 «ССБТ. Штамування листове гаряче з електроконтактним нагрівом. Спеціальні вимоги безпеки», ОСТ 1.42331-86 «ССБТ. Штамування листове гаряче ізотермічне. Спеціальні вимоги безпеки», ОСТ 1.42332-86 «ССБТ. Штамування листове гаряче газо-компресійне. Спеціальні вимоги безпеки».

Ковальсько-пресове обладнання. Загальні вимоги. З метою безпеки роботи, необхідно на даному обладнанні виробляти тільки ті операції, для яких воно призначене. Станини і зовнішні виступаючі частини обладнання не повинні мати гострих кутів і задирок; рухомі і обертові частини (зовнішні зубчасті, фрикційні, шатунні, кривошипні і ремінні передачі, вали та ін.), розташовані на висоті менше 2 м від рівня підлоги і робочих майданчиків, необхідно забезпечувати суцільними або сітчастими огороженнями. Сторони осередків сітчастої огорожі повинні бути не більше 10 мм.

Огородження необхідно підвішувати на шарнірах. В окремих випадках допускається глухе підвішування (на болтах, шпильках тощо) за умови, що огорожу забезпечено вікном з шарнірною кришкою (дверцятами) для доступу до частин машини, що вимагають частого обслуговування. У всіх болтових з'єднаннях виробничого обладнання та штампах повинні бути пристосування проти само-викручування (контргайки, пружинні шайби, чеки, шплінти тощо).

Гідравлічні преси повинні забезпечуватися надійно діючими пристроями для утримання траверси в верхньому положенні при виконанні налагоджувальних і ремонтних робіт.

Конструкція і зміст пускових пристроїв (пускових кнопок, педалей, важелів ручного управління тощо), а також муфт включення і гальм повинні забезпечувати швидке і надійне включення і виключення обладнання та виключати можливість випадкового або самовільного включення його на робочий хід. Конструкція і розташування аварійних вимикачів і кнопок дистанційного управління обладнанням та іншими пристроями повинні забезпечувати можливість користування ними з будь-якої робочої позиції. Усі пускові пристрої повинні мати написи, що вказують на призначення і застосування пускового пристрою.

Мережі гідроприводу (мультиплікаторів і ін.), трубопроводи, робочі гідравлічні циліндри, пристрої вантажних, гідравлічних і пневматичних акумуляторів, а також деталі механічного тиску (траверси, штампи) і всі їхні пристосування і кріплення повинні відповідати потужності і задовольняти вимоги технічних умов влаштування та утримання даного гідравлічного преса. Всі деталі преса і молота, що знаходяться під тиском пари, повітря і рідини, необхідно піддавати періодичним оглядам і випробуванням згідно з Правилами будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, затвердженим Держгіртехнагляд.

Для контролю тиску в кожному пресі і молоті, а також трубопроводах повинні ставитися манометри. Для поглинання гідравлічних ударів в пресах,

трубопроводи до них повинні забезпечуватися запобіжними клапанами або іншими пристроями. Між насосним відділенням та пресами, що обслуговуються, повинна монтуватися світлова та звукова сигналізація, що блокується з пусковим пристроєм.

4.5 Вимоги техніки безпеки до ковальського інструменту

Ковальський інструмент повинен бути в комплекті і відповідати вимогам щодо форми, якості матеріалу та термічної обробки. Поновлення застосування виготовленого або відремонтованого інструменту та пристосувань допускається тільки після приймання ОТК цеху. Інструмент, який несправний і не відповідає умовам роботи, підлягає негайному вилученню та заміні.

Мірятьний інструмент і шаблони повинні мати такі розміри і форму, щоб при користуванні ними руки робочого перебували поза робочої зони обладнання. Рукоятки молотів, кувалд та іншого інструменту ударної дії повинні виготовлятися з сухого дерева твердих і в'язких порід (кизилу, горобини, граба та ін.), повинні бути прямими і овальної форми, вісь рукоятки – під прямим кутом у поздовжній вісі інструменту. Клини для зміцнення рукояток повинні виготовлятися з м'якої сталі з рискою «йорж», а рукоятки інструментів (сокир, накладок, розкаток і ін.) – з м'якої сталі, що не гартується [8].

