

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

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
півмуфти 14.612

Виконав: студент IV курсу, групи МПз-41
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

Гук В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дячун А.Є.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Дячун А.Є.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Окіпний І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення півмуфти 14.612” студента групи МПз-41 Гука В.В. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи – вдосконалити базовий технологічний процес механічного оброблення півмуфти 14.612.

У першій частині, визначено, що за кількісними та якісними показниками деталь “Півмуфта” 14.612 є технологічною. Проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі. Після аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 встановлено, що базовий технологічний процес, який використовується для виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 відповідає середньосерійному типу виробництва, а саме застосовуються токарні верстати з ЧПК та універсальне технологічне обладнання, на обладнанні застосовано пристрої з механізованим приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску 93000 шт, що вказана у завданні, відповідає масовому типу виробництва, тому у проектному технологічному процесі запроваджено зміни для підвищення продуктивності виготовлення півмуфт.

У другій частині визначено тип виробництва – масовий на основі розрахунку коефіцієнта закріплення операцій. Коефіцієнт використання матеріалу для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі є вищим ніж для круглого прокату, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі вибрано штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі. Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та технічні норми часу. Розроблено технологічний процес механічного оброблення півмуфти 14.612.

У третій частині для закріплення і базування деталі “Півмуфта” 14.612 під час обробки на операції 020 верикально-свердлильній проведено проектування спеціального кондуктора із пневмозатиском і чотирьохшпindelної свердлильної головки.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Загально-технічна частина	
1.1. Службове призначення деталі	
1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....	
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....	
2 Технологічна частина	
2.1. Визначення типу виробництва.....	
2.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.3. Вибір технологічних баз.....	
2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.5. Визначення припусків на оброблення.....	
2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....	
3 Конструкторська частина	
3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі.....	
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	
4.1. Вимоги техніки безпеки під час експлуатації металорізального обладнання.....	
4.2. Відшкодування збитків, завданих унаслідок порушення вимог охорони праці.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено технологічне проектування процесу механічного оброблення деталі “Півмуфта” 14.612 для умов масового типу виробництва. Деталь є складовою частиною муфти, що передає крутний момент від колінчастого вала двигуна до вала гідронасоса об’ємного гідроприводу ходу коренезбиральної машини. Виготовляється деталь із сталі 40Х.

Базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 відповідає середньосерійному типу виробництва, а саме застосовуються токарні верстати з ЧПК та універсальне технологічне обладнання, на обладнанні застосовано пристрої з механізованим приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає масовому типу виробництва. Тому при розробленні проектного технологічного процесу необхідно внести такі зміни: для виготовлення заготовки використовувати точні методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних горизонтальних багатошпиндельних напівавтоматах замість токарних верстатів з ЧПК; свердління чотирьох отворів доцільно виконувати одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки замість послідовного оброблення на радіально-свердлильних верстатах; для оброблення конічних отворів доцільно застосовувати спеціальні комбіновані осьові інструменти.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Півмуфта” 14.612 є складовою частиною муфти, що передає крутний момент від колінчастого вала двигуна до вала гідронасоса об’ємного гідроприводу ходу коренезбиральної машини.

Муфта виготовляється із трьох частин для зручності експлуатації, зокрема для заміни пасів.

На півмуфті 14.612 є шліцева частина $90 \times 3,5 \times 24 S_{\text{зах}}$ $\varnothing 81,6_{-0,87}$, $\varnothing 82,9_{-0,87}$, $\varnothing 90_{-0,22}$, якою деталь з’єднується з шліцевою частиною шків. Також на півмуфті наявні канали $\varnothing 6H14$ мм і конічна різьба $K1/8$ для установки маслянки, через яку подається мастило для змащування шліцевого з’єднання. На фланці півмуфти розміщено чотири отвори $\varnothing 11H7$ мм Ra 1,6 для з’єднання з другою частиною муфти спеціальними болтами з точними виконанням циліндричної частини. На півмуфті є канавка діаметром $\varnothing 76$ мм та шириною 11 мм. В цю канавку встановлюються манжета, яка зовнішньою поверхнею входить у внутрішню поверхню шків. Для контролю осьового ходу півмуфти на шліцах у внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 52H14$ мм встановлюється гумова шайба.

Інші поверхні підлягають механічній обробці, визначають конфігурацію півмуфти, забезпечують її жорсткість, простоту монтажу та необхідні технічні вимоги.

Деталь “Півмуфта” 14.612 за даними із креслення виготовляється із сталі 40Х, до складу якої входять домішки хрому. Застосування такого матеріалу визначається необхідністю передачі значних динамічних крутних моментів. Особливостями такої сталі є підвищена порівняно із сталлю 45 границя текучості та міцності, значна контактна та втомна міцність, стійкість до ударних навантажень.

У таблицях 1.1 та 1.2 детальніше наведено інформацію про хімічний склад

та характеристики механічних випробувань сталі 40Х.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х, %

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				не більше			
0,36÷0,44	0,17÷0,37	0,5÷0,8	0,8÷1,1	0,035	0,035	0,3	0,3

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сталі 40Х

Термообробка				σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	A_n , Дж/см ³	Розмір перерізу заготовки для термообробки
Загартування		Відпуск							
Темпера-тура, °С	Середо-вище охоло-	Темпе-ратура, °С	Середо-вище охоло-дження	не менше					
860	масло	500	вода чи повітря	785	980	10	45	55	25

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

В процесі проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 вивчено технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі на основі даних креслення. Для цього кожній із поверхонь деталі присвоєно порядкові номери та записано основні показники якості поверхонь, що показано у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі “Півмуфта” 14.612

