

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: ***Проект ділянки ремонтного цеху для удосконалення технології
відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму
двигунів автомобіля КамАЗ-740 з дослідженням
впливу механічних навантажень***

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Камаш К.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Калущка В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Левкович М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Ляшук О.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Радик Д.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ляшук О.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Камаш Корнелія Корнелівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для удосконалення технології
відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів
автомобіля КамАЗ-740 з дослідженням впливу механічних навантажень

Керівник роботи Калушка Володимир Павлович к.т.н, доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» вересня 2020 року № 4/7-690

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2020
3. Вихідні дані до роботи Марка автомобіля КамАЗ-740, базовий технологічний процес відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів
4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.
Науково-дослідний розділ. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Аналіз технологій (1 А1). Ремонтне креслення (дефекти шатуна і шатун у зборі) (2 А1)
Карти ескізів (2 А1). Приспосіблення для фрезерування (1 А1)
Приспосіблення для розточування та хонінгування (1 А1) План ділянки ремонтного цесу (1 А1)
Науково дослідна частина (1 А1)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорони праці</i>	<i>доцент Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викладач Клепчик В.М.</i>		

7. Дата видачі завдання 01.10.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	12.10.2020	
2	<i>Технологічний розділ</i>	26.10.2020	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	03.11.2020	
4	<i>Науково-дослідний розділ</i>	16.11.2020	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація</i>	27.11.2020	
6	<i>Оформлення графічної частини</i>	04.12.2020	
7	<i>Захист дипломної роботи</i>	21.12.2020	

Студент _____

(підпис)

Камаш К.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Калушка В.П

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є технологічний процес ремонту та відновлення шатуна двигуна КамАЗ-740.

Метод дослідження – теоретичний аналіз.

Ціллю даної роботи являється покращення тех. процесу ремонту та відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигуна КамАЗ-740 в умовах автотранспортного підприємства.

Розглянуті умови роботи шатунів двигуна автомобіля КамАЗ-740, їх особливості та призначення. Встановлено причини, які призводять до виникнення неполадок, визначено основні неполадки, які впливають на термін роботи шатунів. Створений покращений технологічний процес відновлення та ремонту деталей кривошипно-шатунного механізму на прикладі шатунів у зборі двигуна КамАЗ-740 в умовах авторемонтного виробництва.

Розроблена конструкція пристосування для хонінгування отвору в нижній головці шатуна й фрезерування паза під виступ вкладиша. Пораховано обладнання, кількість працівників, які потрібні для ремонту деталей кривошипно-шатунного механізму, а саме шатуна.

У розділі по охороні праці проведені розрахунки контура заземлення та встановлено дії при надзвичайних ситуаціях.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Аналіз процесів зношування деталей машин	8
1.2 Аналіз технологій залізнення деталей автомобілів	10
1.3 Аналіз технологій хонінгування деталей автомобілів	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	23
2.1 Аналіз технологічності деталі	23
2.2 Обґрунтування маршруту відновлення	24
2.3 Розрахунки й вибір режимів обробки відновлюваних поверхонь шатуна й технічне нормування операцій	25
2.4. Проектування ділянки відновлення шатунів	40
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	44
3.1 Використання приспособлень в умовах АТП	44
3.2 Приспособлення для кріплення шатуна і принцип роботи	45
3.3 Розрахунки приспособлення на міцність	46
3.4 Конструювання й розрахунки гідравлічного приводу	50
3.5 Конструювання й розрахунки приспособлення	53
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	56
4.1 Огляд впливу механічних навантажень	56
4.2 Наукові дослідження навантаження КШМ	57

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
5.1 Виробнича санітарія	63
5.2 Техніка безпеки	66
5.3 Пожежна безпека	67
5.4 Охорона навколишнього середовища	68
5.5 Розрахунки контуру заземлення	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Автомобільний транспорт у цей час займає провідне положення в задоволенні потреб народного й приватного господарства України в перевезеннях пасажирів і вантажів.

Розвиток автомобільного транспорту в нашій країні в цей час може бути досягнуте практично лише за рахунок удосконалювання організації використання автомобільного парку. При цьому одним з ефективних резервів збільшення кількості автомобілів є ремонт автотранспортних засобів. Особливим напрямком підвищення терміну служби відремонтованої техніки є розробка й впровадження перспективних технологій зміцнення деталей високий рівень, що забезпечує, довговічності роботи вузлів автомобіля [1].

Досить перспективним напрямком в області підвищення довговічності деталей автомобіля є застосування нових матеріалів і покриттів таких, як: металокераміка, пластмаси, тверді сплави й композиційні матеріали [2, 3].

У процесі проведення технічного обслуговування й поточного ремонту виконуються роботи з усунення виниклих несправностей і заміна найбільше швидкозношуваних деталей. І все-таки, при тривалій експлуатації автомобілів, настає момент, коли внаслідок зазначених шкідливих процесів надійність автомобіля знижується настільки, що відновлення його засобами експлуатаційних підприємств ставати неможливим. У цьому випадку автомобіль підлягає капітальному ремонту. Досвід показує, що відновлення шатунів автомобільних двигунів не тільки можливо, але й економічно доцільно.

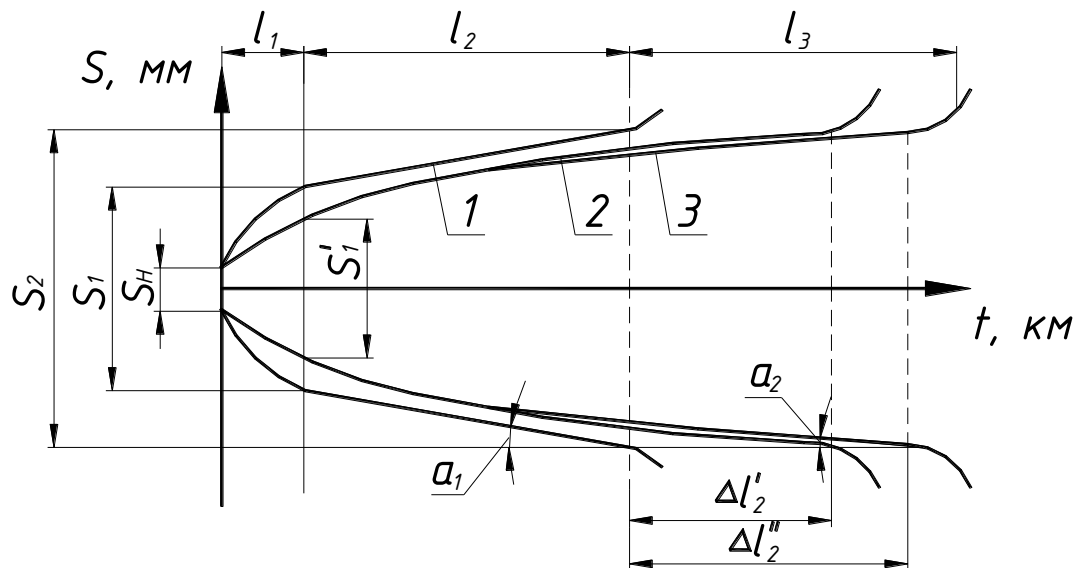
У даній роботі розглядатиметься удосконалення процесу ремонту автомобільних деталей кривошипно-шатунного механізму автомобіля КамАЗ в умовах авторемонтного виробництва.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз процесів зношування деталей машин

У процесі експлуатації автомобілів у результаті роботи механізмів і агрегатів відбувається зміна розмірів, форми деталей у тому числі й через процеси зношування. Основна частина несправностей виникає при експлуатації автомобіля внаслідок процесів тертя деталей, старіння матеріалу деталей, корозії, кавітації, втоми, деформації деталей і так далі [4].

Під зношуванням розуміється результат зношування, що проявляється у вигляді відділення або залишкової деформації матеріалу. Зношення бувають нормальне, збільшене і аварійні. А характер протікання процесу зношення відображено на рисунку 1.1. Дані результати показують збільшення процесу зношення деталей із зростання терміну експлуатації. А збільшення відстані між кривими свідчить про зміну розмірів зазорів у сполученні



1 – збільшена швидкість зношення; 2 – коли швидкість процесу спадає;

3 – Зміна розмірів після обкатки

Рисунок 1.1 – Криві проходження процесу зношення деталей що зношуються

Візьмемо для прикладу схему на які всі процеси проходять ідеально в такому разі ми можемо поділити таку схему на декілька етапів, а саме припрацювання l_1 , процес зношування l_2 , зношення під дією пошкодження l_3 .

Багато деталей не мають чітко виражених етапів прироблення аварійного зношування, що встановилося й, деталей. Буває, що швидкість зношування майже постійна, зношування деталей міняється лінійно із часом. У ряді випадків деталі мають, що чітко виділяються періоди прироблення й природнього зношування, або навпаки, швидкість їх зношування в процесі прироблення й нормальної експлуатації практично однакова, але зате різко виділяється аварійний етап роботи [5].

Класифікація різновидів процесу погіршення якості деталей ц процесі експлуатації зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Різновиди впливу на автомобільні деталі

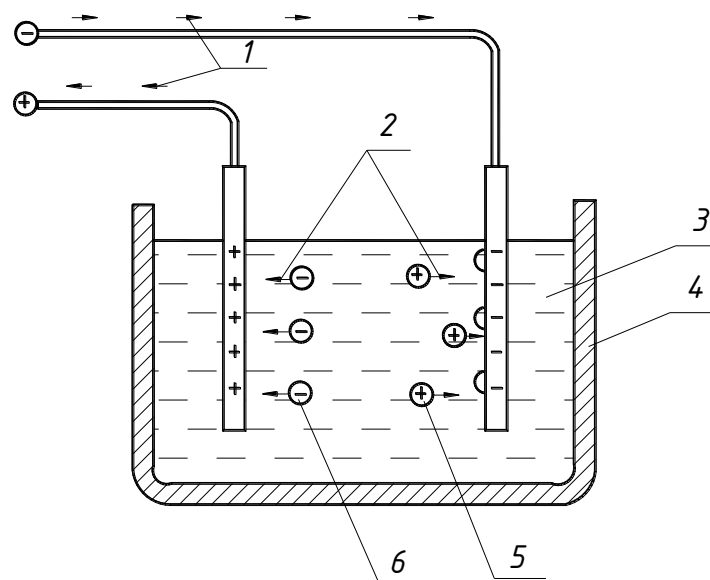
Для зниження зношування спричиненого абразивом, необхідно знизити вплив абразиву на деталь і підвищують твердість поверхні матеріалу деталей (пластичним деформуванням, загартуванням, напилюванням порошків карбідів). Для попередження схоплювання на поверхні контактуючих деталей наносять захисні покриття й окисні плівки, подають мастильний матеріал у зону контакту, підвищують поверхневу міцність (твердість) деталей, обмежують контактні напруги й швидкість відносного переміщення. Для захисту від фритинг-корозії використовують різні методи поверхневого зміцнення зон контакту, наносять м'які гальванічні покриття, напиляють тефлонові й гумові плівки й т.п.

У хімічно активних середовищах, у рідинах і різних газах, де процеси корозії протікають активно, зношування деталей від дії механічних процесів. Для запобігання зношування застосовують матеріали стійкі до корозії.

Із зростанням пробігу автомобіля його деталі зношуються й наступає такий стан, коли різко знижується його продуктивність, а витрати на його експлуатацію зростають. Крім того, зростає небезпека при його русі. В такому випадку про даний автомобіль можна сказати що він перебуває на межі своїх експлуатаційних можливостей. Його подальша експлуатація забороняється, автомобіль або його агрегати направляються в капітальний ремонт.

1.2 Аналіз технологій залізнення деталей автомобілів

Залізнення – це процес наплення додаткового шару матеріалу на деталі. У разі коли розчин солей у воді і помістити у них два електроди, один із них матиме негативний заряд як зображено на рисунку 1.3.



1 – напрямок руху електронів по провідникові; 2 – напрямок руху іонів у розчині електроліту; 3 – електроліт; 4 – ванна з електролітом;
5 – позитивно заряджені іони; 6 – негативно заряджені іони

Рисунок 1.3 – Схема проходження електро струму крізь електроліт

Іони які залишилися без електро заряду стають атомами. Дані атоми утворюють зв'язки з металами катода й щільним шаром осаджуються на ньому. Ця властивість електролітичного осадження металу й використовується при відновленні деталей металами.

Електроліт приготують розчиненням у воді солей хлористого металу і других компонентів. Якщо для приготування електроліту використовують стружку з маловуглецевої сталі, то її перед використанням піддають обезжирюванню в 10–15 % розчині каустичної соди при температурі 80-90 °С, а після цього гарячій воді (70–80 °С). По завершенні обезжирення стружку відправляють до насичення соляною кислотою [7].

Один з істотних недоліків процесу залізнення – велика кількість водню в осаді (до 2,5 мЗ на 1 мкг осаду). Він в осаді знаходиться в різних формах і негативно впливає на механічні властивості відновлення деталей. З метою звільнення від водню в осаді необхідно деталі після залізнення піддають низькотемпературному сульфідуюванню з наступною розмірно-чистою обробкою пластичним деформуванням. У цьому випадку втомна міцність деталей підвищується на 40-45%, а зносостійкість зростає в 1,5-2 рази [6].

Електролітичне осадження металів ґрунтується на законах Фарадея. Кількість речовини, що виділилася при електролізі, визначається по формулі

$$G = E \cdot I \cdot t, \quad (1.1)$$

де G – кількість речовини, г;

E – електрохімічний еквівалент, г/(А·год);

I – сила струму, А;

t – час електролізу, год.

Електричний еквівалент визначається із залежності, г/(А год)

$$E = \frac{a}{26,8 \cdot e}, \quad (1.2)$$

де a – відносна атомна маса металу, що осаджується;

26,8 – постійна Фарадея (кількість електрики, необхідної для виділення одного грам-еквівалента речовини);

v – валентність металу, що осаджується.

Відношення практично обложеного металу до теоретично можливого, виражене у відсотках, називається виходом по струму (або ККД процесу) і визначається по формулі

$$\eta = \frac{M_2 - M_1}{E \cdot I \cdot t} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

де M_2 – маса зразка після нанесення шару, г;

M_1 – маса зразка до нанесення шару, г.

Необхідна товщина шару покриття (мм) для круглої деталі на $1/2 d$ визначається із залежності

$$h = \frac{d_0 - d_n + \delta}{2}, \quad (1.4)$$

де d_0 – діаметр деталі після відновлення відповідно до вимог ТУ, мм;

d_n – діаметр деталі перед відновленням, мм;

δ – припуск на механічну обробку (на діаметр) після покриття.

Холодне залізнення проводиться в електроліті наступного состава: хлористе залізо – 400-500 г/л; йодистий калій – 5-10 г/л; сірчана кислота – 1 мол/л; зміст соляної кислоти визначається по щільності рН, яка повинна бути не більш 1,5.

У гарячих електролітах при температурі (t) 60-80 °С і щільності струму (Дк) 30-60 А/дм² в електроліті одержують щільні й гладкі покриття з високою мікротвердістю 5000-7000 МПа.

Товщина покриття обмежується появою на поверхні осаду, шорсткості й дендритів, які виникають тем швидше, чим вище щільність струму й чим нижче температура електроліту. Із цієї причини практично товщина покриття, що наноситься обмежено 0,3-0,4 мм.

Процес осадження заліза в кислих хлористих електролітах здійснюють із застосуванням розчинних анодів, що виготовляються з низьковуглецевих сталей (сталь 08; 10). При розчиненні анодів утворюється шлам. У зв'язку із цим щоб уникнути забруднення аноди поміщають у чохли зі склотканини. Процес залізнення характеризується досить високою ефективністю, тому що має велике значення електрохімічного еквівалента (C), рівного 1,042 г/(А·г), і вихід по струму (η) досягає 85-90 %, що обумовлює швидкості осадження заліза, в 15 раз перевищуючі швидкість осадження хрому.