4.6 Вимоги безпеки до організації, проведення робіт

Метал, що надходить в заготівельне відділення (на склади), укладають в стійкі штабелі висотою не більше 1,2 м (при відсутності упорів-стовпчиків), залишаючи проходи між штабелями не менше 1 м. Стійкість штабелів металу забезпечується установкою міцних металевих стійок. При використанні стійок і стелажів висота штабелів може бути збільшена на 2 м.

Сортовий та фасонний прокат повинен зберігатися в штабелях, ялинкових і стоїчних стелажах. Ялинкові стелажі можуть виконуватися (до 12 ярусів) односторонніми і двосторонніми. Висота укладання при зберіганні в ялинкових стелажах становить 4,5 м при використанні крана-штаблера. При зберіганні дрібних профілів з металу повинні застосовуватися спеціальні скоби шириною 1 м і висотою 0,5 м.

Поковки масою до 500 кг повинні зберігатися в спеціальній тарі. Тару допускається встановлювати в штабелях висотою до 4 м. Поковки масою понад 500 кг повинні зберігатися на підлозі в один ряд або в штабелях висотою до 2 м.

Відходи і окалину необхідно зберігати в спеціально відведеному місці з бетонною або металеву підлогою; прибирати їх рекомендується не рідше 1 разу на місяць. Місце зберігання відходів повинно бути огороженим суцільною металеву або залізобетонним огороженням висотою 0,5 м.

Ергономічні вимоги до робочих місць при виконанні робіт в положенні сидячи наведені в ГОСТ 12.2.032-78, а в положенні стоячи – в ГОСТ 12.2.033-78. Місце машиніста молота або преса має бути зручним для постійного спостереження за ходом робіт і огорожене від літаючої окалини і обрубків екраном. На робочих місцях у кувального обладнання повинні бути спеціальні пристосування для зберігання інструменту. Для запобігання травмуванню рук при штампуванні повинні бути передбачені зазори безпеки між рухомими частинами штампів. Щоб уникнути попадання рук в небезпечну зону між рухомими пуансоном і матрицею, штампи забезпечують нерухомими знімачами для видалення поковок і задирок, механізують ці операції. Застосовують дворуке управління пресами, рухомі та нерухомі огорожі, руко-відсторонителі тощо.

4.7 Навчання та інструктаж працівників

Кожен новоприйнятий або переведений на іншу роботу працівник повинен бути навчений і проінструктований адміністрацією на робочому місці про способи безпечного ведення робіт. Адміністрація може допустити робочого до самостійної роботи лише після засвоєння їм правил по техніці безпеки за професією. Повторний виробничий інструктаж робітників і перевірка знань з техніки безпеки повинні проводитися не рідше, ніж через кожні три місяці.

Адміністрацією ковальсько-штампувального цеху повинні бути розроблені інструкції з охорони праці для всіх видів робіт і затверджені спільно з профспілковим комітетом. Інструкції повинні видаватися на руки кожному робітникові. Крім того, основні витяги з інструкцій, написані великим шрифтом, повинні бути вивішені на робочому місці або оформлені окремими плакатами. Адміністрація зобов'язана стежити за виконанням робітниками інструкцій з техніки безпеки та користуванням запобіжними пристосуваннями та засобами індивідуального захисту.

Технологічна карта на конкретну операцію повинна включати основні вказівки заходів безпеки, наприклад: спосіб подачі заготовок на бойок; спосіб знімання виробів і прибирання відходів; режим роботи машини «Самохід», «Разове включення» тощо.

Відповідальність за дотримання правил (ТБ) покладається на адміністрацію підприємств – на директора і головного інженера, начальників цехів і керівників окремих ділянок. Контроль за дотриманням правил ТБ здійснюють державні органи та інспекція.