Номер поверхні	Назва поверхні, позначення	Квалітет	Шорсткість (мкм)
1	2	3	4
1	Торцева поверхня, $5 \pm \frac{IT14}{2}$	14	Rz 80

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
2	Отвір, Ø6H14(^{+0,3})	14	Rz 80
3	Конічний отвір, 60° ±1°, 8 ± $\frac{IT14}{2}$	14	Ra 2,5
4	Внутрішня циліндрична поверхня, Ø 52H14 (^{+0,74})	14	Rz 80
5	Торцева поверхня, 88h14(_{-0,87})	14	Rz 80
6, 32	Фаски, 2×45 °	14	Rz 80
7	Зовнішня циліндрична поверхня, Ø 90h11(_{-0,22})	11	Rz 20
8...31	Шліцові поверхні, 90×3,5×24S _{зах} Ø81,6 _{-0,87} , Ø82,9 _{-0,87} , Ø90 _{-0,22}	10	Rz 20
33	Торцева поверхня, 18h14(_{-0,43})	14	Rz 80
34	Радіусна поверхня, R2	14	Rz 80
35	Канавка, Ø76h11(_{-0,19})	11	Rz 20
36	Зовнішня циліндрична поверхня, Ø 80h14(_{-0,74})	14	Rz 80
37	Отвір, Ø6H14(^{+0,3})	14	Rz 80
38	Внутрішня різбова конічна поверхня K1/8	10	Rz 20
39	Канавка, Ø45h14(_{-0,16})	14	Rz 80
40,49	Фаски, 1×45 °	14	Rz 80
41, 47	Лиска, 72h14 (_{-0,74})	14	Rz 80
42...45	Отвори, Ø11H7(^{+0,018})	7	Ra 1,6
46	Зовнішня циліндрична, Ø92h14(_{-0,87})	14	Rz 80
48	Торцева поверхня 88h14(_{-0,87})	14	Rz 20

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналізуючи технологічність деталі “Півмуфта” 14.612, враховано те, що програма випуску складає 93000 шт. та відповідає масовому типу виробництва. При вивченні конструкції деталі розглянуто вимоги до точності, шорсткості поверхонь, характеристик евольвентних шліців з модулем 3,5 мм та кількістю зубів 24, торцевого биття відносно центральної осі та інші технічні вимоги.

Матеріал деталі сталь 40Х. Особливостями такої сталі є підвищена порівняно із сталлю 45 границя текучості та міцності, значна контактна та втомна міцність, стійкість до ударних навантажень. Матеріал добре піддається різанню. Тому півмуфта забезпечує надійну передачу динамічних крутних моментів від двигуна до гідроприводу.

Застосування матеріалу сталь 40Х дає можливість застосовувати для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

У конструкції півмуфти є поверхні для базування та закріплення заготовки при застосуванні різних методів механічного оброблення, зокрема нарізання евольвентних шліців. Жорсткість деталі достатня для прикладання зусиль затиску пристроями із механічним приводом. Для забезпечення точності оброблення евольвентних шліців, торцевого биття відносно центральної осі та паралельності двох лисок на першій операції доцільно проводити оброблення зовнішньої циліндричної поверхні 36, торцевої поверхні 48, що будуть основними базами на наступних операціях.

Для оброблення отворів, торців та зубів можливе використання стандартних інструментів, зокрема фрези черв'ячної для шліців з евольвентним профілем, свердл, різців, торцевих фрез, розверток, комбінованих спеціальних осьових інструментів, а також як обладнання можна використовувати токарні багатошпиндельні напівавтомати та багатошпиндельні свердлильні головки.

Враховуючи вище вказане, за якісними показниками деталь “Півмуфта”

14.612 є технологічною.

Також проведено розрахунок технологічності деталі “Півмуфта” 14.612 за трьома відомими кількісними показниками: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, відповідно до відомих методик та даних із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (1.1)$$

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 18 + 11 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 7 \cdot 4}{26} = 12,38;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,38} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Півмуфта” 14.612 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (1.2)$$

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 16 + 5 \cdot 4 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 5}{26} = 4,96,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,96} = 0,2.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,2 > 0,16$ деталь “Півмуфта” 14.612 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{22}{26} = 0,85.$$

При $K_{\text{у.е.}} = 0,85 > 0,6$ деталь “Півмуфта” 14.612 є технологічною.

Враховуючи проведені розрахунки та критерії, за кількісними показниками деталь “Півмуфта” 14.612 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

У таблиці 1.4. представлено перелік технологічного устаткування та операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 у послідовності їх виконання.

Таблиця 1.4 – Перелік технологічного устаткування та операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612

Номер і назва операції	Обладнання	Пристосування
1	2	3
005 Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3	Патрон 3-х кулачковий самоцентрівний з електрозатиском 7102-0072
010 Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3	Патрон 3-х кулачковий самоцентрівний з електрозатиском 7102-0072
015 Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3	Патрон 3-х кулачковий самоцентрівний з електрозатиском 7102-0072
020 Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний верстат 2Н55	Кондуктор спеціальний із базуванням деталі на площину і упором в призму з пневмозатиском.
025 Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний верстат 2Н55	Кондуктор спеціальний із базуванням деталі на площину і упором в призму з пневмозатиском.
035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Кондуктор спеціальний із базуванням деталі на площину і упором в призму і лиску (площину) з пневмозатиском.
040 Радіально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н55	Кондуктор спеціальний із базуванням деталі на площину, в призму і упором в лиску (площину) з пневмозатиском.
045 Шліцефрезерна	Шліцефрезерний верстат 5350	Центр упорний 7032-0035 Морзе 4 Центр обертовий А-1-5 (п'ять)-Н
050 Контроль	Стіл контролера	Універсальні вимірювальні інструменти

Базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 відповідає середньосерійному типу виробництва, а саме застосовуються токарні верстати з ЧПК та універсальне технологічне обладнання, на обладнанні застосовано пристрої з механізованим приводом механізмів затиску. Для послідовного оброблення однакових отворів використовуються радіально-свердлильні верстати. Для досягнення точності та шорсткості поверхонь деталі використовуються стандартні універсальні ріжучі (різці, свердла, розвертки, фрези) та вимірювальні інструменти.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У розділі вивчено технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі “Півмуфта” 14.612 на основі даних креслення як складової частини муфти, що передає крутний момент від колінчастого вала двигуна до вала гідронасоса об’ємного гідроприводу ходу коренезбиральної машини. Також розглянуто можливості і методи досягнення вказаних параметрів при розробленні проектного технологічного процесу механічного оброблення деталі із вибором способу виготовлення заготовки.