Час процесу (T_o) у хвилинах розраховується по заданій товщині покриття (h) у міліметрах для призначених параметрів режиму залізнення

$$T_o = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{C \cdot D_k \cdot \eta}, \quad (1.5)$$

де $\gamma = 7,8$ – щільність заліза, г/см³.

Періодичність зміни полярності реверсивного струму становить 5-10 раз у хвилину, причому тривалість катодного періоду (τ_k) стосовно анодного (τ_a) становить для різних видів покриттів від 5:1 до 10:1. [6].

Частим випадком реверсування струму є застосування струму із промисловою частотою 50 Гц, величина якого регулюється реостатами (рис.1.5) так, щоб відношення катодного й анодного імпульсів, називане коефіцієнт асиметрії, було більше одиниці

$$\beta = I_k / I_a > 1. \quad (1.6)$$

Покриття, отримане на асиметричному змінному струмі, відрізняється гарної з'єднуваність з основним металом, що забезпечується змінною твердістю (по товщині) покриття. Перші 2-3 хвилини відбувається осадження шару (мікротвердістю 2500 МПа) з ненапруженими ґратами, що забезпечує міцне зчеплення з основним металом при невисоких значеннях β . Потім, підвищуючи значення, збільшують мікротвердість покриття при одночасному росту швидкості нарощування (рис.1.4).

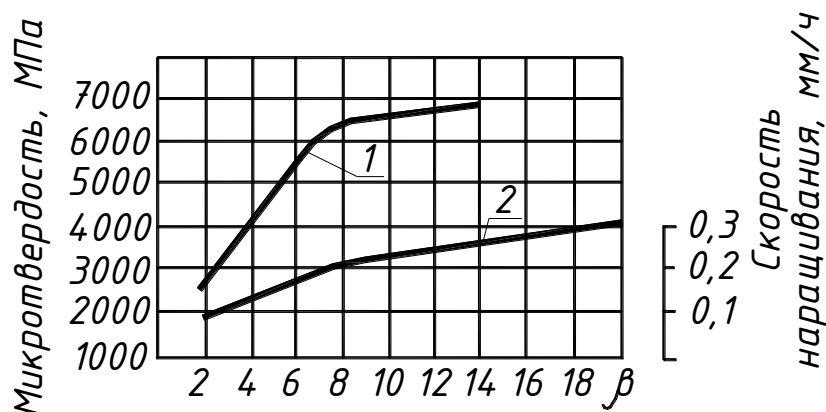


Рисунок 1.4 – Вплив коефіцієнта асиметрії на мікротвердість покриття (1) і швидкість нарощування (2)

Технологічному процесу електролітичного нанесення заліза передують механічна обробка поверхні з метою відновлення правильної геометричної форми (усунення овальності й конусоподібності, обумовлені нерівномірністю зношування). Обробка проводиться на шліфувальних верстатах з наступним поліруванням до параметра шорсткості $Ra=0,16$ мкм.

Технологічний процес залізнення починається з ретельного очищення й знежирення деталі. Знежирення проводиться в кілька етапів. На першому етапі промивання в бензині, уайт-спіритові або інших розчинниках. На другому етапі застосовують електролітичне знежирення в гарячих розчинах лугів при щільності струму $5-10$ А/дм² протягом 1-2 хвилин. Знежирені деталі ретельно промивають.

Після знежирення проводиться ізоляція місць, не підметів залізненню. У якості ізоляційного матеріалу застосовують цапон-лак, ерисит або гумовий

клей. На останньому етапі перед залізненням з метою зняття відновлюваної поверхні окисних плівок, які утворюються під час знежирення й промивання, а також виявлення структури металу роблять анодну обробку (анодне травлення).

Після анодного травлення деталь ретельно промивають у гарячій воді до повного видалення залишків кислоти, і негайно подають у ванну залізнення.

Залізнення підходить для відновлення отвору в нижній головці шатуна двигуна КамАЗ-740. Установка для залізнення складається з бака з електролітом, кислотостійкого насоса, пристосування для кріплення деталі, анода, випрямляча з перекидним рубильником. Пристосування для закріплення деталі виготовляється з некорродуючих в агресивному середовищі матеріалів. Перемішування розчинів здійснюється механічними мішалками, частіше стисненим повітрям, що очищаються перед подачею у ванну від масла й пилу в спеціальних фільтрах [4-6].

У порівнянні з термічними методами відновлення (наплавлення) гальванічне залізнення проводиться при кімнатній температурі, тому не виявляє впливу на структуру матеріалу деталі, не викликає виникнення зон підвищених внутрішніх напружень у металі й не приводить до зародження тріщин у ньому. Вартість устаткування матеріалів, що й витрачаються, для гальванічного залізнення значно нижче, чим для термічних методів.

1.3 Аналіз технологій хонінгування деталей автомобілів

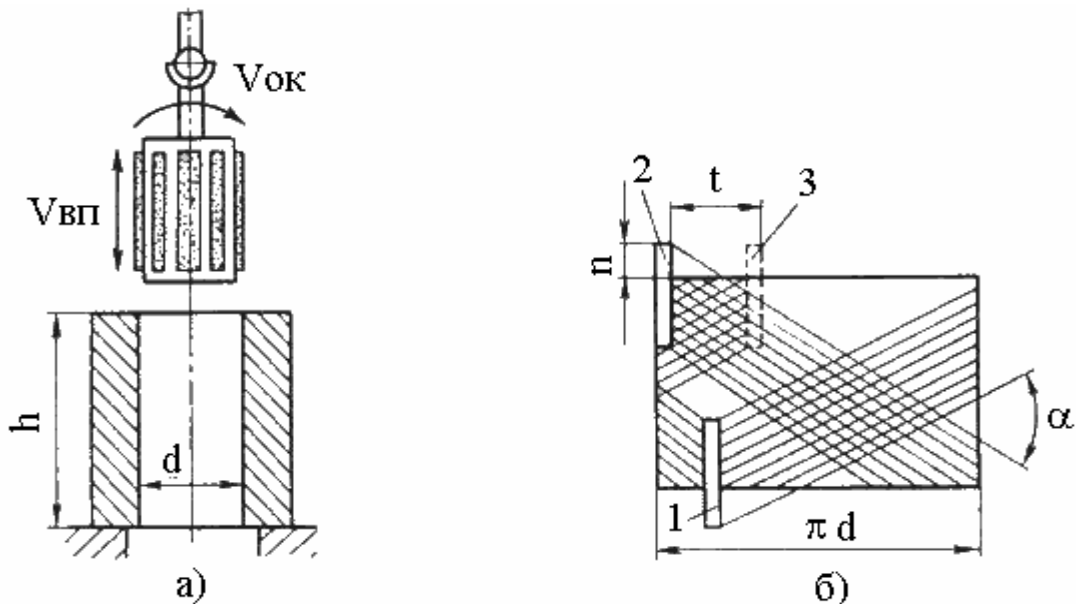
Процес хонінгування застосовується для остаточної обробки високоточних отворів циліндрів, гільз, шатунів, роликів і виконується на хонінгувальних верстатах. Хонінгування – низькостійкісний, малоефективний процес, застосування якого доцільно при обробці отворів з відношенням довжини до діаметра $L/D \geq 5$, вимоги до шорсткості – $IT \leq 9$ мкм і вимоги до точності – $IT \leq 9$. Хонінгування дозволяє виправити геометричну форму отвору в поздовжньому й поперечному перерізах, підвищити розмірну точність, зменшити шорсткість поверхні. При хонінгуванні на обробленій поверхні

створюється мікро-профіль у вигляді сітки, з високої масло ємністю й великою опорною площею контакту [8].

Що досягаються процесом хонінгування параметри точності й шорсткості: точність розмірів – IT6-IT8; ступінь точності форми – IT 5–7; шорсткість поверхні – до $R_a = 0,2 - 0,8$ мкм [9]. Хонінгування роблять алмазними й абразивними брусками, рухливо закріпленими в пазах хонінгувальної головки. Хонінгувальні бруски обертаються навколо осі хонінгувального інструмента, здійснюють поздовжній зворотно-поступальний рух (рис. 1.5). Радіальна подача здійснюється гідравлічним механізмом, вбудованим у шпиндельну бабку, величина врізання брусків визначається тиском у гідравлічній системі.

Ефективність процесу хонінгування, можливість досягнення заданих параметрів точності й шорсткості визначаються:

- конструкцією виробу;
- властивостями оброблюваного матеріалу;
- параметрами точності й шорсткості заготовки, сформованими на попередніх операціях.



h – висота оброблюваної деталі, мм; d – діаметр оброблюваного отвору, мм;

$V_{ок}$ – окружна швидкість, м/хв; t – величина перекриття слідів бруска, мм;

$V_{он}$ – швидкість зворотно-поступального руху, м/хв; n – величина перебігу, мм;

α – кут перекриття сітки

Рисунок 1.5 – Схема процесу хонінгування (а) і формування мікрорельєфу (б)

Хонінгування застосовується переважно для обробки циліндричних, наскрізних отвір, при цьому створюванні найкращих умов для виходу інструмента, змащувально-охолоджувальна рідина, ефективно видаляє із зони різання продукти зношування брусків і мікростружки.

При обробці глухих отворів необхідно: у глухих кінцях отвору робити виточення для виходу хонінгувальної головки, ширина якої повинна бути не менш 1/3 висоти хонінгувального бруска. [9].

Одним з недоліків керамічних абразивів є їхнє швидке зношування. При недостатньому контролі з'являється конусність. Алмазні хонінгувальні бруски з металевим зв'язуванням зношуються дуже повільно. Менше зношування означає, що такі бруски ріжуть набагато рівніше (дають меншу конусність), чому керамічні. Загальна тенденція поступово йде в напрямку алмазного хонінгування. У цей час більш половини нових хонінгувальних верстатів або вже споконвічно оснащені алмазними брусками, або, маючи керамічні бруски, через якийсь час переробляються під алмазні (рис.1.6).

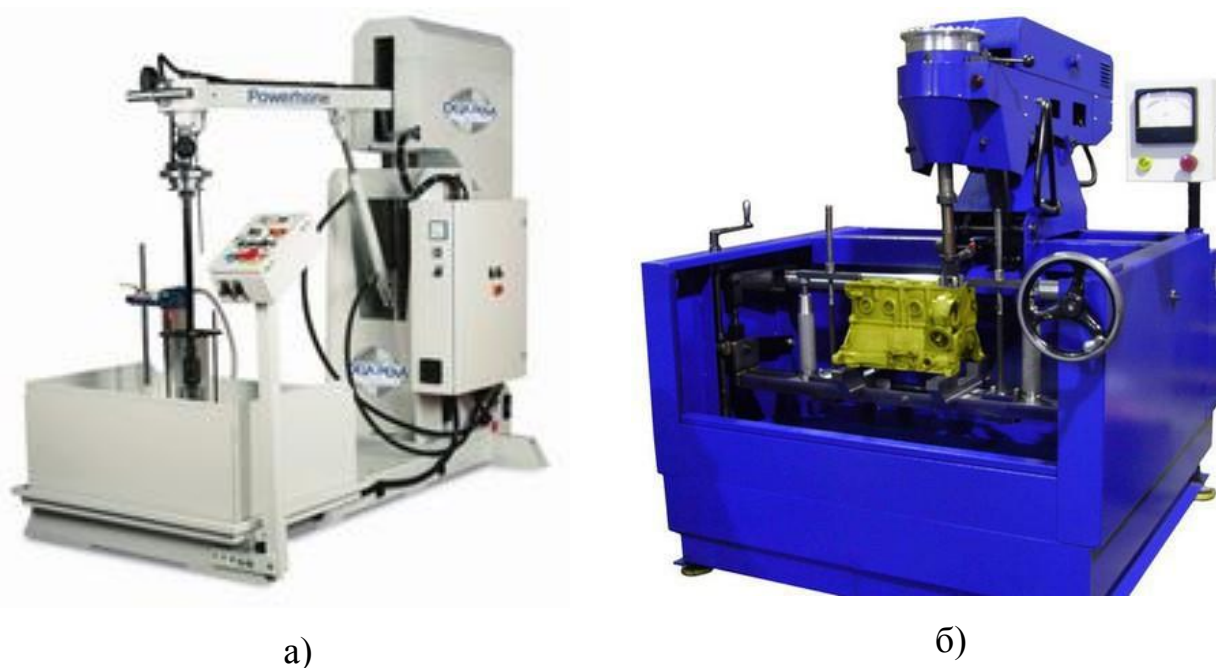


Рисунок 1.6 – Вертикально-хонінгувальні верстати іноземного виробництва DELAPENA (а) і МЕХАНІКА СК-12 (б)

При записі алмазних брусків використовують наступні умовні позначки:
100x12x6x3x60 ACM 80/63 100 M1.

Розміри хонінгувального бруска $L=100$ мм, $B=12$ мм, $H=6$ мм, $S=3$,
 $R=60$ (рис. 1.7).

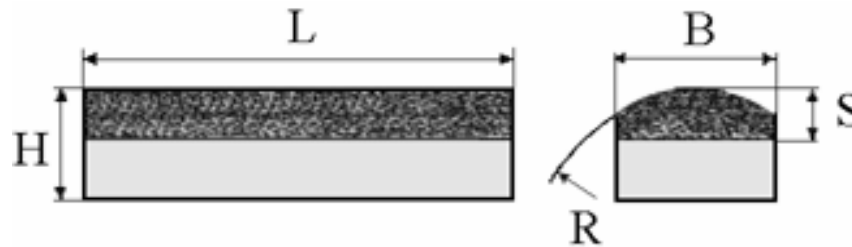
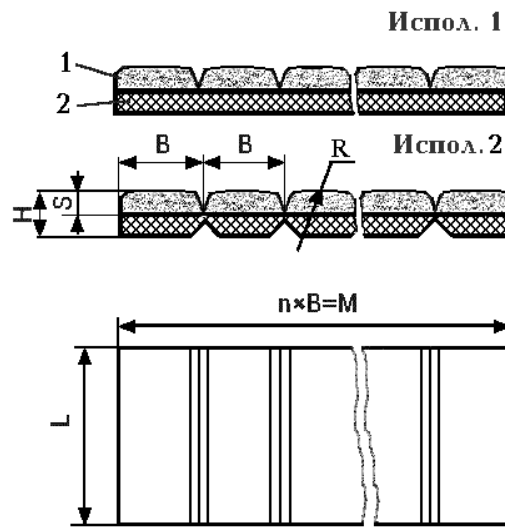


Рисунок 1.7 – Розміри алмазних хонінгувальних брусків

Вибір розміру брусків визначається розмірами колодок хонінгувальних головок. Марка алмазів – ACM (табл. 1.1 додатки); зернистість 80/63 (табл. 1.2 додатки); концентрація алмазів – 100%; тип зв'язування – металева (табл. 1.3 додатки).

Концентрація алмазів у брусках визначає економічність операцій хонінгування. При обробці чавуну використовують 50% і 75% концентрацію, при обробці сталі – 100%. При обробці отворів з більшими співвідношеннями L/D , у сталевих загартованих деталях застосовують 150% концентрацію.

У цей час використовуються бруски алмазні на металополімерній основі для високопродуктивного хонінгування. Їхнє основне призначення – Хонінгування робочої поверхні гільз, блоків циліндрів і втулок двигунів внутрішнього згоряння (ДВС), дизельних і пускових двигунів, а також інших деталей машин і механізмів. Загальний вид таких брусків представлено на рисунку 1.8, а типорозміри наведено в таблиці 1.3.