Праце-галузеві профспілки, профспілкові комітети, комісії з охорони праці, винні у порушенні правил або, що не прийняли заходи до їх виконання, залучаються до відповідальності згідно з чинним законодавством.

4.8 Заходи для захисту від шумового навантаження

Одним з найістотніших шкідливих чинників є підвищені рівні шуму. Вплив шуму робить прямий вплив на здоров'я людини: викликає негативні зміни вегетативної, нервової та ендокринної систем. Це призводить до таких захворювань як: гіпертонія, виразкові та шкірні захворювання. У виробничому процесі підвищені рівні шуму призводять до зниження порога чутності, стомлюваності, ослаблення уваги, а також може призвести до травми.

Для захисту від шумових навантажень на організм людини, працівники повинні застосовувати спеціальні вставки у вуха, беруші, протишумні навушники.

Відповідно до «Санітарних нормам і правил щодо обмеження шуму на території та в приміщеннях виробничих підприємств» рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 85 дБ.

Таблиця 4.2 - Рівні звуку і звукового тиску по ГОСТ 12.1.003-83

Робочі	Средньгеометричні частоти октавних штаб, Гц								Рівні звука, ДБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Рівні звукового тиску, дБ								
Допустимі рівні	99	92	86	83	80	78	76	74	85
Фактичні рівні	95	87	82	78	75	73	71	69	79

4.9 Заходи для захисту від метеорологічних умов

Метеорологічні умови в цеху характеризуються атмосферним тиском, температурою, вологістю, швидкістю руху повітря і інтенсивністю теплового випромінювання.

Відносну вологість повітря приймають в межах 36-60% при температурі 18-20°C, рух повітря, має становити 0,1-0,2 м/с. При виконанні фізичної роботи температура повинна бути приблизно від 14 до 17°C. Температура в цеху повинна бути не більше ніж на 5°C вище температури зовнішнього повітря. Для створення нормальних метеорологічних умов необхідно зменшити тепловиділення, застосовувати аерацію цеху, застосовувати приточну обдувочну вентиляцію, застосовувати індивідуальні засоби захисту.

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці представлені таблиці №4.3 згідно ГОСТ 12.1.005-88

Таблиця 4.3 - Метеорологічні умови в приміщенні цеху

Пора року	Швидкість повітря	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
1	2	3	4	5
Холодний період	Середньої тяжкості	18-20	60-40	0,2
Теплий період	Середньої тяжкості	21-23	60-40	0,2

Таблиця 4.4 - Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці

Категорія робітника	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря на робочому місці, °С
Середньої тяжкості	17-23	75	0,1-0,3	13-24

4.10 Заходи щодо поліпшення освітленості

Освітлення в цеху здійснюється природним способом – через віконні прорізи, і штучним. Штучне освітлення комбіноване. Для загального освітлення використовуються газорозрядні лампи типу ДРЛ і ДЛ, для місцевого використовують світильники з непрозорими відбивачами.

Таблиця 4.5 - Норми освітленості робочих місць

Характеристика роботи	Розмір об'єкту відмінності, мм	Розряд зорових робіт	Освітлення	
			Комбіноване	Загальне
Висока точність	ОД-0,3	I	5000	400
Точна	0,5-1,0	III	3000	350
Малої точності	1-5	IV	350	150
Груба	Більш 5	V	100	100

4.11 Заходи для оздоровлення повітряного середовища

Для оздоровлення повітряного середовища спроектована система витяжної вентиляції. Проект вентиляції виконаний відповідно до СНіП

2.04.05-91 "Опалення, вентиляція и кондиціонування». При проектуванні враховувалися вимоги ГОСТу 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони», СН245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств». Для створення на ділянці санітарно-гігієнічних умов, що відповідають ГОСТ 12.1.005-88, на ділянці існують різні конструкції.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони в виробничому приміщенні представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробничих приміщень

Найменування речовини	Фактична концентрація, мг/м ³	ПДК, мг/м	Клас небезпеки
Пари води	5	5	4
Пил сталі	6	6	4
Пари масла	5	5	4

4.12 Заходи з пожежної безпеки

Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту і заходами організаційного характеру.