За якісними та кількісними показниками деталь “Півмуфта” 14.612 є технологічною.

Матеріал деталі сталь 40Х. Особливостями такої сталі є підвищена порівняно із сталлю 45 границя текучості та міцності, значна контактна та втомна міцність, стійкість до ударних навантажень. Матеріал добре піддається різанню. Тому півмуфта забезпечує надійну передачу динамічних крутних моментів від двигуна до гідроприводу.

Застосування матеріалу сталь 40Х дає можливість застосувати для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Для забезпечення точності оброблення евольвентних шліців, торцевого биття відносно центральної осі та паралельності двох лисок на першій операції

доцільно проводити оброблення зовнішньої циліндричної поверхні 36, торцевої поверхні 48, що будуть основними базами на наступних операціях.

Для оброблення отворів, торців та зубів можливе використання стандартних інструментів, зокрема фрези черв'ячної для шліців з евольвентним профілем, свердл, різців, торцевих фрез, розверток, комбінованих спеціальних осьових інструментів, а також як обладнання можна використовувати токарні багатошпиндельні напівавтомати та багатошпиндельні свердлильні головки.

Базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 відповідає середньосерійному типу виробництва, а саме застосовуються токарні верстати з ЧПК та універсальне технологічне обладнання, на обладнанні застосовано пристрої з механізованим приводом механізмів затиску. Річна програма випуску 93000 шт, що вказана у завданні, відповідає масовому типу виробництва. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни:

- для виготовлення заготовки використовувати точні методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі;

- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних горизонтальних багатошпиндельних напівавтоматах замість токарних верстатів з ЧПК;

- свердління чотирьох отворів доцільно виконувати одночасно на вертикально-свердлильному верстаті із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки замість послідовного оброблення на радіально-свердлильних верстатах;

- для оброблення конічних отворів доцільно застосовувати спеціальні комбіновані осьові інструменти;

- доцільно застосовувати технологічне оснащення з механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 для програми випуску $N = 93000$ шт. і маси деталі 3,15 кг, визначений табличним методом, є масовий.

Для проектування нового технологічного процесу проведено точний розрахунок типу виробництва аналітичним методом, використовуючи дані штучного часу на кожну із операцій базового технологічного процесу із визначенням коефіцієнта закріплення операцій, величина якого відповідає певному типу виробництва.

У таблиці 2.1. представлено перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612.

Таблиця 2.1 – Перелік операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612

Операція	$T_{шт}, \text{хв.}$
005 Токарна з ЧПК	7,5
010 Токарна з ЧПК	10,47
015 Токарна з ЧПК	4,08
020 Радіально-свердлильна	0,69
025 Радіально-свердлильна	1,69
030 Горизонтально-фрезерна	2,08
035 Вертикально-свердлильна	1,81
040 Радіально-свердлильна	0,63
045 Шліцефрезерна	15,3

Кількість верстатів, що використовуються для кожної операції при заданій програмі випуску $N [1]$:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.1)$$

де F_d – час на роботу обладнання, $F_d = 3979$ год;

$$\eta_{зн.} = 0,75.$$

$$m_{p005} = \frac{93000 \times 7,5}{60 \times 3979 \times 0,75} = 3,9. \quad P_{005} = 6 \text{ верстатів};$$

$$m_{p010} = \frac{93000 \times 10,47}{60 \times 3979 \times 0,75} = 5,4. \quad P_{010} = 8 \text{ верстатів};$$

$$m_{p015} = \frac{93000 \times 4,08}{60 \times 3979 \times 0,75} = 2,2. \quad P_{015} = 3 \text{ верстати};$$

$$m_{p020} = \frac{93000 \times 0,69}{60 \times 3979 \times 0,75} = 0,36. \quad P_{020} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p025} = \frac{93000 \times 0,69}{60 \times 3979 \times 0,75} = 0,88. \quad P_{025} = 2 \text{ верстати};$$

$$m_{p030} = \frac{93000 \times 2,08}{60 \times 3979 \times 0,75} = 1,08. \quad P_{030} = 2 \text{ верстати}.$$

$$m_{p035} = \frac{93000 \times 1,81}{60 \times 3979 \times 0,75} = 0,94. \quad P_{035} = 2 \text{ верстати}.$$

$$m_{p040} = \frac{93000 \times 0,63}{60 \times 3979 \times 0,75} = 0,33. \quad P_{040} = 1 \text{ верстат}.$$

$$m_{p045} = \frac{93000 \times 15,3}{60 \times 3979 \times 0,75} = 7,95. \quad P_{045} = 11 \text{ верстатів}.$$

Кількість робочих місць складе: $P = 6+8+3+1+2+2+2+1+11=36$.