1 – алмазовмістимий шар; 2 – корпус

Рисунок 1.8 – Розміри алмазних хонінгувальних брусків на металополімерній основі

Інструмент виготовляється у вигляді блок-брусків на основі високомодульного металополімерного зв'язування марок ВР12, ВР13 і низькомодульного антифрикційного самозмащувального полімерного зв'язування марки В2-04. Корпус брусків виконується з в'язко-пружного металополімерного композита, що забезпечує необхідну опорну твердість для алмазовмістимого шару. Блок розрізається на окремі бруски. Перевагами даного інструмента є: можливість стабільного забезпечення необхідної макрогеометрії, шорсткості поверхні $R_a = 0,8 - 0,9$ мкм і глибини рисок $R_t = 10 - 15$ мкм; підвищення продуктивності обробки на 30%; стійкість брусків на полімерній основі в 80-150 раз вище при тому ж якості хонінгування. Розміри блок-брусків зображені у табл. 1.3 (додатки)

При хонінгуванні зв'язати швидкість подачі шпинделя і його частоту обертання за допомогою математичного апарата, враховуючи при цьому, що вертикальне переміщення шпинделя верстата який має залежність від кута на який повертається кривошип, можна за допомогою формули

$$h = \frac{S}{2} \cdot (1 - \cos\varphi), \quad (1.1)$$

де S – повний хід шпинделя;

h – переміщення шпинделя верстата;

φ – кут повороту кривошипа.

З неї, після диференціювання за часом, можна знайти поточну швидкість переміщення шпинделя.

$$v = \frac{dh}{d\tau} = \frac{\omega S}{2} \sin \alpha, \quad (1.2)$$

де ω – кутова швидкість обертання кривошипа.

Швидкість переміщення шпинделя змінюється за синусоїдальним законом і досягає свого максимуму ($v_{\max} = \omega S/2$) у середині повного ходу шпинделя ($h = S/2$). Саме ж рівняння (1.2) здобуває наступний вид

$$v = v_{\max} \cdot \sin \varphi. \quad (1.3)$$

З формули (1.1) випливає, що

$$\cos \varphi = 1 - 2 \cdot \frac{h}{S}. \quad (1.4)$$

Звідси, виходячи з того, що $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$, виводимо значення синуса кута повороту кривошипа

$$\sin \varphi = 2 \cdot \sqrt{\frac{h \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}}. \quad (1.5)$$

Тоді формула (1.3), що зв'язує поточну швидкість переміщення шпинделя з його максимальної, здобуває вид

$$v = 2v_{\max} \sqrt{\frac{h \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}}. \quad (1.6)$$

Проаналізувавши отриману формулу (1.11), одержимо, що у верхньому й нижньому положеннях шпинделя швидкість його переміщення v дорівнює нулю й досягає свого максимуму при $h=S/2$.

Частота обертання шпинделя ($n_{\text{шп}}$) постійна, але лінійна швидкість (u) хонінгувального інструмента залежить від діаметра оброблюваного отвору. Ці величини зв'язані наступним рівнянням

$$u = \pi \cdot D \cdot n_{\text{шп}}, \quad (1.7)$$

де D – діаметр отвору.

Тоді кут хонінгування (α) перебуває по наступній формулі

$$\alpha = \arctg \frac{v}{u}, \quad (1.8)$$

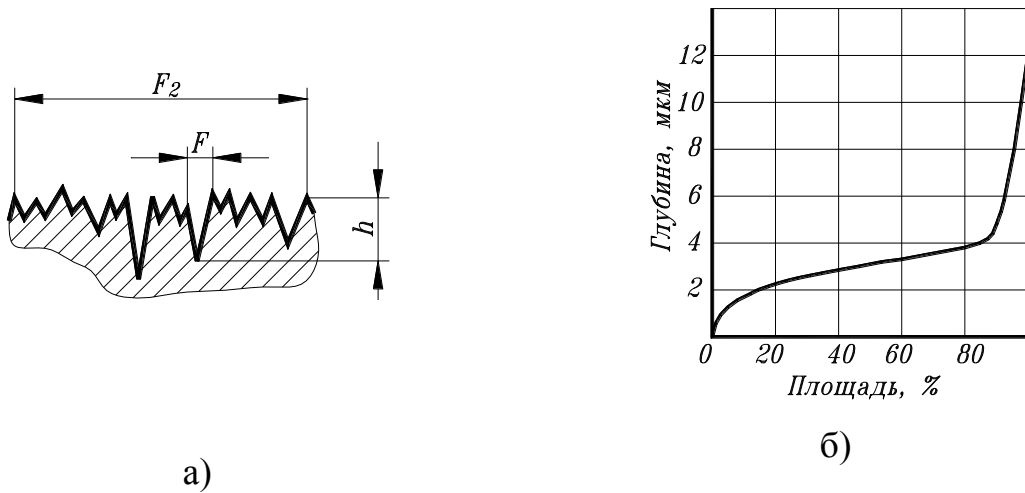
У формулі (1.8) значення швидкостей v і u визначаються формулами (1.7) і (1.6).

Підставляючи їх, одержуємо

$$\alpha = 2 \arctg \frac{2v_{\text{max}}}{\pi \cdot D \cdot n_{\text{шп}}} \sqrt{\frac{h \cdot \left(1 - \frac{h}{S}\right)}{S}}. \quad (1.9)$$

Таким чином, кут хонінгування (α) не залишається постійним, а при зазначених режимах хонінгування змінюється від значення, рівного 0° у крайніх положеннях шпинделя, до максимального – у середині його ходу, де $h = S/2$ [8].

Якість поверхні отвору прийнято оцінювати за допомогою кривої Аббота (рис. 1.9). Ця крива показує залежність відносної площі мікровпадин від їхньої глибини [9].



а)

б)

а) – мікровпадини профілю поверхні;

б) – залежність відносної площі мікровпадин F/F_2 від їхньої глибини h

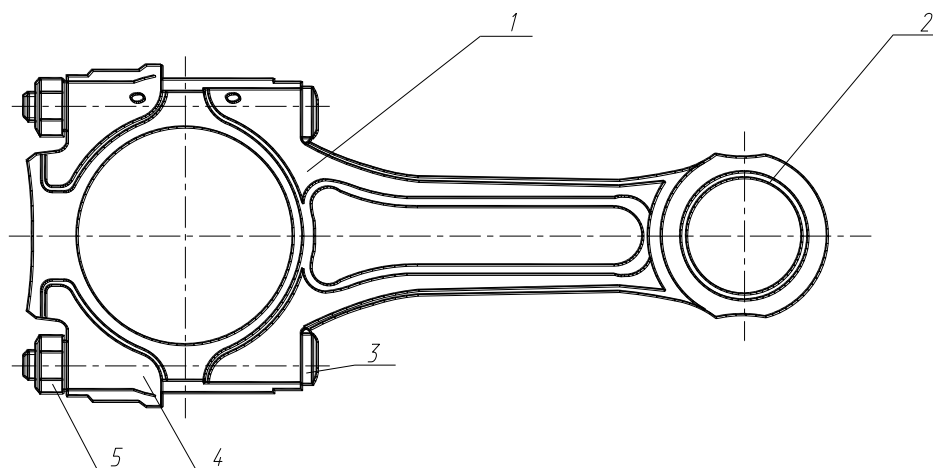
Рисунок 1.9 – Крива Аббота

На кривій Аббота є перегин. У цій крапці западини основної шорсткості переходять в опорну поверхню. Мікропрофіль хонінгувальної поверхні, описуваний кривій Аббота, залежить від характеристик застосовуваних абразивних брусків і режимів хонінгування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Шатун – деталь двигуна автомобіля (рис. 2.1). Дана деталь виготовляється із сталі 40ХН2МА, із твердістю 245–285 НВ і у розрізі має форму двотавра.



1 – шатун (матеріал – сталь 40ХН2МА, твердість 245-285 НВ); 2 – втулка (матеріал – бронза Бр. ОС 10-10); 3 – болт (матеріал – сталь 40ХНМА, твердість 35–38 НВ);

4 – кришки шатуна (матеріал – сталь 40ХН2МА, твердість 245 – 285 НВ);

5 – гайка (матеріал – сталь 40ХНМА, твердість 35-38 НВ);

Рисунок 2.1 – Деталь № 740.1004045 шатун у зборі двигуна автомобіля КамАЗ-740

Основними несправностями шатунів двигуна автомобіля є:

- тріщини;
- зрив болтів для закріплення шатуна;
- спрацювання верхньої частини шатуна;
- спрацювання нижньої частини шатуна;
- спрацювання торців нижньої частини шатуна;
- спрацювання отвору для закріплення шатунних кришок болтом;
- спрацювання самих кріпильних болтів;
- згинання і скручування самого стержня шатуна.

2.2 Обґрунтування маршруту відновлення

Для визначення стану деталі її перш за все віддають на контроль і сортування. По завершенні даних операцій робиться висновок про: придатність, непридатність, і така, яка підлягають відновленню. Розглянемо основні дефекти шатуна двигунів автомобілів КамАЗ-740. Види дефектів і рекомендації з їхнього усунення зведено в таблицю 2.1 (додатки).

Відновлення посадочного місця під вкладиш нижньої головки шатунів застосовується залізнення на спеціальній установці у таблиці 2.1 (додатки).

Відновлення шатунів поребує спеціальних діляниць і необхідним інвентарем. На підставі вищевказаного пропонується наступний технологічний процес відновлення шатунів двигуна КамАЗ-740.

005 Шліфувальна. Шліфувати послідовно торці нижньої головки.

010 Впресовування. Впресовувати зношену втулку верхньої головки шатуна.

015 Хонінгування. Хонінгувати отвір у нижній головці шатуна під залізнення.

020 Гальванічна. Металізувати отвір у нижній головці шатуна.

025 Шліфувальна. Шліфувати торцеві поверхні верхньої головки шатуна із двох сторін.

030 Запресовування. Остудити втулку в рідкому азоті й установити в отвір верхньої головки шатуна.

035 Токарська. Розточити одночасно отвори у втулці верхньої головки шатуна й у нижній головці шатуна на спеціальному розточувальному верстаті.

040 Свердлильна. Зенкувати фаски в отворі нижньої головки шатуна із двох сторін.

045 Хонінгувальна. Хонінгувати попередній отвір у нижній головці шатуна.

050 Слюсарна. Відвернути гайки 5, випресовувати болти 3, зняти кришку шатуна 4.

055 Фрезерна. Фрезерувати паз у шатуні під виступ вкладиша.

060 Фрезерна. Фрезерувати паз у кришці шатуна під виступ вкладиша.

065 Слюсарна. Зібрати шатун 1 із кришкою 4.

070 Хонінгувальна. Хонінгувати остаточний отвір у нижній головці шатуна.

075 Контрольна. Контролювати виконавчі розміри.

Маршрут технологічної операції і устаткування операції відновлення шатунів двигунів КамАЗ-740 таблиця 2.2 (додатки)

2.3 Розрахунки й вибір режимів обробки відновлюваних поверхонь шатуна й технічне нормування операцій

005 Шліфувальна.

Ціль операції – шліфувати поверхня И нижньої головки шатуна до виведення зношування, витримуючи розмір $18,4_{-0,15}^{+0,15}$ мм і параметр шорсткості $Ra 1,25$ мкм. Шліфувати поверхня В нижній головки шатуна, витримуючи розмір $33,2_{\min}$ мм і параметр шорсткості $Ra 1,25$ мкм.

При шліфуванні поверхні I припуск на обробку $z = 0,2$ мм, при шліфуванні поверхні В припуск на обробку $z = 0,15$ мм.

Обробка проводиться на плоско-шліфувальному верстаті моделі 3Б722 потужністю 10 кВт.

Поперечна подача за подвійний хід столу 0,01 мм, відповідно цьому глибинабуде дорівнювати $t = 0,01$ мм [10, 11].

Швидкість кола $V_k = 30$ м/с [10].

Швидкість руху деталі 3 м/хв.

Ширина шліфування $b = 95$ мм.

Потужність шліфування N_e , кВт, визначається по формулі

$$N_e = C_N \cdot v_d^r \cdot t^x \cdot b^z. \quad (2.1)$$

Значення коефіцієнта C_N і показників ступеню ухвалюємо для незагартованої сталі при шліфуванні з подачею плоскому зовнішньому шліфуванні поперечною на подвійний хід стола $C_N = 0,39$; $r = 0,7$; $x = 0,5$; $z = 0,6$ [11].

$$N_c = 0,39 \cdot 3^{0,7} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 95^{0,6} = 1,29 \text{ кВт} .$$

При шліфуванні машинний час t_m , хв, визначається з [12]

$$t_m = \frac{2 \cdot L}{s \cdot 1000} \cdot i \cdot k, \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт, який ураховує точність при шліфуванні й зношування кола, для кінцевого – $k = 1,5 - 1,7$ [11];

L – довжина шліфування $L = 0,95$ мм;

i – кількість проходів;

s – подача деталі, яка тримає одну хвилину.

Число проходів i визначається по формулі

$$i = \frac{z}{t}, \quad (2.3)$$

де z – товщина шару, що знімається.

При шліфуванні поверхні І

$$i = \frac{0,2}{0,01} = 20;$$

$$t_m = \frac{2 \cdot 95}{3 \cdot 1000} \cdot 20 \cdot 1,5 = 1,9 \text{ хв.}$$

При шліфуванні поверхні B

$$i = \frac{0,15}{0,01} = 15;$$

$$t_m = \frac{2 \cdot 95}{3 \cdot 1000} \cdot 15 \cdot 1,5 = 1,43 \text{ хв.}$$

Додатковий час на встановлення й знімання деталі з урахуванням обробки із двох сторін $t_b = 0,64$ хв. Допоміжний час, пов'язане з обробкою однієї поверхні $t_b = 0,42$ хв. Час який іде на підтримання робочого місця у належному стані, а також час на особисті потреби $t_{\text{обрм}} = 7\%$ [12].

Звідси норма штучного часу $T_{\text{шт}}$ визначається по формулі

$$T_{\text{шт}} = (t_m + t_d) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right); \quad (2.4)$$

$$T_{\text{шт}} = (t_m + t_d) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = (3,33 + 1,02) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 4,65 \text{ хв.}$$

015 Хонінгувальна.

Ціль операції – хонінгувати отвір D у нижній головці шатуна під залізнення, витримуючи розмір $\varnothing 85,2^{+0,087}$ мм і параметр шорсткості $Ra1,25$ мкм.

Призначаємо верстат вертикально-хонінгувальний 3А833, потужністю 2,2 кВт. Брусок 125x12x6x3x50АСМ 80/63 100 ВР12.

При хонінгуванні розрізняють дві швидкості: $v_{\text{окр}}$ – окружна швидкість хонінгувальної головки, $v_{\text{зн}}$ – зворотно-поступальна швидкість головки [10].

Хід хонінгувальної головки визначають із вираження

$$H = L + 2K - m, \quad (2.5)$$

де L – довжина оброблюваного отвору, мм;

$K = \frac{1}{3} m$ – величина переходів брусків, мм;

m – довжина абразивного бруска, мм.

Число подвійних ходів головки у хвилину

$$n = \frac{1000 \cdot V_{ex}}{2H}. \quad (2.6)$$

Основний час, необхідне для зняття припуску [12]

$$T_0 = \frac{h}{t \cdot n}, \quad (2.7)$$

де $t=0,0001$ мм – величина поперечної подачі брусків на один подвійний хід головки;

$h = 0,05$ – припуск на хонінгування, мм;

$V_{ex}=60$ м/хв;

$m=125$ мм;

$L=33,2$ мм.

Тому що $m>L$, те приймається $H = 2/3m$

$$H = 2/3(125) = 83,3 \text{ мм}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 60}{2 \cdot 83,3} = 360;$$

$$T_0 = \frac{0,05}{0,0001 \cdot 360} = 1,39 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію $t_s = 12,11$ хв [12].

Штучний час виконання операції $t_{um} = 19$ хв [12].

020 Гальванічна.

Ціль операції – металізувати отвір D у нижній головці шатуна, витримуючи розмір $\varnothing 84,8$ мм.

Визначаємо основний час покриття, хв [11]

$$T_0 = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{c \cdot \eta_m \cdot D_k}, \quad (2.8)$$

де $h=0,2$ мм – товщина шару покриття;

$\gamma=7,8$ – щільність обложеного металу, г/см³;

$D_k=30$ – вихідна щільність струму, А/дм²;

$\eta_m=75$ – вихід металу по струму, %;

$c=1,042$ – електрохімічний еквівалент.