До основних умов попередження пожежі відносяться: запобігання утворенню гарячого середовища і появи джерел запалювання.

Пожежний захист забезпечується застосуванням негорючих речовин, обмеженням кількості горючих речовин та ізоляцією гарячого середовища, а також запобіганням поширенню пожежі.

До організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться: пожежна охорона об'єкта, розробка і здійснення правил і норм

пожежної безпеки, правил дотримання протипожежного режиму і встановлення заходів по ліквідації пожежі, що виникла.

Пожежі і вибухи відбуваються внаслідок таких основних причин:

- порушення нормального режиму технологічного процесу;
- несправності в роботі пристроїв для очищення, транспортування і споживання газу;
- неправильна експлуатація електромереж та електрообладнання;
- порушення елементарних вимог пожежної охорони.

Можливість звичайних пожеж невелика, так як в зв'язку з застосуванням високотемпературного технологічного процесу всі елементи будівель виконані з негорючих матеріалів.

З аналізу речовин і матеріалів, які застосовуються на виробництві, цех відноситься до пожежонебезпечної категорії «Д» відповідно до СНІП 2.09.02-85 «Норми проектування. Виробничі будівлі промислових підприємств».

Ступінь вогнестійкості приведена в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Ступінь вогнестійкості будівель і споруд

Загальні будівельні конструкції	Ступінь вогнестійкості - II	
	Група загоряння	Межа вогнестійкості
1	2	3
Несучі стіни і колони	Вогнетривкі	2,0 ч.
1	2	3
Плити, перегородки несучих конструкцій	Вогнетривкі	0,75 ч.
Внутрішні перегородки, сходові перегородки	Важко горючі	0,2 ч.
Бронтмаери	Важко горючі	2,5 ч.

Системи опалення проектують і експлуатують із додержанням відповідних заходів пожежної безпеки. В якості опалювальних приладів на підприємствах застосовують центральне (водяне, парове опалення), а також газове і електричне опалення.

Загоряння ізоляції проводки і виникнення короткого замикання може спричинити пожежу. До найбільш вірогідних причин перегріву проводів відносяться нагрівання проводів при проходженні струму надмірно великої величини і при виникненні великих місцевих опорів внаслідок неправильного влаштування електроустановок.

У складсько-господарських приміщеннях передбачаються наступні заходи щодо пожежної безпеки:

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до всіх стелажів;
- суворо дотримуватися правил сумісного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією та засобами пожежогасіння;
- поділ складів на відсіки з протипожежними стінами, за ознаками однорідності засобів пожежогасіння і можливістю спільного зберігання матеріалів.

Передбачається встановлення пожежної сигналізації на ділянках і в допоміжних приміщеннях. Установлюються з розрахунку 1 сповіщувач на 65 м² площі і замикаються на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Щоб попередити загоряння ізоляції і короткого замикання проводів, застосовують плавкі запобіжники або спеціальні, що відключають мережу при перевантаженні.

На особливу увагу заслуговує виконання вогнебезпечних робіт. Тимчасові вогнебезпечні роботи допускається проводити за письмовим

дозволом адміністрації із зазначенням умов безпечного виконання таких робіт.

Це положення відноситься до електрозварювальних і газозварювальних робіт, промивки деталей при ремонті обладнання горючими розчинниками.

До основних засобів гасіння пожеж відносять: воду, водні емульсії, галоїдовані вуглеводні, водяна пара, повітряно-механічного хімічну піну, інертні гази, вуглекислоту, галоїдовані вуглеводні, стиснене повітря, сухі вогнегасні речовини.

На кувально-штампувальній ділянці встановлений пожежний щит. Комплект щита містить:

- вогнезасник – 3 шт;
- ящик з піском, 1 шт
- ковдра розміром 2 м на 2 м, 1 шт;
- гак, 3 шт;
- лом, 2 шт;
- сокира, 2 шт;

Паління дозволено тільки в спеціально відведених місцях, обладнаних урнами для недопалків і ємностями з водою. В цих місцях повинні бути присутні надписи «Місце для паління».