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.2)$$

$$\eta_{з.ф005} = \frac{3,9}{6} = 0,65;$$

$$\eta_{3.\Phi 010} = \frac{5,44}{8} = 0,68;$$

$$\eta_{3.\Phi 015} = \frac{2,12}{3} = 0,71;$$

$$\eta_{3.\Phi 020} = \frac{0,36}{1} = 0,36;$$

$$\eta_{3.\Phi 025} = \frac{0,88}{2} = 0,44;$$

$$\eta_{3.\Phi 030} = \frac{1,08}{2} = 0,54;$$

$$\eta_{3.\Phi 035} = \frac{0,94}{2} = 0,47;$$

$$\eta_{3.\Phi 040} = \frac{0,33}{1} = 0,33;$$

$$\eta_{3.\Phi 045} = \frac{7,95}{11} = 0,73.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці [1]:

$$O = \frac{\eta_{3.н.}}{\eta_{3.ф.}}, \quad (2.3)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,65} = 1,15; O_{005} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,68} = 1,1; O_{010} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,71} = 1,06; O_{015} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,36} = 2,08; O_{020} = 3 \text{ операції};$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,44} = 1,7; O_{025} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,54} = 1,39; O_{030} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,47} = 1,6; O_{035} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,33} = 2,27; O_{040} = 3 \text{ операції};$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,73} = 1,03; O_{045} = 2 \text{ операції}.$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{2+2+2+3+2+2+2+3+2}{36} = \frac{20}{36} = 0,56.$$

Для $K_{з.о.} = 0,56$ тип виробництва – масовий.

Визначаємо такт випуску деталей [1]:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2.4)$$

$$t_b = \frac{60 \cdot 3979}{93000} = 2,567 \text{ хв.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Півмұфта” 14.612 сталь 40X має високі показники границі текучості, добре піддається різанню та пластичному деформуванню. Застосування матеріалу сталь 40X дає можливість застосовувати для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Порівняння двох методів виготовлення заготовок здійснено за коефіцієнтом використання матеріалу. Розглянуто такі способи виготовлення заготовки:

- 1) Прокат – круг $\frac{B-100}{40X}$ – прокат круглий гарячекатаний, діаметром 100

мм, звичайної точності В. Довжина прутка 3 м. Розрізання прокату на окремі заготовки виконується на круглопилному верстаті;

2) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Клас точності штамповки на кривошипному гарячештампувальному пресі – Т4; група сталі – М2.

Ступінь складності заготовки дорівнює відношенню маси штамповки $m_{\text{ш}}$ до маси $m_{\text{ф}}$ геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$C = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\text{ф}}}, \quad (2.5)$$

Приблизна маса штамповки:

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{д}} \cdot k_p, \quad (2.6)$$

де k_p – коефіцієнт для приблизного визначення маси штамповки, $k_p = 1,5$ [7];

$m_{\text{д}} = 3,15$ кг – маса деталі.

Отже, $m_{\text{ш}} = m_{\text{д}} \cdot k_p = 3,15 \cdot 1,5 = 4,73$ кг.

Маса $m_{\text{ф}}$ геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$m_{\text{ф}} = V_3 \cdot \rho, \quad (2.7)$$

де ρ – густина матеріалу, $\rho = 7,85$ г/см³.

Об'єм геометричної фігури

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (2.8)$$

$$V_{\text{ф}} = \frac{3,14 \times 92^2 \times 88}{4} = 584693 \text{ мм}^3 = 584,69 \text{ см}^3$$

$$m_{\text{ф}} = 584,69 \cdot 1,05 \cdot 7,85 = 4\,819,3 \text{ г} = 4,82 \text{ кг}.$$

Тоді група складності штамповки: $C = \frac{4,73}{4,82} = 0,98$.

Заготовка штамповка відноситься до ступеня складності С1.

Вихідний індекс заготовки для Т4, М2, С1 та $m_d = 3,15$ кг – 11.

Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Півмуфта” 14.612 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Півмуфта” 14.612

Оброблювана поверхня, її розмір, точ- ність	Параметр шорсткості, мкм	Допуск, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) круглий прокат $\frac{B-100}{40X}$				
Ø92h14	Rz80	2,3	4×2	Ø 100 $^{+0,6}_{-1,7}$
88h14	Rz20	1,4	4× 2	96 ±0,7
2) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі				
Ø92h14	Rz80	2,0	1,3 ×2	Ø 94,6 $^{+1,3}_{-0,7}$
Ø90h11	Rz20	2,0	1,6 ×2	Ø 93,2 $^{+1,3}_{-0,7}$
88h14	Rz80	2,0	1,3	90,9 $^{+1,3}_{-0,7}$
18h14	Rz80	1,6	1,2	19,2 $^{+1,1}_{-0,5}$
10h14	Rz80	1,6	1,2	11,2 $^{+1,1}_{-0,5}$
Ø80 h14	Rz80	2,0	1,3×2	Ø 82,6 $^{+1,3}_{-0,7}$
Ø45h14	Rz80	2,0	1,3×2	Ø 47,6 $^{+1,3}_{-0,7}$
Ø52 h14	Rz80	2,0	1,3×2	Ø 49,4 $^{+1,3}_{-0,7}$
$5 \pm \frac{IT14}{2}$	Rz80	1,6	1,2	3,8 $^{+1,1}_{-0,5}$

На основі креслення деталі виконуємо проектування заготовок при формуванні двома вказаними методами. Креслення виготовлення заготовки штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі представлено на

рис. 2.1.

Маса заготовки з прокату:

$$Q_1 = V_3 \cdot \rho, \quad (2.9)$$

де V_3 – об'єми заготовки.