Підставивши вихідні дані у формулу (2.8) одержимо

$$T_0 = \frac{0,2 \cdot 7,8 \cdot 60 \cdot 1000}{1,042 \cdot 75 \cdot 30} = 40 \text{ хв.}$$

Визначимо штучний час [12]

$$T_{шт} = \frac{T_0 + (\varepsilon_{t6} + \varepsilon_{t0}) \cdot k}{H_D \cdot K_H}, \quad (2.9)$$

де $T_0 = 40$ хв;

$H_D=8$ – кількість деталей;

$k=1,18$ – коефіцієнт обліку підготовчо-заключного часу;

$K_H=0,85$ – коефіцієнт використання ванн;

$\varepsilon_{t6} = 36$ хв;

$\varepsilon_{t0} = 2,72$ хв.

$$T_{um} = \frac{40 + (36 + 2,72) \cdot 1,18}{8 \cdot 0,85} = 12,6 \text{ хв.}$$

025 Шліфувальна.

Ціль операції – шліфувати торцеві поверхні верхньої головки шатуна із двох сторін, витримуючи розмір 43 min і параметр шорсткості $Ra_{6,3} \text{ мкм}$.

При шліфуванні з кожної зі сторін – припуск на обробку $z=0,2 \text{ мм}$.

Обробка проводиться на плоско-шліфувальному верстаті моделі 3Б722 потужністю 10 кВт [10].

Подача, яка здійснюється поперечній площині за два проходи столу $0,01 \text{ мм}$, виходячи з цього, глибина різання буде рівною $t = 0,01 \text{ мм}$ [10].

Швидкість кола $V_k = 30 \text{ м/с}$ [11].

Швидкість деталі 3 м/хв .

Ширина шліфування $b = 22 \text{ мм}$.

Потужність яка виникає при шліфування $N_e, \text{ кВт}$, оприділяється по формулі (2.1).

Коефіцієнт C_N і показники ступеню ухвалюємо для незагартованої сталі при плоскому зовнішньому шліфуванні з поперечною подачею на подвійний хід стола $C_N = 0,39$; $r = 0,7$; $x = 0,5$; $z = 0,6$ [11]

$$N_e = 0,39 \cdot 3^{0,7} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 22^{0,6} = 0,54 \text{ кВт.}$$

При шліфуванні машинний час $t_m, \text{ хв}$, визначається з (2.2)

k – коефіцієнт, що враховує точність шліфування й зношування кола, для остаточного – $k = 1,5 - 1,7$;

L – довжина шліфування $L = 22 \text{ мм}$.

Число проходів i визначається по формулі (2.3).

При шліфуванні однієї зі сторін

$$i = \frac{0,2}{0,01} = 20;$$

$$t_m = \frac{2 \cdot 22}{3 \cdot 1000} \cdot 20 \cdot 1,5 = 0,44 \text{ хв.}$$

Додатковий час на встановлення й знімання деталі з урахуванням обробки із двох сторін $t_b = 0,64$ хв. Допоміжний час, пов'язане з обробкою однієї поверхні $t_b = 0,42$ хв. Час який іде на підтримання робочого місця у належному стані, а також час на особисті потреби $t_{обрм} = 7\%$ [12].

Отримаємо норма штучного часу $T_{ум}$ із урахуванням обробки із двох сторін визначається по формулі (2.4)

$$T_{ум} = (t_m + t_d) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = (0,88 + 1,02) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 2,03 \text{ хв.}$$

040 Свердлильна.

Зенкувати фаски в отворі Д нижньої головки шатуна із двох сторін, витримуючи розміри $1 \times 45^\circ$ й $3 \times 45^\circ$.

Вибираємо верстат вертикально-свердлильний 2Н125, потужністю 2,2 кВт. Інструмент – зенківка $\text{Ø}95 \times 900$.

Глибина різання при зенкуванні [10]

$$t = 0,5 \cdot (D - d), \quad (2.10)$$

де D – діаметр отвору до обробки;

d – діаметр отвору після обробки.

Глибина різання при зенкуванні з боку поверхні I $t = 3$ мм.

Глибина різання при зенкуванні з боку поверхні B $t = 1$ мм.

При зенкуванні без обмежуючих факторів вибираємо максимально припустиму по міцності зенкера подачу $S = 1,2$ мм/хв [10].

Швидкість різання V , м/хв при зенкуванні, визначається по формулі

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v, \quad (2.11)$$

де значення коефіцієнта C_v і показників ступені [11]: $C_v = 16,3$; $q_v = 0,3$; $x_v = 0,2$; $y_v = 0,5$; $m = 0,3$; $T = 120$ хв;

D – діаметр оброблюваного отвору, мм;

k_v – коректувальний коефіцієнт, що має вплив на процес різання, що враховує фактичні умови різання

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{uv} \cdot k_{lv}, \quad (2.12)$$

де k_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, який обробляється, визначається з формули [11]

$$k_{mv} = k_2 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}; \quad (2.13)$$

$$k_{mv} = k_2 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1;$$

k_{uv} – коректувальний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (ухвалюється $k_{uv} = 1$ [11]);

k_{lv} – коректувальний коефіцієнт, який враховує глибину отвору який обробляється (ухвалюється $k_{lv} = 0,6$ [11])

$$k_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,6 = 0,6.$$

Швидкість різання при зенкуванні з боку поверхні І

$$V = \frac{163 \cdot 84,8^{0,3}}{120^{0,3} \cdot 3^{0,2} \cdot 1,2^{0,5}} \cdot 0,6 = 64,6 \text{ м/хв.}$$

Швидкість різання при зенкуванні з боку поверхні В

$$V = \frac{163 \cdot 84,8^{0,3}}{120^{0,3} \cdot 1^{0,2} \cdot 1,2^{0,5}} \cdot 0,6 = 80 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент при свердлінні $M_{кр}$, Нм визначається по формулі

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot t^{x_m} \cdot S^{y_m} \cdot k_p, \quad (2.14)$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, дорівнює коефіцієнту, що враховує якість оброблюваного матеріалу k_{mp} , який визначається по формулі

$$k_p = k_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1; \quad (2.15)$$

C_m – коефіцієнт при свердлінні, що залежить від матеріалу, $C_m = 0,33$ [11].

Крутний момент при зенкуванні з боку поверхні І

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,03 \cdot 84,86^{1,0} \cdot 3^{0,9} \cdot 1,2^{0,8} \cdot 1 = 79 \text{ Нм;}$$

Крутний момент при зенкуванні з боку поверхні В

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,03 \cdot 84,86^{1,0} \cdot 1^{0,9} \cdot 1,2^{0,8} \cdot 1 = 29,5 \text{ Нм;}$$

Потужність різання N_e , кВт визначається по формулі

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (2.16)$$

де n – частота обертання зенкера.

Частота обертання при зенкуванні з боку поверхні І

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 64,6}{3,14 \cdot 84,8} = 242 \text{ хв}^{-1} \text{ хВ}^{-1}.$$

Ухвалюємо $n = 240 \text{ хв}^{-1}$.

Частота обертання при зенкуванні з боку поверхні В

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 84,8} = 300 \text{ хв}^{-1}.$$

Ухвалюємо $n = 300 \text{ хв}^{-1}$.

Потужність різання N_e при зенкуванні з боку поверхні І

$$N_e = \frac{79 \cdot 240}{9750} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Потужність різання N_e при зенкуванні з боку поверхні В

$$N_e = \frac{29,5 \cdot 300}{9750} = 0,9 \text{ кВт;}$$

$$1,9 < 2,2 \cdot 0,9 = 1,98.$$

Різання можливе.

При зенкуванні машинний час t_m , хв, визначається по формулі [12]

$$t_m = \frac{l}{n \cdot s}. \quad (2.17)$$

Машинний час при зенкуванні з боку поверхні І [12]

$$t_m = \frac{3}{240 \cdot 1,2} = 0,01 \text{ хв.}$$

Машинний час при зенкуванні з боку поверхні В

$$t_m = \frac{1}{240 \cdot 1,2} = 0,0035 \text{ хв.}$$

Додатковий час на встановлення й знімання деталі при закріпленні в пристосуванні із пневматичним затискачем $t_b = 0,22$ хв. При обробці із двох сторін $t_b = 0,44$ хв. Додатковий час, зв'язаний із здійсненням переходів $t_b = 0,08$ хв. Підготовчо-заключний час $t_{пз} = 9$ хв. Час обслуговування робочого місця й на природні потреби $t_{обрм} = 6\%$ [12].

Звідси норма штучного часу $T_{шт}$ визначається по формулі (2.4)

$$T_{шт} = (t_m + t_d) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = (0,0135 + 0,52) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 0,57 \text{ хв.}$$

045 Хонінгувальна.

Ціль операції – хонінгувати попередній отвір Д у нижній головці шатуна, витримуючи розмір $\varnothing 84,92_0^{+0,03}$ мм і параметр шорсткості Ra0,63 мкм.

Призначаємо верстат вертикально-хонінгувальний 3А833, потужністю 2,2 кВт. Брусок 125x12x6x3x50 АСМ 40/28 100 ВР12.

При хонінгуванні розрізняють дві швидкості: $V_{окр}$ – окружна швидкість хонінгувальної головки, $V_{ен}$ – зворотно-поступальна швидкість головки.

Ухвалюємо $t=0,0001$ мм – величина поперечної подачі брусків на один подвійний хід головки; $h=0,01$ – припуск на хонінгування, мм; $V_{ex}=60$ м/хв; $m=125$ мм; $L=33,2$ мм.

Тому що $m>L$, те ухвалюємо $H=2/3m$

$$H=2/3 \cdot 125=83,3 \text{ мм.}$$

Число подвійних ходів головки у хвилину (2.6)

$$n = \frac{1000 \cdot 60}{2 \cdot 83,3} = 360.$$

Основний час, необхідне для зняття припуску (2.7) [12]

$$T_0 = \frac{0,01}{0,0001 \cdot 360} = 0,278 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію $t_g=12,11$ хв. Штучний час виконання операції $t_{um}=18,1$ хв [12].

055 Фрезерна.

Ціль операції – фрезерувати паз у шатуні під виступ вкладиша, витримуючи розміри $2_{-0,25}^{+0,25}$ мм, $7^{+1,5}$ мм, $6_{+0,08}^{+0,16}$ мм, $23,9_{-0,28}^0$ мм.

Верстат вертикально-фрезерний 675П с потужністю двигуна 3,1 кВт. Фреза 2234-0177 Ø40, ширина 6,1, число зубів $Z=10$.

Установлюємо глибину різання $t=2$ мм (глибина паза).

Ухвалюємо подачу $Sz=0,3$ мм/хв.

Установлюємо період стійкості фрези $T=180$ хв, [10].

Розраховуємо швидкість різання по формулі

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}}, \quad (2.18)$$

де $C_v=690$; $q_v=0,2$; $K_v=0,85$; $x_v=0,3$; $y_v=0,4$; $u_v=0,1$; $p_v=0$; $m=0,35$ [11],
 $B=7$ мм – величина поверхні, що фрезеруємо

$$V = \frac{690 \cdot 40^{0,2} \cdot 0,85}{180^{0,35} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,3^{0,4} \cdot 7^{0,1} \cdot 10^0} = 215,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя верстата по формулі

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}; \quad (2.19)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 215,6}{3,14 \cdot 40} = 1716,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнюємо величину n за паспортним даними верстата $n_{ш}=1750 \text{ хв}^{-1}$;

Визначаємо дійсну швидкість різання по формулі

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; \quad (2.20)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1750}{1000} = 219,8 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо головну складову сили різання при фрезерованні по формулі

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}}, \quad (2.21)$$

де $C_p=682$; $x_p=0,86$; $y_p=0,72$; $u_p=1,0$; $q_p=0,86$; $w_p=0$; $K_{mp}=0,42$,

$$P_z = \frac{682 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,3^{0,72} \cdot 7^1 \cdot 10 \cdot 0,42}{40^{0,86} \cdot 1750^0} = 642 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання при фрезерованні по формулі

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}; \quad (2.22)$$

$$N_p = \frac{642 \cdot 219,8}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата визначаємо по формулі

$$N_u = N_d \cdot \eta, \quad (2.23)$$

де $N_d = 3,1$ кВт – потужність двигуна;

$\eta = 0,8$ – ККД верстата.

$$N_u = 3,1 \cdot 0,8 = 2,48 \text{ кВт.}$$

Процес різання можливий, тому що $2,48 \text{ кВт} > 2,3 \text{ кВт}$.

Норма штучного часу рівна [12]

$$T_{шт} = T_e + T_g + T_{обсл} + T_{отд}. \quad (2.24)$$

Розрахунки основного часу виконується по формулі

$$T_e = \frac{(l_1 + l_2 + l_3) \cdot i}{n \cdot S_o}, \quad (2.25)$$

де $l_1 = 1$ мм, $l_3 = 0$ мм – відповідно величина різання й подача інструмента;

$l_2 = 7$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$i=1$ – число проходів;

$n=1750 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання шпинделя верстата;

$S_o=3 \text{ мм/про}$ – подача;

$$T_e = \frac{(1 + 7 + 0) \cdot 1}{1750 \cdot 3} = 0,002 \text{ хв.}$$

Розрахунки допоміжного часу

$$T_v = t_{v \text{ вуст}} + t_{v \text{ пер}} + t_{v \text{ доп}}, \quad (2.26)$$

де $t_{v \text{ вуст}}=0,46 \text{ хв}$ – час на установку й зняття деталі [12];

$t_{v \text{ пер}}=0,26 \text{ хв}$ – зв'язаний із здійсненням переходів [12];

$t_{a \text{ доп}}=0,39 \text{ хв}$ – час додатковий, пов'язане із закриванням і відкриванням щитка огороження від стружки, зхвою частоти обертання шпинделя верстата і так далі [12]

$$T_v = 0,46 + 0,26 + 0,39 = 1,11 \text{ хв.}$$

Розрахунки норми часу на обслуговування робочого місця 6% від $T_{оп}=T_e+T_v$ [12]

$$T_{обс}=0,06 (0,002 + 1,11) = 0,067 \text{ хв.}$$

Розрахунки норми часу перерв на відпочинок і особисті потреби виконавця 4% від $T_{оп}$

$$T_{отд}=0,04 (0,002 + 1,11) = 0,044 \text{ хв.}$$

Розрахунки штучного часу на операцію ведеться по формулі (2.24)

$$T_{шт}=0,002 + 1,11 + 0,067 + 0,044 = 1,223 \text{ хв.}$$

070 Хонінгувальна.

Ціль операції – хонінгувати остаточний отвір Д у нижній головці шатуна, витримуючи розмір $\varnothing 85_{0}^{+0,01}$ мм і параметр шорсткості Ra0,5 мкм.

Призначаємо верстат вертикально-хонінгувальний 3А833, потужністю 2,2 кВт. Брусок 125x12x6x3x50АСМ 80/63 100 ВР12 держстандарт 25594-83 (комплект).

$t=0,0001$ мм – величина поперечної подачі брусків на один подвійний хід головки; $h=0,01$ – припуск на хонінгування, мм; $V_{ex}=60$ м/хв; $m=125$ мм; $L=33,2$ мм.

Тому що $m>L$, те ухвалюємо $H=2/3m$

$$H=2/3 \cdot 125=83,3 \text{ мм};$$

Число подвійних ходів головки у хвилину (2.6)

$$n = \frac{1000 \cdot 60}{2 \cdot 83,3} = 360;$$

Основний час, необхідне для зняття припуску (2.7) [12]

$$T_0 = \frac{0,01}{0,0001 \cdot 360} = 1,112 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію $t_e = 12,11$ хв.

Штучний час виконання операції $t_{um} = 18,1$ хв.

2.4 Проектування ділянки відновлення шатунів

При розробці планувального розв'язку моторного цеху в певній послідовності, вирішуються наступні основні питання:

- розробка завдання, виходячи з виробничої програми креслень і опису конструкції й технічних умов на виготовлення виробу;
- проектування технологічних процесів механічної обробки, розробка схеми переміщення деталей у процесі їх виготовлення відповідно до технологічного процесу;
- вибір необхідного встаткування, визначення кількості необхідного встаткування для виконання заданої програми;
- складання специфікацій устаткування пристосувань і інструмента;
- розробка плану розташування встаткування й визначення виробничої площі.