Із первинних засобів вогнегасіння найбільш ефективними і зручними в дії і надійними в роботі є вогнегасники (пінні хімічні, вуглекислотні, повітряно-пінні).

Вони призначені для тушіння невеликих пожеж і загоряння твердих і рідких речовин.

Також до первинних засобів пожегасіння відносять сухий пісок, який використовують для тушіння невеликих вогнищ пожегів горючих рідин (мазут, соляра, різних мастил), електрокабелів, електропроводки та інші.

Гасіння піском виконується киданням його на горючу поверхню. Один раз в квартал пісок мають просіювати або перемішувати. Грудки і мусор повинні бути видалені.

Розрахувати стаціонарну установку для гасіння пожегу вуглекислотою в приміщенні цеха.

Об'єм приміщення становить:

$$W_n = 108864 + 87480 = 196344 , \quad (4.2)$$

В подальших розрахунках присутні наступні значення: K_b коефіцієнт, який враховує особливості процесу газообміну витікання вуглекислоти через нещільність приміщення, $K_b=1,8$;

L - довжина трубопроводу від встановлення до місця гасіння загоряння, м,
 $L=100$ м.

Необхідна кількість газової суміші визначають за формулою, кг:

$$G_r = G_b \cdot W_n \cdot K_b \cdot G_0 , \quad (4.3)$$

де G_b - вогнегасна концентрація газового складу для вуглекислоти, кг/м³ ($G=0,7$);

G_0 - кількість вуглекислоти, що залишається в установці після закінчення її роботи, кг $G_0=0,2 \cdot G_r$.

$$G_r = 0,7 \cdot 196344 \cdot \frac{1,8}{0,8} = 309241 ;$$

Визначаємо кількість робочих балонів з вуглекислотою, шт:

$$N_b = G_r / V_b \cdot p \cdot a_H , \quad (4.4)$$

де V_b - об'єм балону, л (приймаємо $V_b = 25$ л, при цьому в балоні 15.6 кг вуглекислоти), p - власна вага вуглекислоти, кг/л ($p=0,625$), a_n - коефіцієнт наповнення ($a_n=0,85$).

$$N_b = 196344/25 \cdot 0,625 \cdot 0,85 = 4172 ,$$

Визначаємо пропускну здатність трубопроводу, кг/с:

$$F = 0,1\sqrt{P \cdot \gamma / 2A \cdot L} , \quad (4.5)$$

де P - тиск вуглекислоти на початку трубопроводу (в балоні), Н/м², ($P=49 \cdot 10^5$), A - опір трубопроводу при діаметрі труби 40 мм; ($A=0,044/0,027$), γ - щільність вуглекислоти на початку трубопроводу (в балоні) $\gamma=2900$ кг/м³, тоді:

$$F = 0,1\sqrt{49 \cdot 10^5 \cdot 2900/0,035} = 63718,1 ;$$

ВИСНОВКИ

В загальному вигляді РКМ-1000 являє собою універсальну машину для виготовлення заготовок різноманітного профілю. Універсальність досягається можливою адаптивністю інструменту, достатнім запасом потужності, характеристиками максимально можливих для виготовлення заготовок, та достатньою жорсткістю конструкції.

Аналізуючи проведені розрахунки, можливо стверджувати, що кувальна машина найбільш продуктивна при обробці заготовок до 300мм зі сталей першого, та другого типу деформації. При заданих умовах і використанні однозахідних бойків, разом з виконанням великих значень обтиснення, та оптимізованих значень швидкості подачі і вибору оптимального режиму кування, можливо отримати найбільшу продуктивність процесу.