Об'єми заготовки (2.8):

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 100^2 \cdot 96}{4} = 753\,600 \text{ мм}^3 = 753,6 \text{ см}^3;$$

$$Q_1 = 753,6 \cdot 7,85 = 5\,915,76 \text{ г} \approx 5,92 \text{ кг}.$$

Розраховуємо масу заготовки для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$V_{\text{заг.}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 - V_6 - V_7; \quad (2.10)$$

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,0466^2 \cdot 0,0205 = 0,1398 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 0,0413^2 \cdot 0,0308 = 0,165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$V_3 = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + Rr + r^2); \quad (2.11)$$

$$V_3 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,0176 (0,0413^2 + 0,0413 \cdot 0,0238 + 0,0238^2) = 0,06 \text{ м}^3;$$

$$V_4 = 3,14 \cdot 0,0238^2 \cdot 0,0092 = 0,0164 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$V_5 = 3,14 \cdot 0,0473^2 \cdot 0,0128 = 0,0899 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$V_6 = 3,14 \cdot 0,0247^2 \cdot 0,0051 = 0,0098 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$V_7 = 3,14 \cdot 0,020^2 \cdot 0,0036 = 0,0045 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$\begin{aligned} V_{\text{заг.}} &= (0,1398 + 0,165 + 0,06 + 0,0164 + 0,0899 - 0,0098 - 0,0045) \cdot 10^{-3} = \\ &= 0,4568 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \end{aligned}$$

$$Q_2 = 0,4568 \cdot 10^{-3} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = 3,58 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_B = \frac{q}{Q}, \quad (2.12)$$

– для круглого прокату:

$$K_{B1} = \frac{3,15}{5,92} = 0,53;$$

– для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$K_{B2} = \frac{3,15}{3,58} = 0,88.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі є вищим ніж для круглого прокату, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 вибираємо штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

2.3. Вибір технологічних баз

Для механічного оброблення поверхонь деталі “Півмуфта” 14.612 використовуються чорнові та чистові бази. Для забезпечення точності оброблення евольвентних шліців, торцевого биття відносно центральної осі та паралельності двох лисок на першій операції доцільно проводити оброблення зовнішньої циліндричної поверхні 36, торцевої поверхні 48, що будуть основними базами на наступних операціях.

На першій операції як базові поверхні використовується зовнішня циліндрична поверхня 7 та торець 5.

На другій операції як базові поверхні використовується оброблена торцева поверхня 48 і зовнішня циліндрична поверхня 36.

На третій операції як базові поверхні використовується оброблена торцева

поверхня 5 і внутрішня циліндрична поверхня 2.

На четвертій, п'ятій, шостій операціях як базові поверхні використовується оброблена торцева поверхня 39 і дві плоскі поверхні 41, 47.

На сьомій і восьмій операціях як базові поверхні використовується оброблена торцева поверхня 5 і дві плоскі поверхні 41, 47.

На дев'ятій операції як базові поверхні використовується оброблена торцева поверхня 48 і зовнішня циліндрична поверхня 36.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Для розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі “Півмуфта” 14.612 запропоновано два варіанти оброблення поверхонь деталі. На основі вказаних варіантів розроблено операційну технологію, що дозволяє забезпечити задані параметри поверхонь із мінімальними переходами та використанням токарних багатошпиндельних напівавтоматів та багатошпиндельних свердлильних головок.

Варіанти оброблення поверхонь деталі “Півмуфта” 14.612 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрути оброблення деталі “Півмуфта” 14.612

№ поверхні	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Плоска $5 \pm \frac{IT14}{2}$	14	Rz80	Обточування при поперечній подачі чорнове	
2, 37	Циліндрична внутрішня Ø6h14	14	Rz80	Свердління	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
3	Конічна внутрішня $8 \pm \frac{IT14}{2}$, $60^\circ \pm 1^\circ$	14	Ra2,5	Свердління	
4	Циліндрична внутрішня Ø52H14	14	Rz80	Розточування при поздовжній подачі чорнове	Розточування при поперечній подачі чорнове
5	Плоска Ø88h14	14	Rz80	Обточування при поперечній подачі чорнове	
6, 32	Зовнішня конічна $2 \times 45^\circ$	14	Rz80	Обточування при поперечній подачі чорнове	
7	Циліндрична зовнішня Ø90h11	14	Rz20	Обточування при поздовжній подачі чорнове. Обточування при поздовжній подачі напівчистове	
8...31	Евольвентна шліцева зовнішня $\text{Ø}97,348_{-0,22}^{-0,1}$	10	Rz20	Фрезерування модульною черв'ячною фрезою	Довбання чорнове Довбання чистове
33	Плоска 18h14	14	Rz80	Обточування при поздовжній подачі чорнове	Обточування при поперечній подачі чорнове
34	Фасонна зовнішня R2	14	Rz80	Обточування при поздовжній подачі чорнове	Обточування при поперечній подачі чорнове
35	Циліндрична зовнішня Ø76h11	11	Rz20	Обточування при поперечній подачі чорнове	
36	Циліндрична зовнішня	14	Rz80	Обточування при поздовжній подачі чорнове	

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
38	Конічна різьбова внутрішня K1/8 ГОСТ6111- 52	10	Rz20	Свердління. Нарізання різьби мітчиком.	Свердління. Зенкерування. Нарізання різьби мітчиком.
39	Зовнішня циліндрична і конічна Ø45h14 50°×1°, R1, R6	14	Rz80	Обточування при поперечній подачі чорнове	
40, 49	Конічна зовнішня 1×45°	14	Rz80	Обточування при поперечній подачі чорнове	
41, 47	Плоска 72h14	14	Rz80	Фрезерування торцевою фрезою чорнове	
42..45	Циліндрична внутрішня Ø11H7	7	Ra1,6	Свердління Розвертання чорнове Розвертання чистове	
46	Циліндрична зовнішня Ø92h14	14	Rz80	Обточування при поздовжній подачі чорнове	
48	Плоска 88h14	14	Rz20	Обточування при поперечній подачі чорнове	

Із альтернатив табл. 2.4 оброблення деталі сформовано проектний технологічний процес, що відповідає масовому типу виробництва. Токарна обробка поверхонь виконується на токарних горизонтальних багатошпиндельних напівавтоматах замість токарних верстатів з ЧПК. Свердління і розвертування чотирьох отворів виконується одночасно на вертикально-свердильних верстатах із застосуванням багатошпиндельних свердильних головок замість послідовного оброблення на радіально-свердильних верстатах. Для оброблення конічних отворів застосовуються

спеціальні комбіновані осьові інструменти. Також застосовується технологічне оснащення з механізованим приводом затиску.