При виборі встаткування необхідно домагатися повного використання ККД верстата, щоб потужність на різці, затрачувана для зняття стружки з обліком ККД верстата максимально наближалася до потужності встановленого на верстаті електродвигуна. Обробка деталей на верстатах повинна забезпечити виконання вимог відносно точності й чистоти поверхні.

Розташування встаткування залежить від виду виробництва. В умовах авторемонтного виробництва найбільш характерним є розташування встаткування по типах верстатів, тобто призначених для одного виду обробки: токарських, фрезерних, шліфувальних, і так далі.

Планування робочого місця повинна забезпечити необхідну попередню підготовку робочого місця: зручне розташування матеріалу, заготовок, інструмента, пристосування й своєчасне транспортування деталей.

У пропонованому плануванні ділянки розташування верстатів і встаткування здійснюється по типу верстатів, тобто верстати розташовані групами по виду виконуваних робіт. Для зручності в роботі робочі місця оснащені тумбочками й стелажми для зберігання інструмента, пристосувань, заготовок і матеріалів, застосовуваних у процесі роботи, що постійно забезпечують денну потреба.

З метою поліпшення умов праці й підвищення продуктивності передбачене використання пристосувань із пневматичними пристроями для

закріплення деталей при обробці, тому робочі місця забезпечені подачею стисненого повітря. При розміщенні верстатів виконані вимоги норм і правил техніки безпеки, дотримані відстані між верстатами, і ще відстань між верстатами і суміжними елементами будинків. У запропонованому плануванні враховані розміри проходів між верстатами, а також розмірів головних проїздів.

Організація робочого місця забезпечує безперервність роботи при дотриманні максимально можливої продуктивності.

Розташування встаткування й робочих місць скоординоване щодо колон. При розміщенні верстатів прийняті в увагу нормальні розміри проміжків між верстатами в поздовжньому й поперечному напрямках з відстанями від стін і колон, які встановлені нормами технологічного проектування.

Розрахунки кількості встаткування і його завантаження

Визначаємо кількість верстатів для обробки шатунів за техніко-економічними показниками [15]

$$C_o = T_e / T_t, \quad (2.27)$$

де T_e – оперативний час, витрачене на дану операцію, хв;

T_t – такт відновлення деталі, хв.

Ухвалюємо T_t – рівному максимальному оперативному часу витраченому на операцію залізнення одночасно 4-х шатунів $T_{t_4} = 40$ хв, тоді такт відновлення одного шатуна $T_t = 10$ хв.

За весь технологічний процес відновлення шатуна операція хонінгування виконується тричі на тому самому встаткуванні. Хонінгування також здійснюється одночасно для 4-х шатунів за допомогою спеціального пристосування. Тоді загальний оперативний час на один шатун по даній операції складе 14,25 хв.

Необхідна кількість верстатів для операції

$$C_o = 14,25/10 = 1,425 \text{ шт}$$

На операцію хонінгування ухвалюємо 2 верстата. Решта встаткування розраховане й занесено в таблицю 2.3 (додатки).

Деякі робітники будуть завантажені не повністю й в умовах ремонтної ділянки доцільно цих робітників довантажити роботою згідно з їхнім профілем роботи.

Розрахунки виробничих площ

Розрахунки площ ділянки відновлення шатунів зроблений по нормах технологічного проектування підприємств машинобудування й занесено в таблицю 4.2.

Площа ділянки

$$F_{\text{дл}} = F_{\text{об}} \cdot k, \quad (2.28)$$

де $F_{\text{об}}$ – загальна площа, займана встаткуванням;

k – коефіцієнт проходів і робочих зон.

Ухвалюємо $k = 4,5$.

Тоді площа ділянки рівна

$$F_{\text{дл}} = 53,3 \cdot 4,5 = 240 \text{ м}^2.$$

Одержали, що площа ділянки для відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів КамАЗ-740 становить $F_{\text{дл}} = 240 \text{ м}^2$.

На даних площах буде розміщено наступне обладнання та устаткування. табл. 2.4 (додатки)

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Примінення приспособлень у ремонті автомобілів

На автопідприємствах, ремонтних заводах, станціях технічного обслуговування ухвалюють технічні розв'язки для вдосконалення конструкцій пристосувань, виконують розрахунки на міцність елементів пристосувань і їх приводів, виходячи з умов закріплення й режимів механічної обробки заготовок деталей відповідно розробленим новим технологічним процесам. Витрати на виготовлення, придбання й експлуатацію різноманітного технологічного оснащення становлять до 20% від вартості встаткування, а собівартість і строки підготовки виробництва в основному визначаються величиною витрат праці й часу на проектування й виготовлення технологічного оснащення [13].

Найбільша поширені верстатні пристосування, що допомагають вирішити наступні питання :

- базування деталей, що обробляються на верстатах з вивіркою по перевірочних базах з'являється базуванням без вивірки, що прискорює процес базування й забезпечує можливість автоматичного одержання розмірів на настроєних верстатах;

- підвищується продуктивність, і полегшують умови праці робочих місць за рахунок механізації пристосувань, а так само за рахунок застосування багатомісної, позиційної й безперервної обробки;

- розширюються технологічні можливості верстатів, що дозволяє на верстатах застосувати такі види обробки для якої ці верстати не призначені.

Поширення механізації й автоматизація пристосувань в умовах дрібносерійного виробництва стала можливою на базі застосування двох сучасних принципів у конструкції:

- створення переналагоджуваних (групових, універсальних) пристосувань із індивідуальною механізованою працею;

- створення універсальних силових приводів для послідовного обслуговування ряду спеціальних пристосувань.

У сучасному умовах все більше поширення одержує оснащення, скомпонована зі стандартизованими деталями та вузлами, а також стандартні конструкції пристосувань, що виготовляються на спеціальних заводах[14].

3.2 Приспосіблення для кріплення шатуна і принцип роботи

Пристосування (рис. 3.1) застосовується для закріплення деталі при фрезерованні пазів у шатуні й кришці шатуна під вкладиші й призначене для його базування.

У пристосуванні заготовка опирається настановною базою на опорні пластини 2, 3, 4, подвійною опорною базою встановлюється на твердий циліндричний палець 1, який має конічну частину. Опорна база реалізується за допомогою самоцентрувальних настановних елементів 5 і 6, синхронне переміщення яких забезпечується за допомогою гідروприводу. Затискач заготовки здійснюється одночасно прихватами 8 і 9.

У проектуваному пристосуванні доцільно використовувати пневматичний привод з міркувань: простота, зниження допоміжного часу й надійність. Використання гідроприводу при закріпленні деталі в пристосуванні дозволяє значно знизити поле розсіювання зусиль її затиснення. Це дозволяє усунути можливі деформації деталей і неточності після обробки при перезатягуванні, що може відбутися при закріпленні деталі вручну.

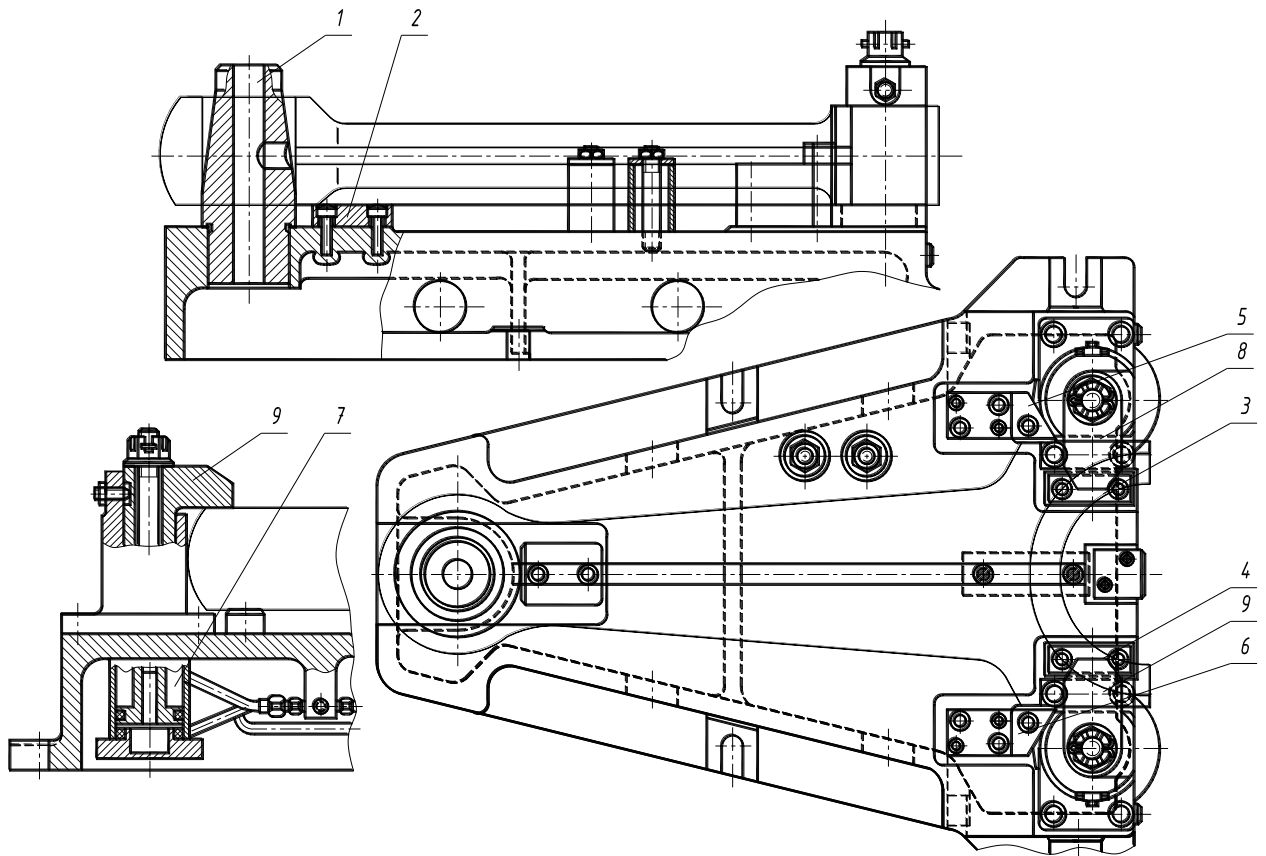


Рисунок 3.1 – Приспособлення для закріплення деталі при фрезерованні пазів у шатуні й кришці шатуна під вкладиші

3.3 Розрахунки приспособлення на міцність

Для розрахунків сили закріплення необхідно знати величини й напрямку дій сил обробки й моменти від них, які діють на деталь під час обробки, схеми розміщення настановних і затискних елементів.

Під час розрахунків сили закріплення щодо схеми базування й прийнятої схеми передачі зусилля від привода до затискних елементів визначають величини реакцій у крапках контакту деталі з настановними й затискними елементами. Значення реакцій визначають із умови статистичної рівноваги.

Під час механічної обробки на заготовку діє вертикальна сила й горизонтальна при фрезерованні, а також обертаючий момент M . Сила

сприймається опорними площинками пристосування, а момент M – намагається задати кутовий зсув заготовці в пристосуванні.

Для недопущення зношування опорних поверхонь сила W повинна бути більше, ніж сили, які намагаються змістити заготовку. Для цього в пристрої необхідно використовувати привод, який забезпечить необхідну силу закріплення.

Для визначення необхідної сили затискача заготовки в пристосуванні потрібно розглядати умови рівноваги, які записуються шістьма рівнями статички з використанням коефіцієнта запасу сили затискача.

У загальному випадку можна представити два основні вираження:
через зусилля

$$k \cdot \sum_{i=1}^n P_{акт_i} = \sum_{i=1}^m P_{прот_j} ; \quad (3.1)$$

через моменти

$$k \cdot \sum_{i=1}^n M_{акт_i} = \sum_{i=1}^m M_{прот_j} , \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт запасів сили затискачів;

$P_{акт_i}, M_{акт_i}$ – зусилля й момент, що виникають під час механічної обробки.

Значення коефіцієнта запасу сили затиснення перебувають із обліком табличних даних і рекомендацій

$$k = k_0 \cdot \sum_{i=1}^6 k_i , \quad (3.3)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт сили затискачів;

k_1 – коефіцієнт, що залежить від якості базової поверхні заготовки з урахуванням нерівномірності припуску на механічну обробку ($k_1 = 1,0$ для чистової обробки й $k_1 = 1,2$ для чорнової обробки);

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструмента ($k_2 = 1,0 - 1,7$);

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час обробки нецільних поверхонь заготовки ($k_3 = 1,0$ – обробка цільних поверхонь, $k_3 = 1,2$ – обробка нецільних поверхонь);

k_4 – коефіцієнт, що враховує безперервну дію сили затискача, яка створює силовим приводом пристосування ($k_4 = 1,0$ – для пневматичних приводів двосторонньої дії);

$k_5 = 1,5$ – крапки контакту розміщені невиразно;

k_6 – коефіцієнт, що враховує тип привода пристосування ($k_6 = 1$ – для приводів тип 1; $k_6 = 1,2$ – для приводів тип 2).

За вихідним даними умов ухвалюються коефіцієнти.

Тоді

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 5,83.$$

Коефіцієнт запасу повинен бути не менш 2,5. Умова виконується. Ухвалюємо $k = 5,83$.

Умовами статичної рівноваги об'єкта, закріпленого в пристосуванні, під час виконання операцій технологічного процесу є відсутність його лінійного й кутового зсуву на настановній площині й кутового зсуву навколо осі, паралельної базової площини (перекидання).

Умовою збереження рівноваги є усунення кутового зсуву щодо осі симетрії (рис.3.2)

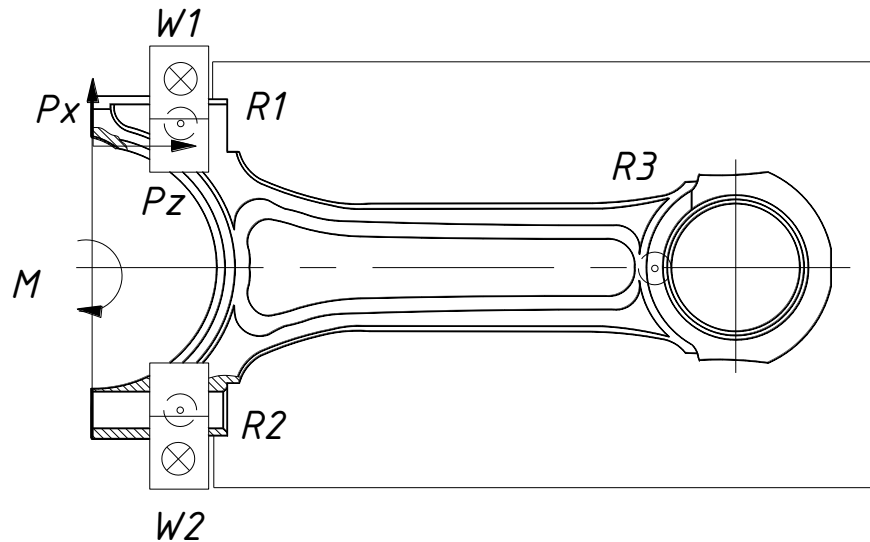


Рисунок 3.2 – Схема сил, котрі діють на шатун при фрезерованні паза

$$kM = W \cdot r \cdot f, \quad (3.4)$$

де W – затискна сила;

M – момент різання;

r – радіус закріплення заготовки;

f – коефіцієнт тертя, для випадку тертя сталь по сталі ($f=0,16$);

$$M = P_x \cdot l, \quad (3.5)$$

де l – плече дії складової сили різання, $l=195$ мм;

P_z – тангенціальна складова сили різання при фрезерованні,
 $P_x = 0,3 \cdot p_z = 642 \cdot 0,3 = 193$ Н.