У технологічній частині роботи за обраною заготовкою була розроблена поковка, що ураховує необхідні величини допусків при куванні для подальшої механічної обробки. Відповідно для виготовлення поковки був розрахований зливоч, а саме його масо-габаритні параметри. Для виготовлення розрахованої поковки за відомими властивостями матеріалу, обрано тип оброблювального інструменту – однозахідні бойки з плоскою калібруючою ділянкою, та кутом захоплюючої ділянки $\alpha=8^\circ$; такий тип інструменту дозволяє отримати значну продуктивність процесу, та кращу проробку структури зливку при куванні за рахунок більших можливих значень обтиску.

Розроблена технологія нагріву передбачає помірний характер швидкості нагріву у першому періоді (до 600°C), та прискорений у 2 рази у другому періоді. Таке нагрівання дозволяє значно знизити вірогідність браку, і несуттєво знизити ефективність процесу загалом.

У механічній частині роботи описаний силовий вузол РКМ, та проведений кінематичний розрахунок. Розрахований шлях, прискорення, та швидкість бойка при різних кутах повороту маховика. За виконаними розрахунками обтиснення, була проведена перевірка міцності валу. За розрахунками виконавчі елементи машини виконані з запасом міцності, та навантаження не перевищує допустиме.

У розділі охорони праці та техногенної безпеки описані основні положення, умови та заходи на ковальському виробництві, щодо створення безпечного робочого місця робітника, та створення безпечних умов праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистых и легированных сталей изготавливаемые ковкой на молотах. 1971
2. Копытов В.Ф. Нагрев стали в печах. Москва : Metallurgizdat, 1955. 264 с.
3. Марочник сталей и сплавов / Колосков М.М. и др. ; за общ. ред. А.С.Зубченко. Москва : Машиностроение, 2001. 672 с.
4. Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин А.М. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов : справочник / изд. 2; Москва : Metallurgiya, 1983. 351 с.
5. Радюченко Ю.С. Ротационное обжатие / ред. изд.: Н.С. Степанченко; Москва : Машиностроение, 1972. 176 с.
6. Радюченко Ю.С. Ротационная ковка : обработка деталей на ротационно- и радиально-обжимных машинах. Москва : МАШГИЗ, 1962. 189 с.
7. Рябичева Л.А. Расчёт и конструирование нагревательных печей кузнечного производства : учебное пособие. Киев : УМК ВМИ. 103 с.
8. Семёнов Е.И. Ковка и штамповка : в 4 т. / ред. изд.: Е.И. Семёнов; Москва : Машиностроение, 1987. Т. 1 : Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / общ. ред. Е.В. Медведева, Т.Д. Онегина. 568 с.
9. Семёнов Е.И. Ковка и штамповка : в 4 т. / ред. изд.: Е.И. Семёнов; Москва : Машиностроение, 1987. Т. 2 : Горячая объёмная штамповка/ общ. ред. Е.В. Медведева, Т.Д. Онегина. 592 с.

- 10.Сторожев М.В. Ковка и объемная штамповка стали : в 2 т. / ред. С.Б. Кирсанова; Москва : Машиностроение, 1967. Т. 1 : изд.2. 436 с.
- 11.Третьяков А.В., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением : справочник / изд. 2; Москва : Metallurgy, 1973. 224 с.
- 12.Тымчак В.М. Расчет нагревательных и термических печей : справочник / под ред. В.М Тычмака, В.Л. Гусовского; Москва : Metallurgy, 1983. 480 с.
- 13.Тюрин В.А. Ковка на радиально-обжимных машинах / ред. изд. Н.Г. Сальникова; Москва : Машиностроение, 1990. 256 с.
- 14.Филимонов Ю.Ф., Позняк Л.А. Штамповка прессованием / ред. Бабенко В.А.; Москва : Машиностроение, 1964. 188 с.
- 15.Шишков М.М. Марочник сталей и сплавів : довідник / вид. 3; Донецьк, 2000. 456 с.
- 16.Юдович С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей / ред. И.С. Поляков; Москва : Машиностроение, 1968. 215 с.
- 17.Юдович С.З., Рогоза Г.Д. Технический контроль металлургического производства; Москва : Metallurgizdat, 1962. 342 с.