005 Токарна напівавтоматна

2. Підрізати торець 48 із нижнього поперечного супорту, витримуючи розмір $89,3_{-0,87}$, точити зовнішню поверхню 46 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри $\varnothing 92_{-0,87}$ і $11,2_{-0,43}$, одночасно.

3. Точити зовнішню поверхню 36 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри R2, $\varnothing 80_{-0,74}$ і $32 \pm 0,31$, точити канавку 39 із верхнього поперечного супорту, витримуючи розміри $\varnothing 45_{-0,62}$, $50^\circ \pm 1^\circ$, R2, R6 і $10_{-0,36}$, одночасно.

4. Точити фаски 40 і 49 із верхнього поперечного супорту, витримуючи розміри $1 \times 45^\circ$.

010 Токарна напівавтоматна

2. Точити торець 5 і канавку 35 із нижнього поперечного супорту, витримуючи розміри $88_{-0,87}$, $10 \pm 0,18$, $\varnothing 76_{-0,19}$, $11^{+0,43}$, $R0,5_{\max}$, точити зовнішню поверхню 7 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри $\varnothing 90,5_{-0,87}$ і $18_{-0,43}$, одночасно.

3. Точити зовнішню поверхню 7 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри $\varnothing 90_{-0,22}$ і $18_{-0,43}$, точити поверхні 6 і 32 із верхнього поперечного супорту, витримуючи розміри $2 \times 45^\circ$, одночасно.

4. Свердлити отвори 2 і 3 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,3}$, $42 \pm 0,31$, $60^\circ \pm 1^\circ$, $8 \pm 0,18$.

5. Точити внутрішню поверхню 4 і торець 1 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри $\varnothing 52^{+0,74}$, $5 \pm 0,15$, R1.

015. Горизонтально-фрезерна

2. Фрезерувати лиски 41 і 47, витримуючи розмір $\varnothing 72_{-0,74}$.

020 Вертикально-свердлильна

2. Свердлити одночасно отвори 42, 43, 44, 45, витримуючи розміри $\varnothing 10,5^{+0,18}$, $\varnothing 70 \pm 0,035$.

025 Вертикально-свердлильна

2. Розвертати одночасно отвори 42, 43, 44, 45, витримуючи розмір $\varnothing 10,9^{+0,11}$.

030 Вертикально-свердлильна

2. Розвертати одночасно отвори 42, 43, 44, 45, витримуючи розмір $\varnothing 11^{+0,018}$.

035 Вертикально-свердлильна

2. Свердлити отвори 37 і 38, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,3}$, $8,3^{+0,2}$, $15 \pm 0,22$.

040 Вертикально-свердлильна

2. Нарізати різьбу конічну дюймову в отворі 38, витримуючи розмір K1/8.

045 Шліцефрезерна

2. Фрезерувати евольвентні шліци 8...31, витримуючи розміри $90 \times 3,5 \times 24 S_{\text{зах}}$
 $\varnothing 81,6_{-0,87}$, $\varnothing 82,9_{-0,87}$, $\varnothing 90_{-0,22}$ $z=24$; $m=3,5$.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків на механічне оброблення деталі “Півмуфта” 14.612 у розробленому технологічному процесі проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи де враховано якість поверхні, що потрібно одержати. Результати розрахунків представлено у таблиці 2.5.

Графічна схема розташування припусків та допусків для обробки поверхні $\varnothing 11H7$ зображена на рис. 2.2.

Таблиця 2.5 – Припуски оброблення деталі “Півмуфта” 14.612

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Розмір торця $5 \pm IT14/2$					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,3	1,2	$5 \pm 0,15$
Заготовка	4кл.	Rz160	1,6	1,2	$3,8^{+1,1}_{-0,5}$
Кругла внутрішня поверхня $\varnothing 52H14$					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,74	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 52^{+0,74}$

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Заготовки	4кл.	Rz160	2,0	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 49,4^{+1,3}_{-0,7}$
Розмір торців 88h14					
Чорнове точіння другого торця	14	Rz80	0,87	1,3	$88_{-0,87}$
Чорнове точіння першого торця	14	Rz20	1,87	1,6	$89,3_{-0,87}$
Заготовка	4кл.	Rz160	2,0	2,9	$90,9^{+1,3}_{-0,7}$
Кругла зовнішня поверхня $\varnothing 90h11$					
Точіння напівчистове	11	Rz20	0,22	$0,25 \times 2 = 0,5$	$\varnothing 90_{-0,22}$
Точіння чорнове	14	Rz80	0,87	$1,35 \times 2 = 2,7$	$\varnothing 90,5_{-0,87}$
Заготовка	4кл.	Rz160	2,0	$1,6 \times 2 = 3,2$	$\varnothing 93,2^{+1,3}_{-0,7}$
Розмір торця 18h14					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,43	1,2	$18_{-0,43}$
Заготовка	4кл.	Rz160	1,6	1,2	$19,2^{+1,1}_{-0,5}$
Кругла зовнішня поверхня $\varnothing 80h14$					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,74	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 80_{-0,74}$
Заготовка	4кл.	Rz160	2,0	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 82,6^{+1,3}_{-0,7}$
Кругла зовнішня поверхня $\varnothing 45h14$					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,62	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 45_{-0,62}$
Заготовка	4кл.	Rz160	2,0	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 47,6^{+1,3}_{-0,7}$
Розмір торця 10h14					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,36	1,2	$10_{-0,36}$
Заготовка	4кл.	Rz160	1,6	1,2	$11,2^{+1,1}_{-0,5}$