Після підстановки (3.5) в (3.4) одержимо

$$W = \frac{k \cdot P_x \cdot l}{f \cdot r}; \quad (3.6)$$

$$W = \frac{5,83 \cdot 193 \cdot 0,195}{0,16 \cdot 0,195} = 7032 \text{ Н.}$$

Оскільки при фрезерованні шатун від переміщення втримують два однакові циліндри, те приводна сила на штоку одного циліндра прямої дії, прийнята для подальших розрахунків, складе

$$Q=W/2=7032/2=3516 \text{ Н.} \quad (3.7)$$

Для подальших розрахунків ухвалюємо отримане значення сили $Q=3516$ Н, створюваної гідроциліндром пристосування.

3.4 Конструювання й розрахунки гідравлічного приводу

Розрахунки гідравлічного приводу зводиться до визначення діаметра D циліндра по відомому необхідному зусиллю приводу Q , часу t_c спрацьовування гідроциліндра, товщини d стінки циліндра й визначення необхідних геометричних параметрів елементів гідравлічного приводу, які сприймають навантаження.

Визначення діаметра циліндра двосторонньої дії проводиться по формулі

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot p_p \cdot \eta}}, \quad (3.8)$$

де $\eta=0,95$ – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра [13];

p_p – нормальний тиск рідини в циліндрі ($p=10$ МПа).

Одержали в результаті розрахунків $D = 21$ мм. Ухвалюємо $D = 20$ мм.

З умови безперервності потоку робочої рідини визначається час спрацьовування гідроциліндра по формулі

$$t_{cp} = \frac{S_Q}{v_p} \cdot \left(\frac{D}{d_0} \right)^2, \quad (3.9)$$

де SQ – максимальний хід поршня, мм;

$v_p = 3,5$ м/с – швидкість руху робочої рідини в трубопроводах (у гідравлічній системі швидкість руху робочої рідини в трубопроводах становить 1,5 – 4 м/с);

d_0 – діаметр трубопроводу, мм.

Діаметр трубопроводу визначаємо по формулі

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_H}{v_p}} \quad (3.10)$$

де QH – номінальна хвилинна продуктивність насоса гідроприводу, л/хв.

По залежності (3.10) визначаємо діаметр трубопроводу

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot 0,8}{3,5}} = 2,2 \text{ мм.}$$

Ухвалюємо діаметр трубопроводу $d_0 = 3$ мм.

По залежності (3.9), з урахуванням отриманих значень, визначаємо час спрацьовування гідроциліндра

$$t_{cp} = \frac{0,01}{3,5} \cdot \left(\frac{20}{3}\right)^2 = 0,13 \text{ с.}$$

Для серійного виробництва час затискача однієї заготовки не повинне перевищувати 1,5 с.

Визначення необхідної товщини стінки циліндра виконується по формулі

$$\delta \geq \frac{D}{20} \cdot \sqrt{\frac{[G_p] + 1,2P_{\max}}{[G_p] - 1,2P_{\max}}}, \quad (3.11)$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження матеріалу циліндра на розтягання [14];
 p_{\max} – максимальний тиск у гідравлічній системі,

$$\delta \geq \frac{20}{20} \cdot \sqrt{\frac{100 + 1,2 \cdot 15}{100 - 1,2 \cdot 15}} = 1,2 \text{ мм.}$$

З розрахунку значення δ приймається, $\delta = 2$ мм.

Розрахуємо на міцність елементи гідроциліндра.

Напруги на штоку гідроциліндра [13]

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.12)$$

$$\sigma = 4 \cdot 3516 / 3,14 \cdot 10^2 = 44,79 \text{ МПа} \leq [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p] = 100$ МПа – розтягання-стиск, що допускається напруга на.

Розрахуємо нарізне сполучення на міцність.

Осьова реакція в штоку дорівнює силі фактичного затискача Q . Довжина з'єднувального різьблення має мати не менше h . Оскільки поршень і шток виготовлено зі сталі 20Х, $[\tau_{cp}] = 180$ МПа .

Довжина різьблення h , що визначається рівнянням

$$h = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot k_1 \cdot k_m \cdot [\tau_{cp}]}, \quad (3.13)$$

де $d = 10$ мм – діаметр різьби;

$k_1 = 0,8$ – коефіцієнт повноти різьблення для трикутного профіля;

$k_m = 0,6$ – коефіцієнт нерівномірності, який розподіляє напруження по витках різьблення

$$\sigma = 3516 / 3,14 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 180 = 1,29 \text{ мм.}$$

Ухвалюємо $h = 10$ мм, тому що відповідно до держстандарту довжина різьблення становитиме більше 10 мм.

3.5 Конструювання й розрахунки пристосування

Пристосування (рис.3.3) призначене для установки на ньому шатунів двигунів КамАЗ-740 при розточенні й хонінгуванні нижніх головок шатунів на алмазно-розточувальному верстаті моделі 278 і хонінгувальному верстаті моделі 3В833 в умовах стаціонарних ремонтних підприємств у районах з помірним кліматом.

До складу пристосування (рис.3.3) входять такі деталі: притиску 4, втулки 5, пальців настановних 6, пальців настановних 8 і 9, втулки 10, корпуса 2 і плити опорної 1.

Притиск 4 являє собою циліндричне кільце з похилими поверхнями й отворами під настановні пальці 6 і втулки 5. Притиск переміщається навколо настановних пальців за допомогою додатка зусилля до ручок притиску.

Затискач шатунів у пристосуванні здійснюється за рахунок ковзання похилих поверхонь притиску 4 по конічних поверхнях настановних поворотних пальців 6 втулкою 5 притиску.

Технічні характеристики пристосування представлені в табл. 3.1 (додатки).

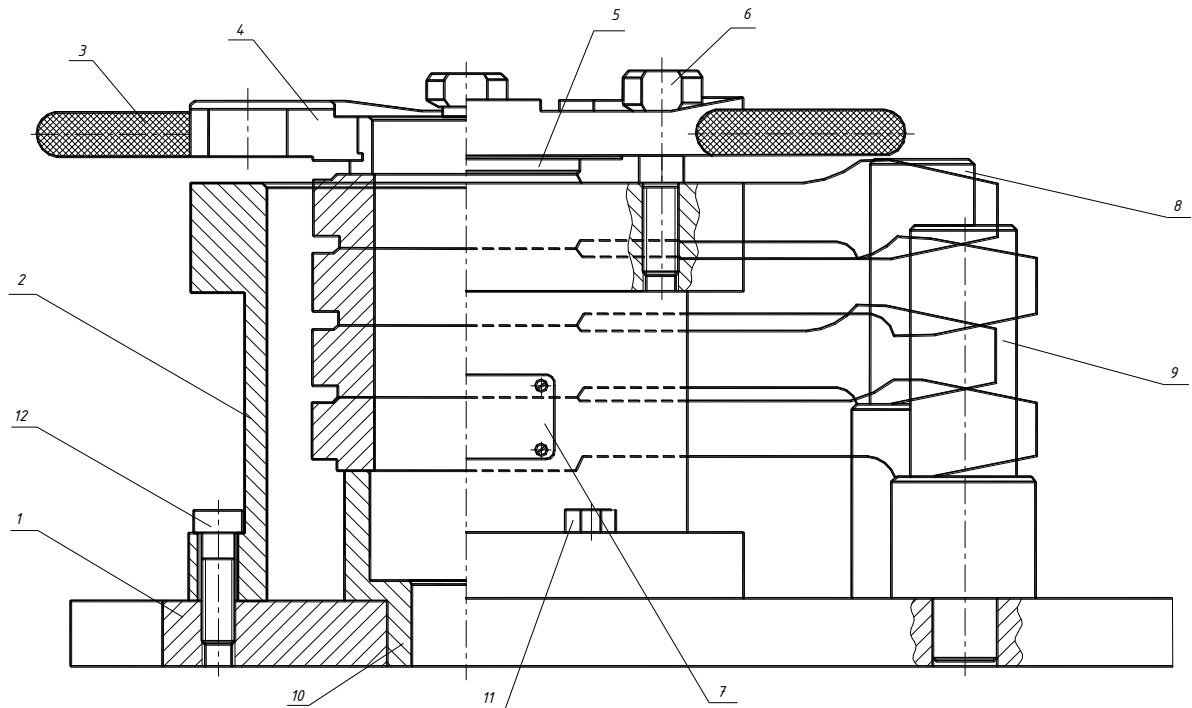


Рисунок 3.3 – Пристосування для розточення й хонінгування нижніх головок шатунів двигунів КамАЗ-740

Перед початком роботи робітник повинен переконатися в надійності кріплення пристосування на столі верстата й справності пристосування.

Підготовка до роботи.

1. Зняти консерваційне змащення з деталей пристосування.
2. Установити пристосування на стіл алмазно-розточувального верстата моделі 278 (хонінгувального верстата моделі 3В833), сполучивши вісь пристосування з віссю шпинделя верстата.
3. Закріпити опорну плиту пристосування до стола верстата.
4. Зняти притиск 4 з настановних пальців 6, повернувши його за рукоятки проти годинникової стрілки.

Порядок роботи.

1. Установити перший (нижній) шатун у корпус 2 пристосування, уклавши його торцевою поверхнею нижньої головки на втулку 5, а верхньою головкою на настановний палець 6.

2. Установити три наступні шатуни в корпус пристосування, укладаючи їх торцевою поверхнею нижньої головки шатуна один на одного, а верхньою головкою по черзі на настановні пальці 8 і 9.
3. Установити притиск 4 на настановні пальці 6.
4. Установити, що центрує оправлення й відцентрувати положення отворів нижніх головок шатунів щодо осі пристосування.
5. Закріпити шатуни в пристосування, повернувши притиск 4 за ручки за годинниковою стрілкою.
6. Вийняти оправлення, що центрує.
7. Зробити обробку отворів нижніх головок шатунів згідно з технологічним процесом.
8. Після закінчення обробки зняти притиск 4, повернувши його за ручки проти годинникової стрілки й вийняти шатуни із пристосування.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Огляд впливу механічних навантажень

Представлене моделювання нагруження привода механічного преса з використанням методу кінцевих елементів. Метою досліджень була оцінка зміни величини напруг в елементах привода преса залежно від зазорів у сполученнях після виконання технологічної операції.

У роботі у якості об'єкта, що досліджується розглядаємо кривошипно-шатунний механізм однокриводнокривошипного відкритого преса, що не нахлянутого, силою 250 кН (модель K2124)

Метою досліджень, що представляються, була оцінка величини напруг у спряженнях елементів преса після виконання технологічної операції, тому що при розвантаженні системи зазори починають вибиратися в невизначеній послідовності, у результаті чого в сполученнях виникають ударні навантаження, що викликають додаткову вібрацію й шум.

Процес зміни зазорів у зчленуваннях привода носить досить випадковий характер. Досліджень по впливу зазорів на параметри вібрацій у ковальсько-пресових машинах відомо небагато, тому було вибрано метою моделювання дослідження впливу величини зазорів і положення механізму на величину ударного навантаження - першопричини коливань у системі. За основу досліджень було взяте визначення величини напруг, що виникають в елементах кривошипно-ползунного механізму після виконання технологічної операції.

Для проведення досліджень були використано два програмні продукти: Solid Works 2005 і Ansys 8.0 / Workbench.

Причиною вибору програми Solid Works 2005 з'явилося те, що на даний момент вона є однією із самих потужних параметричних систем автоматизованого проектування. У ній здійснена можливість створення моделей різних просторових деталей, які далі поєднуються в складні складальні елементи. Програма повністю параметризована й автоматизована, є

можливість створювати твердотельные моделі, на основі яких автоматично генеруються креслення й специфікації; можливо створювати складні поверхні, що змінюють свою конфігурацію відповідно заданій функціональній залежності.

У проведеній роботі в даній програмі було зроблене створення моделі розглянутого преса.

ANSYS – пакет для кінцево-елементного моделювання й аналізу. Він використовується для аналізу цілого спектра завдань, таких як: статична й динамічна міцність механічних конструкцій, теплообмін, гідро- і аеродинаміка, гідравліка, електромагнітне поле, акустика і т.д. Пакет пропонує широкий спектр розрахункових можливостей, які дозволяють урахувати фізичні властивості й різного роду нелінійності (пластичність, пружність у вигляді кусочно-лінійної залежності « деформація-напруга», вязкопластичність, повзучість, набрякання, вязкоупругість), геометричні нелінійності (більші деформації, більші переміщення) і нелінійності самого елемента (загальні поверхневі контактні елементи, елементи взаємодії, елементи з армуванням). ANSYS має широкі графічні можливості для вистави результатів дослідження.

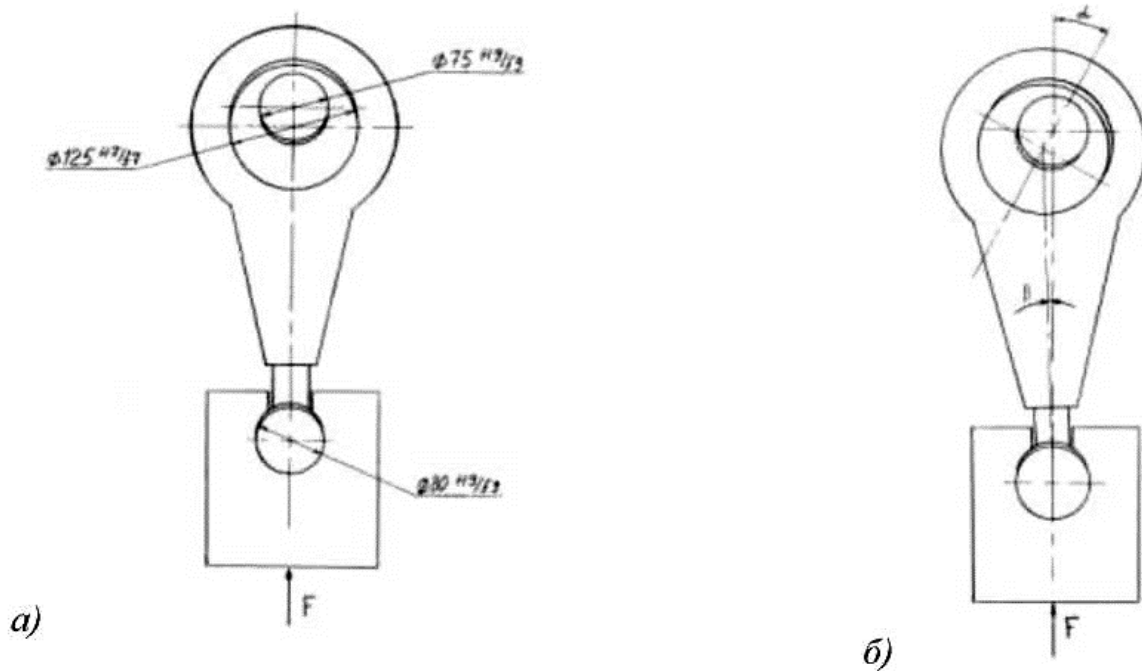
4.2 Наукові дослідження навантаження КШМ

У проведеній роботі в даній програмі був зроблений розрахунки й аналіз створеної моделі розглянутого преса.

Моделювання процесу нагрюження системи містило в собі кілька етапів:

1. У програмі Solid Works 2005 з урахуванням усіх зазорів була створена твердотельная модель кривошипно-шатуного механізму. При створенні моделі були введені наступні допущення: а) геометричні елементи системи припустимо спрощувалися; б) кривошипно-шатуний механізм розглядався у двомірному просторі; в) зазори в підшипниках уважалися однаковими; г) максимальна й мінімальна величини зазорів (рис. 1, а)) вибиралася без обліку зношування сполучень, тобто по рекомендованим виробниками преса посадкам; д) стики вважалися абсолютно твердими; е)

стики вважалися абсолютно гладкими, тертя й вплив змащення в спряженнях елементів не враховувалися.



а – кут рівний 0° ; б – відхилення на кут β

Рисунок 1. – Положення механізму при куті відхилення осі шатуну:

2. За допомогою спеціальної підпрограми, що перебуває в пакеті Solid Works 2005, створена модель була інтегрована в програму кінцево-елементного аналізу ANSYS/Workbench 8.0.

Таблиця 1 – Зміна зазорів по видах зчленувань

Варіант	Зчленування	Постійний або мінливий зазор / величина зазору, мм
I	«Шатун – вал»	постійний / 0,12
	«Підшипник – вал»	постійний / 0,18
	«Шатун – поршневий палець»	максимальний / 0,18 мінімальний / 0,05
II	«Шатун – вал»	максимальний / 0,12 мінімальний / 0,04
	«Підшипник – вал»	постійний / 0,18
	«Шатун – поршневий палець»	постійний / 0,18
III	«Шатун – вал»	постійний / 0,12
	«Підшипник – вал»	максимальний / 0,18 мінімальний / 0,05
	«Шатун – поршневий палець»	постійний / 0,18

При аналізі розглядалися три положення кривошипно-ползунного механізму при куті повороту кривошипа α , рівному відповідно 0° (рис. 1, а)), 15° і 30° (рис. 1, б)). При моделюванні нагруження системи ухвалювалося рівним номінальній силі преса (250 кН).

При моделюванні нагруження кривошипно-ползунного механізму розглянуті зазори варіювалися в такий спосіб (див. табл. 1).

Таким чином, моделювання проводилося для шести варіантів співвідношення зазорів.

Як приклад, на рис. 2 і рис. 3 представлені результати моделювання нагруження кривошипно-шатунного механізму при куті повороту кривошипа, рівному 30° , для мінімального й максимального значень зазорів.

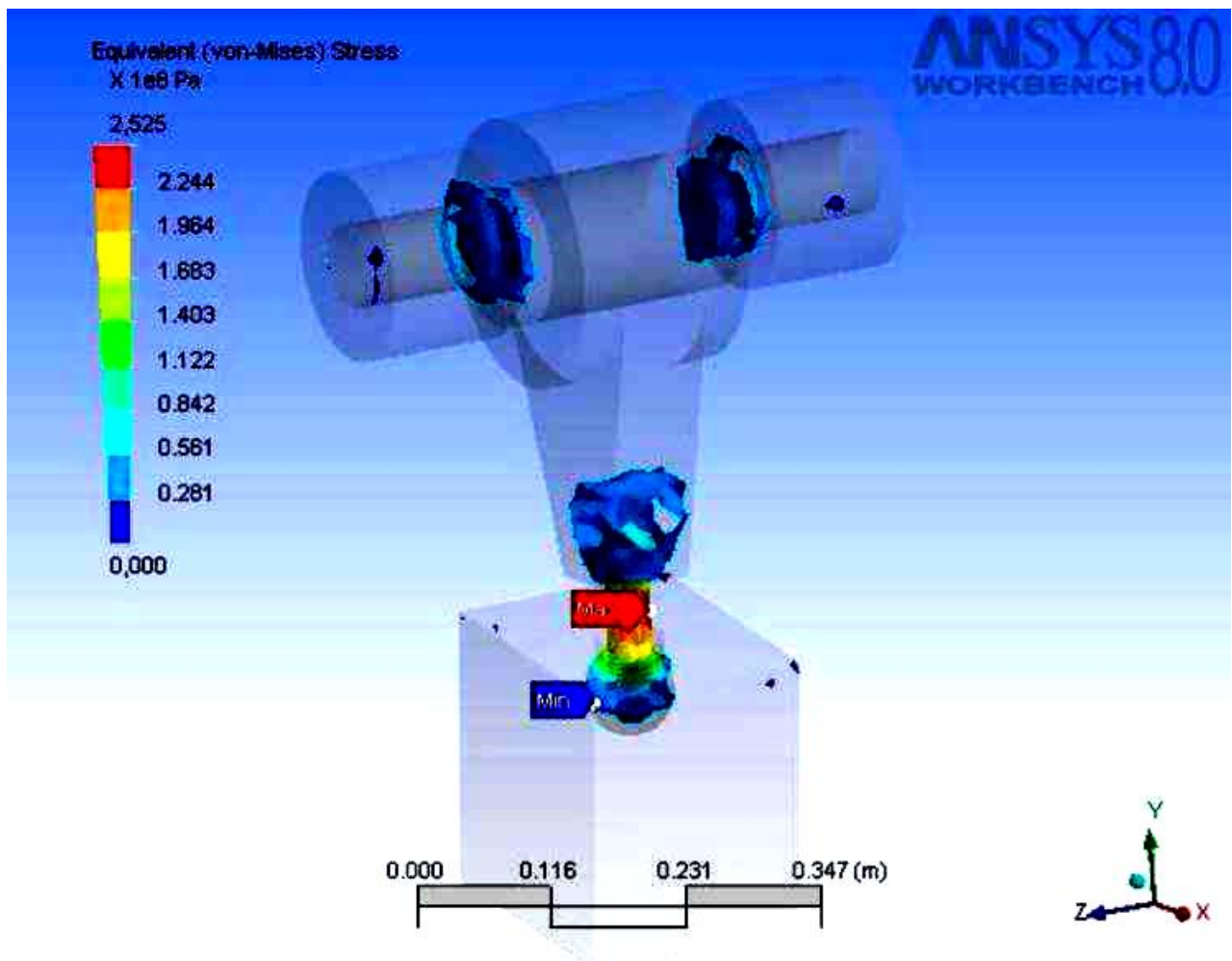


Рисунок 4.2 – Результати моделювання навантаження кривошипно-шатунного механізму при куті повороту кривошипа, рівному 30° , для визначення максимального значення зазору

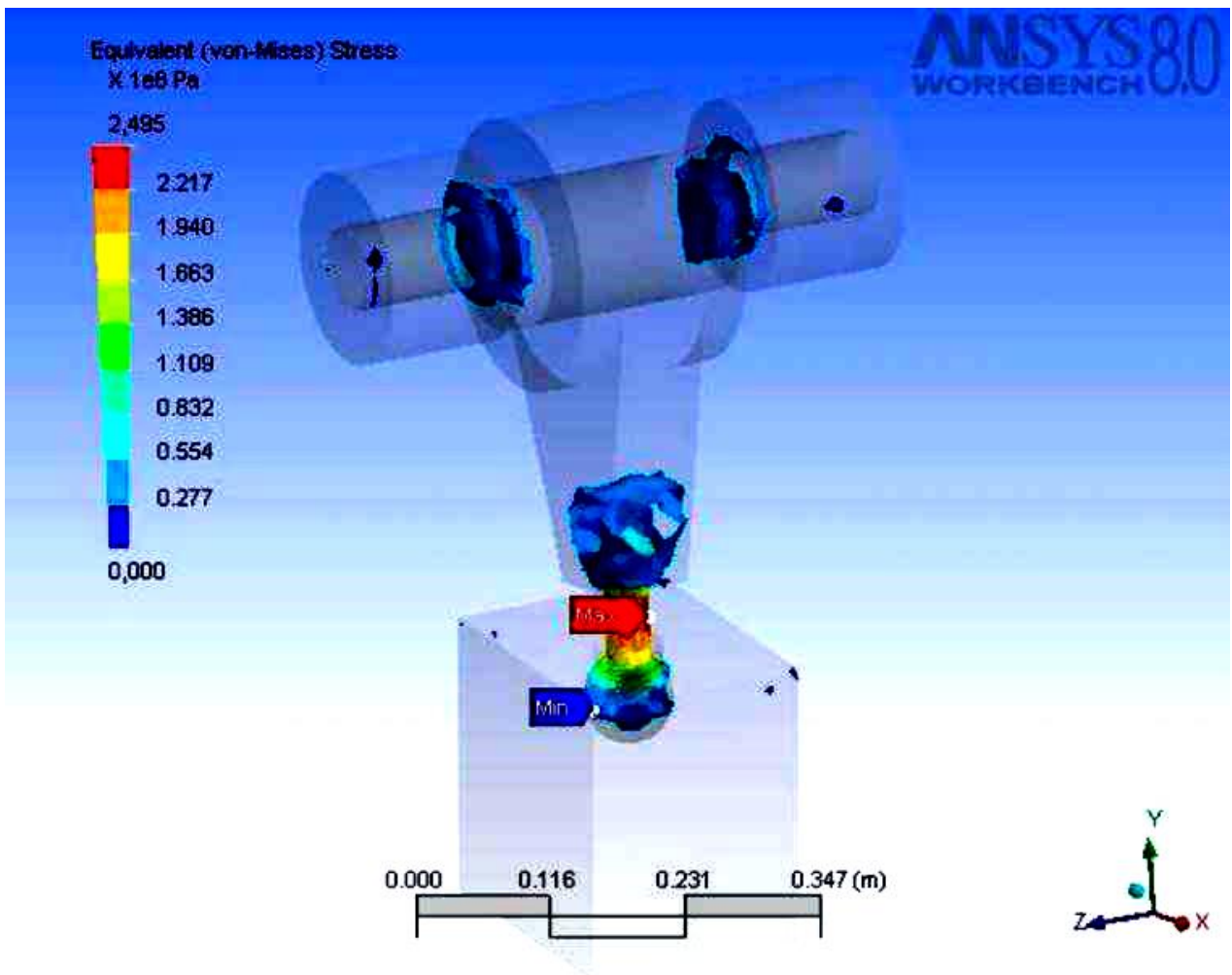


Рисунок 4.3 – Результати моделювання навантаження кривошипно-шатунного механізму при куті повороту кривошипа, рівному 30, для мінімального значення зазору

З результатів моделювання випливає, що при навантаженні кривошипно-ползунного механізму максимальні напруги виникали в самому слабкому елементі системи - у різьбленні гвинта регулювання довжини шатуна. Отримані результати для всіх варіантів моделювання були представлені у вигляді графічної залежності (див. рис. 4), на якій відбивалися значення максимальної напруги, що виникає в системі, залежно від положення механізму й варіанта зазорів.

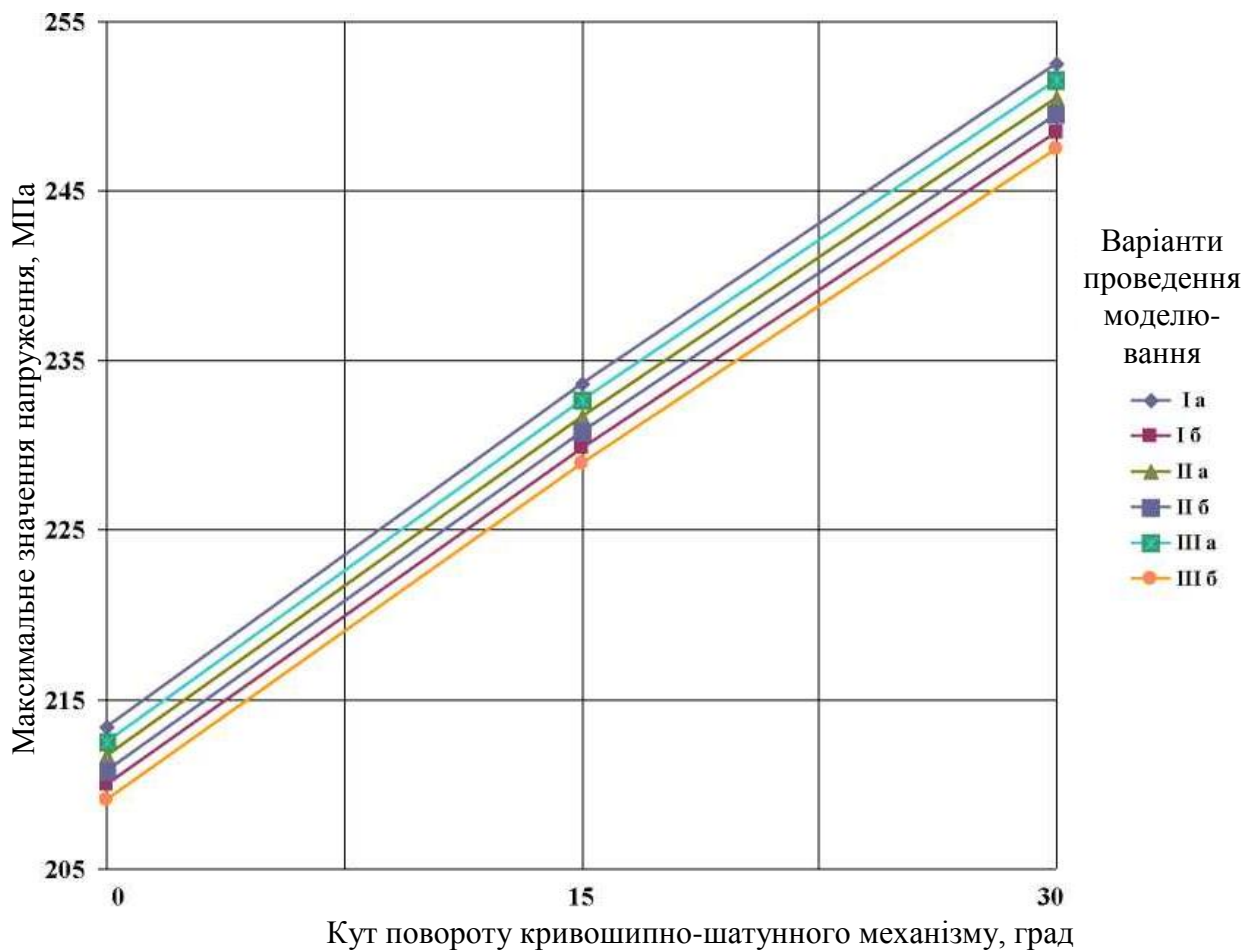


Рисунок 4.4 – Залежність максимальної напруги системи від кута повороту шатуна

За результатами проведеного дослідження були зроблені наступні висновки.

1. При збільшенні кута повороту осі шатуна від 0 до 30° максимальні напруги в елементах системи зростають на 18%.
2. При збільшенні зазору в певному сполученні максимальна напруга зростає від 0,4 до 4,2%.
3. З викладеного випливає, що зміна кута повороту осі шатуна (тобто положення повзуна преса по ходу його руху - кут у на рис. 1) виявляє значно більший вплив на зміну напруг системи, ніж зміна зазорів у сполученнях механізму

4. Можна припустити, що вплив зазорів може бути «недообліковане» внаслідок того, що їх збільшення може приводити до більшого перекосу системи «повзун - напрямні», втрати площинності контакту в зчленуваннях, і як наслідок - ударним навантаженням, шуму і т.д.

5. Можна припустити, що при збільшенні зазорів їх вплив на навантаження системи буде значно зростати в порівнянні з регламентованими (паспортними) значеннями, представленими в проведеній роботі. Дані твердження вимагають додаткової експериментальної перевірки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Виробнича санітарія

Основними виробничими шкідливостями можливими на проектованому підприємстві є [15]:

- недостатній повітрообмін у приміщення й цехах підприємства,
 - а) небезпечний зміст у повітрі шкідливих і небезпечних речовин;
 - б) недостатня рухливість повітря;
- невідповідність нормі температури, вологості, барометричного тиску,
- недостатня освітленість робочих зон,
 - а) підвищена яскравість;
 - б) знижена контрастність;
 - в) знижена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений рівень інфразвуку;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень вражаючих факторів:
 - а) електричного струму;
 - б) електричного поля;
 - в) магнітного поля;
- підвищений рівень випромінювань:
 - а) інфрачервоних;
 - б) ультрафіолетових.