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Кругла зовнішня поверхня Ø92h14					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,87	1,3×2=2,6	Ø92 _{-0,87}
Заготовка	4кл.	Rz160	2,0	1,3× 2=2,6	Ø94,6 _{-0,7} ^{+1,3}

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання оброблення деталі “Півмуфта” 14.612 проведено для переходів 005 токарної напівавтоматної операції.

Перехід 3. Точити зовнішню поверхню 36 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри Ø45_{-0,62}, 50°±1°, R2, R6 і 10_{-0,36}, одночасно.

Інструменти:

- 1) Різець спеціальний державочний, 16×16, φ=90°, R2, T15K6.
- 2) Різець канавочний фасонний T15K6.

Для першого інструменту:

- 1) Глибина різання :

$$t = \frac{D - d}{2}; \quad (2.13)$$

$$D = 82,6\text{мм}; d = 80\text{мм}$$

$$t = \frac{82,6 - 80}{2} = 1,3\text{мм}$$

- 2) Подача $S = 0,8 \text{ мм/об}$ [14].

- 1) Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.14)$$

де $C_V = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$ [14];

$T = 60 \text{ хв.}$ [14].

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{HV} \times K_{Тн} \times K_{\varphi} \times K_r. \quad [14] \quad (2.15)$$

Поправочний коефіцієнт K_{MV} [14]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\delta_B} \right)^{n_V}; \quad (2.16)$$

$K_r = 1,1$; $n_V = 1$ [14].

$$K_{MV} = 1,1 \times \left(\frac{750}{1000} \right)^1 = 0,83.$$

$K_{ПВ} = 0,8$; $K_{нV} = 1,0$; $K_{TV} = 1,3$; $K_{\varphi} = 0,7$; $K_r = 1,0$ [14];

$$K_V = 0,83 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,3 \times 0,7 \times 1,0 = 0,6;$$

$$V = \frac{340}{60^{0,20} \times 1,3^{0,15} \times 0,8^{0,45}} \times 0,6 = 96 \text{ м/хв.}$$

2) Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.17)$$

$$n = \frac{1000 \times 96}{3,14 \times 80} = 383,2 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспорту верстату приймаємо $n = 315 \text{ об/хв.}$

3). Сила різання [14]:

$$P_Z = 10 C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \quad (2.18)$$

де $C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ [14].

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_r, \quad (2.19)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\delta^B}{750} \right)^n; \quad (2.20)$$

$$n = 0,75;$$

$$K_{MP} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24;$$

$$K_{\varphi p} = 0,89, \quad K_{\gamma p} = 1,1, \quad K_{\lambda p} = 1,0, \quad K_r = 1,0$$

$$K_p = 1,24 \times 0,89 \times 1,1 \times 1 \times 1 = 1,21;$$

$$P_Z = 10 \times 300 \times 1,3^{1,0} \times 0,8^{0,75} \times 96^{-0,15} \times 1,21 = 2005,6 \text{ Н.}$$

4) Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad (2.21)$$

$$N_p = \frac{2005,6 \cdot 96}{1020 \cdot 60} = 3,15 \text{ кВт.}$$

5) Довжина робочого ходу

$$L_{\text{позд.}} = \Delta + l + y, \quad (2.22)$$

де Δ - довжина врізання, $\Delta = 2 \text{ мм}$;

l – довжина різання, $l = 34 \text{ мм}$;

y – довжина перебігу, $y = 0$

$$L_{\text{позд.}} = 2 + 34 + 0 = 36 \text{ мм.}$$

Для другого інструменту:

1) Глибина різання:

$$t = \frac{D - d}{2};$$

$$t = \frac{47,6 - 45}{2} = 1,3 \text{ мм.}$$

2) Довжина робочого ходу:

$$L_{\text{поп.}} = \Delta + l + y;$$

де $\Delta = 2,2 \text{ мм,}$

$$l = \frac{94,6 - 45}{2} = 24,8 \text{ мм}$$

$$y = 0.$$

$$L_{\text{поп.}} = 2,2 + 24,8 + 0 = 27 \text{ мм.}$$

3) Подача:

$$\frac{L_{\text{позд.}}}{S_{\text{позд.}}} = \frac{L_{\text{поп.}}}{S_{\text{поп.}}}; \quad (2.23)$$

$$S_{\text{поп.}} = \frac{L_{\text{поп.}} \cdot S_{\text{позд.}}}{L_{\text{позд.}}}; \quad (2.24)$$

$$S_{\text{поп.}} = \frac{27 \cdot 0,8}{36} = 0,6 \text{ мм/об.}$$

4) Швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000};$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 315}{1000} = 44,5 \text{ м/хв.}$$

5) Сила різання (2.18):

$$C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15 \quad [14].$$

$$K_{\text{мр}} = 1,24; K_{\text{фр}} = 1,05; K_{\text{γр}} = 1,0; K_{\text{λр}} = 1,0; K_r = 1,1 \quad [14].$$

$$K_p = 1,24 \times 1,05 \times 1 \times 1 \times 1,1 = 1,43.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 1,3^{1,0} \times 0,6^{0,75} \times 44,5^{-0,15} \times 1,43 = 2161,6 \text{ Н.}$$