Заходу, прийняті на проектованому підприємстві для зниження виробничої шкоди:

- для поліпшення повітрообміну підприємство оснащено природньою організованою вентиляцією, здійснюваної за допомогою аерації й дефлекторами;

– також підприємство оснащується механічними системами вентиляції (притічно-витяжна вентиляція), вентилятори якої залежно від состава переміщуваного ними повітря виготовлене з певного матеріалу й мають різну конструкцію:

- а) звичайного виконання,
- б) антикорозійного виконання,
- в) струмо-захисту виконання,
- г) пилові;

– для підтримки певних температурно-вологих умов, а також сталості швидкості й чистоти повітря, підприємство оснащено автономними центральними й місцевими системами кондиціювання повітря;

– для очищення повітря від шкідливих речовин, на підприємстві використовуються пиловловлювачі (циклони, інерційні, жалюзійні, іротаційні), а також туманоуловлювачі (електричні й низькошвидкісні);

– для створення необхідних умов повітряного середовища в обмеженій зоні виробничого приміщення на підприємстві використовується місцева притічна (повітряне підготовлення, повітряні оазиси й повітряне теплові завіси), і місцева витяжна (захисні кожухи, витяжні шафи, парасолі, кабіни й камери) вентиляція;

– для опалення приміщень – підтримка в них у холодну пору року заданої температури повітря, підприємство оснащено системами центрального водяного й парового опалення. В адміністративно-побутових приміщеннях використовується казанове опалення;

– для висвітлення виробничих приміщень на проектованому підприємстві використовується сполучене висвітлення (природне й штучне, комбіновані);

– у всіх будинках і спорудженнях використовуються такі види штучного висвітлення: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне й чергове;

– усі робочі місця освітлені відповідно характеру виконуваних робіт;

– забезпечений досить рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні (комбіноване висвітлення, світле фарбування стін, стелі, виробничого встаткування);

- зниження коефіцієнта пульсації освітленості здійснене шляхом стабілізації живлячого напруги, твердим кріпленням світильників;
- для правильної світлопередачі на підприємстві використовуються монохроматичне світло;
- у якості штучних джерел світла на підприємстві використовуються газорозрядні лампи, лампи розжарювання;
- залежно від умов роботи джерела світла виконані в різних конструктивних виконаннях (відкриті, захищені, закриті, пилонепроникні, вологозахисні, вибухобезпечні, вибухозахищені);
- норми штучного висвітлення на підприємстві відповідають нормам освітленості цехів і ділянок АРП розроблених Сніп 2-4-92;
- для захисту від яскравого світла, ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювання робітники оснащені окулярами й щитками спеціальними світлофільтрами;
- для зменшення інтенсивності шуму на підприємстві застосована акустична обробка приміщення (нанесення на поверхні приміщень звукобирних матеріалів у вигляді шару матеріалу певної товщини, однорідного й пористого);
- застосовані звукоізолюючі огороження у вигляді стін, перегородок, кожухів, кабін;
- використовуються індивідуальні засоби захисту від шуму (вкладиші, навушники, шоломи);
- для захисту від інфразвуку використовуються глушители реактивного типу (резонансні, камерні);
- для зниження вібрації використаний метод установка агрегатів на фундамент, амплітуда коливань, підшви якого не перевищує 0,1мм;
- для збільшення реактивного опору коливальних систем, застосовані динамічні віброгасії;
- зниження вібрації на шляху її поширення здійснене за рахунок збільшення твердості системи (уведення ребер жорсткості);

– для ослаблення передачі вібрації по елементах конструкції застосована установка вібротримуючих мас із імпедансом, що значно перевищують імпеданс основної конструкції;

– для зменшення передачі вібрацій на шляху працюючих з ручними механізованим інструментом використовуються пневматичні віброізолятори;

– також робітники оснащені засобами індивідуального захисту рук від впливу вібрації (рукавиці, рукавички, віброзахисні прокладки або пластини).

5.2 Техніка безпеки

Забезпечення безпечної роботи на токарських верстатах. Затискні пристрої верстатів забезпечують надійне кріплення оброблюваних деталей. Багатошпindelні, одношпindelні, токарно-револьверні й інші верстати, на яких для виготовлення деталей використовуються металеві прутки мають трубчасте огородження, у якому розміщують ці прутки.

Забезпечення безпечної роботи на фрезерних верстатах. Верстати обладнані швидкодіючими гальмовими пристроями. Частина фрези, яка не стикається з поверхнею оброблюваної деталі, обгороджений зручним в експлуатації огородженням.

Забезпечення безпечної роботи при експлуатації ПТМ. Усі ПТМ експлуатовані на підприємствах пройшли обов'язковий огляд.

Крани в цілому і їх окремі елементи зазнали статистичним випробуванням, при навантаженні на 25% перевищуючу номінальну вантажопідйомність механізму.

Знімні вантажопідйомні засоби (стропи, кліщі, ланцюги й траверси) випробували навантаженням на 25% перевищуючої їхню номінальну вантажопідйомність.

Лебідк ма, що самотормозящиеся тал обладнан червячної передачею, що домкрати випробувані навантаженням на 10% перевищуючої номінальну вантажопідйомність.

Забезпечення безпечної експлуатації посудин працюючих під тиском.

Усі балони пройшли спочатку гідравлічне випробування пробним тиском, а потім пневматичне випробування робочим тиском із зануренням балона у воду для виявлення можливого витоку.

Запобіжні клапани по кількості, розмірі й пропускну здатності підібрані так, щоб тиск у посудині зміг перевищити робоче на 15% для посудин з тиском від 0,9 до 6 мпа [16].

5.3 Пожежна безпека

Пожежі на автомобільному підприємстві становлять більшу небезпеку для працюючих і можуть заподіяти величезний матеріальний збиток.

Пожежна безпека на даному підприємстві забезпечена заходами пожежного захисту.

Поняття пожежної профілактики включає в собі комплекс заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшенню його наслідків.

Під активним пожежним захистом розуміються заходи, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами й вибухонебезпечною ситуацією.

Заходи щодо пожежної профілактики розділяються на:

- організаційні,
- технічні,
- режимні,
- експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильний зміст будинків і територій, протипожежний інструктаж робітників.

Експлуатаційними є заходи щодо ремонту й випробуванню технічного встаткування, своєчасних профілактичних оглядів.

Профілактичні заходи для підвищення пожежної безпеки прийняті на даному підприємстві:

- підвищена вогнестійкість будинків і споруджень,
- проведене зонування території,

- для попередження поширення пожежі з один будинок на інше,
- між будинками влаштовані протипожежні розриви,
- протипожежні перешкоди й перекриття,
- вентиляційні установки оснащені вогензобмежувачі, швидкодіючими заслінками, відсікачами, водними завісами,
- підприємство оснащене пересувними апаратами пожежогасіння, автоматичними стаціонарними установками пожежогасіння і вогнегасниками,
- для громозахисту використовується стрижнева система.

Автоматичні системи об'ємного пожежогасіння дозволяють безпосередньо впливати на пожежу в самому його зародженні й у такий спосіб уникати поширення полум'я й відповідно більшого збитку від пожежі. Працюють на принципі ручного, електричного й пневматичного пуску. Системи пожежогасіння можуть бути водяні, порошкові й газові.

Апарати пожежогасіння підрозділяють на пересувні (пожежні автомашини), стаціонарні установки й вогнегасники (ручні до 10 л і пересувні й стаціонарні обсягом вище 25 л).

Вогнегасники по виду вогнегасних засобів підрозділяються на рідинні, вуглекислотні, повітряно-пінні, порошкові й комбіновані. У рідинних вогнегасниках застосовують воду з добавками, у вуглекислотних - зріджений двоокис вуглецю, у хімпінних - водяні розчини кислот і лугів, у порошкових - порошки ПС, ПСБ-3, ПФ і т.д. Вогнегасниками маркіруються буквами, що характеризують вид вогнегасника по розряду, і цифрою, що позначає його місткість (обсяг).

5.4 Охорона навколишнього середовища

Фактори, що шкідливо впливають на навколишнє середовище можливі на проєктованому підприємстві:

- викиди в атмосферу шкідливих і отруйних речовин (свинець, марганець, озон, хлор, пар соляної кислоти, аміак, фосген газів, що відробили, ацетон, пар бензину й ін.);
- влучення в ґрунт і ґрунтові води шкідливих і отруйних речовин (неочищених стічних вод, нафтопродуктів, кислот, лугів і ін.).

Шкідливі, небезпечні, пожежонебезпечні фактори, що несприятливо впливають на людину й навколишнє середовище заходу щодо забезпечення захисту від них на проєктованому підприємстві (додатки).

Заходу, початі на проєктованому підприємстві, для зниження небезпечних факторів:

- застосування технологічних процесів і встаткування, що знижують утвір шкідливих речовин;
- заміна токсичних речовин на нетоксичні;
- застосована надійна герметизація встаткування, у якому перебувають шкідливі речовини;
- оснащення підприємства ефективною системою вентиляції;
- застосування запалі й туманоутворювачі;
- зберігання шкідливих і отруйних речовин у спеціалізованих, захищених приміщеннях;
- застосування механічних, хімічних і біологічних систем очищення стічних вод;
- застосування відстійників, нафтопасток, гідроциклонів, флотационних установок.

5.5 Розрахунки контуру заземлення

Захисне заземлення повинне забезпечувати усунення небезпеки поразки електричним струмом у випадку дотику людей до неструмоведучих металевих частин устаткування, коли вони через несправності електроустановок виявляться під напругою.

Розрахунки захисного заземлення проводиться в наступному порядку:

Визначаємо нормовану величину опору заземлюючого пристрою R_H . Ухвалюємо $R_H = 4$ Ом.

Питомий опір ґрунту, у якому встановлюються заземлювачі, визначається по формулі:

$$\rho_{расч} = \psi \cdot \rho, \quad (5.1)$$

де ψ – коефіцієнт, що враховує кліматичні умови, $\psi = 1,4 \div 2,0$.

Ухвалюємо $\psi = 1,4$);

ρ – обмірюваний питомий опір ґрунту, ухвалюємо ґрунт – глину, для глини $\rho = 0,5 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$\rho_{расч} = 1,6 \cdot 0,5 \cdot 10^2 = 0,8 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для контуру заземлення вибираємо штучний заземлювач – трубу $\varnothing 50 \text{ мм}$, довжиною $l=3 \text{ м}$, товщина стінки 5 мм . Поглиблення труби в ґрунт на $t=2 \text{ м}$.

Смуґа зв'язку – сталева, ширина смуґи $b=40 \text{ мм}$.

Розраховуємо опір одиночного заземлювача R_0 по формулі:

$$R_0 = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{r_0} + \frac{l}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot l + 7 \cdot t}{l + 7 \cdot t} \right), \quad (5.2)$$

$$R_0 = \frac{0,8 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,025} + \frac{3}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3 + 7 \cdot 2}{3 + 7 \cdot 2} \right) = 26 \text{ Ом}.$$

Орієнтовне число одиночних заземлювачів визначається по формулі

$$n = \frac{R_0}{R_n \cdot \eta_0}, \quad (5.3)$$

$$n = \frac{26}{4 \cdot 2} = 3,25.$$

Слід побрати 4 труби, щоб виконати умова $R_0 < R_n$.

Труби розташовуємо в ряд з інтервалом 3 м , тоді відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини $a = a/l = 3/3 = 1$. При цьому коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_i = 0,85$.

Опір вертикальних заземлювачів, які становлять контур, визначається по формулі

$$R_с = \frac{R_n}{n \cdot \eta_0} \quad (5.4)$$

$$R_с = \frac{26}{4 \cdot 0,85} = 7,6 \text{ Ом}.$$

Коефіцієнт використання сполучної смуги при $n = 4$, $a/l = 1$ становить 0,77. Довжина смуги зв'язки для 4 труб, розташованих з інтервалом 3м становить $L=9$ м

Опір смуги визначається по формулі

$$R_n = \frac{\rho_{расч}}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{1.5 \cdot L}{\sqrt{b \cdot t}}, \quad (5.5)$$

$$R_n = \frac{0.8 \cdot 10^2}{3.14 \cdot 9} \cdot \ln \frac{1.5 \cdot 9}{\sqrt{0.04 \cdot 2}} = 9.9 \text{ Ом}.$$

Опір сполучних смуг з урахуванням коефіцієнта використання, визначається по формулі

$$R_{nu} = \frac{R_n}{\eta_n}, \quad (5.6)$$

$$R_{nu} = \frac{9.9}{0.77} = 12.86 \text{ Ом}.$$

Загальний опір контуру визначається зі співвідношення:

$$R_o = \frac{R_e \cdot R_n}{R_e + R_n}, \quad (5.7)$$

$$R_o = \frac{7.6 \cdot 9.9}{7.6 + 9.9} = 4.3 \text{ Ом}.$$

Опір заземлюючого пристрою для установок менш 1000 У и потужність менш 100 кВа не повинне перевищувати 10 Ом, а для електроустановок напругою більш 100 кВа – 4 Ом. У цьому випадку потужність споживача менш 100 кВа, отже, розрахований загальний опір контуру відповідає вимогам СН 102-76.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовані основні дефекти шатунів, причини їх виникнення, наслідку для двигуна внутрішнього згоряння в цілому. Установлене, що найбільш характерними дефектами є: тріщини, обривши шатунних болтів і стрижня шатуна, зношування втулки верхньої головки шатуна, зношування вкладишів нижньої головки шатуна, зношування торців нижньої головки шатуна.

2. Розроблений удосконалений технологічний процес відновлення деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів КамАЗ-740 на основі застосування сучасного різального інструменту (пластинки з гесанита, алмазні шліфувальні бруски на металополімерному зв'язуванні), пристосувань для фрезерування паза з гідравлічним приводом і одночасного хонінгування отворів у нижніх головках чотирьох шатунів, а також уведення операції залізнення цих отворів.

3. Підібране необхідне ремонтно-технологічне встаткування й оснащення, розраховане пристосування з гідравлічним приводом для закріплення шатуна при виконанні операції фрезерування.

4. Розраховані параметри проектного ділянки відновлення шатунів. Необхідна площа ділянки склала 240 м².

5. Розроблені заходи для впровадження техніки безпеки на ділянці та проведені розрахунки заземлення свердлильного верстата й грозозахисту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей / В.А. Шадричев // – М: Машиностроение, 1976. – 560 с.
2. Вишняков Н.Н, Вахламов В.К. и др. Автомобиль: основы конструкции. Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М: Машиностроение, 1986. – 304с.
3. Есенберлин Р.Е. Капитальный ремонт автомобилей / Р.Е. Есенберлин // М.: Транспорт, 1989. – 343 с.
4. Чичинадзе А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе: Учебник для технических вузов. – 2- изд., переработ. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 421 с.
5. Силин А.А. Трение и его роль в развитии техники / А.А. Силин // – М.: Наука, 1983. – 176 с.
6. Зайдман Г.Н. Электролитическое осаждение железа / Г.Н. Зайдман //– М.: Машиностроение, 1990. – 195 с.
7. Агладзе Р.И. Прикладная электрохимия / Р.И. Агладзе // – М.: Металлургия, 1975. –552 с.
8. Кремень З.И. "Хонінгування и суперфини-ширование деталей" / З.И. Кремень, И.Х. Страшевский // – Ленинград, "Машиностроение" 1988. – 187 с.
9. Дацык Ю.В. Качество микропрофиля после хонінгування / Ю.В. Дацык // Автоцентр, 1998. – №39. – 41 с.
10. Справочник технолога авторемонтного производства. Под ред. Малышева Г.А., – М.: Транспорт, 1977. – 432 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя: 2 Т / Под ред. Г.А. Косиловой и Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение, 1985, Т2. – 496 с.

12. Силантьева Н.А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н.А. Силантьева, В.Р. Малиновский // – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
13. Арсенов М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Арсенов // Ленинград: Машиностроение, 1975 – 656 с.
14. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков // учебник для Вузов – М.: Машиностроение, 1983. – 277с.
15. Разумов И.М. Организация, планирование и управление предприятием машиностроения / И.М. Разумов, Л.А. Глагольева, М.И. Ипатов, В.П. Ермилов // М.: «Машиностроение», 1982. – 544 с.
16. Бортницкий П.И. Охрана труда на автомобильном транспорте. Киев: Вища школа, 1988. – 263 с.
17. Салов А.И. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта / А.И. Салов // М.: Транспорт, 1985. – 351с.
18. Методические указания по экономическому обоснованию технологических разработок в дипломных проектах по технологии машиностроения и ремонту машин для студентов специальностей 7.090214, 7.090258 / М.А. Подригало, Б.В. Савченков, В.Г. Сословский, Ю.В. Дудукалов, В.А. Цыбульский. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – 42 с.