5) Потужність різання (2.21):

$$N_p = \frac{2161,6 \cdot 44,5}{1020 \cdot 60} = 1,57 \text{ кВт.}$$

6) Загальна потужність різання:

$$N_{\text{заг.}} = N_1 + N_2; \quad (2.25)$$

$$N_{\text{заг.}} = 3,15 + 1,57 = 4,72 \text{ кВт.}$$

7) Порівнюємо одержану потужність різання із потужністю приводу токарного напівавтомата із умови виконання нерівності:

$$N_{\text{заг.}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (2.26)$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність верстата;

8). Потужність верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.27)$$

де $N_{\text{д}} = 13$ кВт для токарного напівавтомата;

$\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп.}} = 13 \times 0,8 = 10,4 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо умову (2.26):

$$N_{\text{шп.}} = 10,4 > N_{\text{різ}} = 4,72.$$

Потужність верстата достатня для виконання операції токарної обробки деталі. Відповідно, режими різання назначені правильно, обробка можлива.

Визначаємо основний час обробки першим інструментом:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n}; \quad (2.28)$$

$$T_o = \frac{36}{0,8 \cdot 315} = 0,14 \text{ хв.}$$

Розрахунок основного часу для другого інструменту не проводимо, оскільки цей час буде рівним основному часу роботи першого інструменту і перекривається ним.

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних

операцій виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612 і зведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612

Номер, назва операції, переходу, позиції	t, мм	L, мм	i	T_m , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S_m , мм/хв	T_o , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна Перехід 2. 1) Підрізати торець 48 із нижнього поперечного супорту, витримуючи розмір 89,3 _{-0,87}	1,6	31,3	1	60	0,7	315	91	-	0,14	3,42
2) Точити зовнішню поверхню 46 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри Ø92 _{-0,87} і 11,02 _{-0,043}	1,3	15,2	1	60	0,34	315	91	-	0,14	1,75
Перехід 3. 1) Точити зовнішню поверхню 36 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри Ø80 _{-0,74} , 32°±0,31° і R2	1,3	36	1	60	0,8	315	96	-	0,14	3,15
2) Точити канавку 39 із верхнього поперечного супорту, витримуючи розміри Ø45 _{-0,62} , 50°±1°, R2, R6	1,3	27	1	60	0,6	315	44,5	-	0,14	1,57

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 4. Точити фаски 40 і 49 із верхнього поперечного супорту, витримуючи розміри 1×45°	3	43	1	25	0,07	1140	21,5	-	0,54	0,21
010. Токарна Перехід 2. 1) Точити торець 5 і канавку 35 із нижнього поперечного супорту, витримуючи розміри 88 _{-0,87} , 10±0,18, Ø76 _{-0,19} , R0,5	1,3 11	26 4	1 1	60 60	0,15 0,15	1140 1140	333,6 286,4	- -	0,54 0,54	0,59 5,05
2) Точити зовнішню поверхню 7 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри Ø90,5 _{-0,87} , і 18 _{-0,45}	1,35	22	1	60	1,5	1140	324	-	0,54	3,18
Перехід 3. 1) Точити поверхню 7 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри Ø90 _{-0,22} , і 18 _{-0,43}	0,25	22	1	60	0,15	1140	322,2	-	0,54	0,59
2) Точити поверхні 6 і 32 із верхнього поперечного супорту, витримуючи розміри 2×45°	2	4	1	60	0,15	1140	322,2	-	0,54	5,05

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 4. Свердлити отвори 2 і 3 із поздовжнього супорту, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,3}$, $42 \pm 0,31$, $60^\circ \pm 1^\circ$, $8 \pm 0,18$	3	43	1	25	0,07	1140	21,5	-	0,54	0,21
Прехід 5. Точити внутрішню поверхню 4 і торець 1 із поздовжнього супорту витримуючи розміри $\varnothing 52^{+0,74}$, $5 \pm 0,15$	1,3	27	1	60	0,15	1140	186,1	-	0,54	1,82
015.Горизонтально-фрезерна. Перехід2. Фрезерувати лиски 41 і 47, витримуючи розмір $\varnothing 72_{-0,74}$	10	60	1	200	0,6	315	187,2	-	0,32	2,48
020. Вертикально-свердлильна Перехід 2. Свердлити отвори 42, 43, 44, 45, втримуючи розміри $\varnothing 10,5^{+0,11}$, $\varnothing 70 \pm 0,035$	5,25	19	1	65	0,18	500	16	-	0,21	1,16
025. Вертикально-свердлильна. Перехід 2 Розвернути отвори 42, 43, 44, 45, витримуючи розмір $\varnothing 10,5^{+0,43}$	0,2	19	1	65	0,52	355	12	-	0,1	0,78

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
030. Вертикально-свердлильна Перехід 2 Розвернути отвори 42, 43, 44, 45, витримуючи розмір Ø11 ^{+0,018}	0,05	19	1	65	0,37	180	7	-	0,29	0,64
035. Вертикально-свердлильна Перехід 2. Свердлити отвори 37 і 38, витримуючи розміри Ø6 ^{+0,3} , 8,3 ^{+0,2} , 15±0,22	3	56	1	25	0,12	500	13,7	-	1,12	0,51
040. Вертикально-свердлильна Перехід 2. Нарізати різьбу конічну дюймову в отворі 38, витримуючи розмір K1/8		36	1	25	0,907	180	8,8	-	0,22	0,23
045.Шліцефрезерна Перехід 2. Фрезерувати шліци 8 ...31, витримуючи розміри 90×3,5×24S _{зах} Ø81,6 ^{-0,87} , Ø82,9 ^{-0,87} , Ø90 ^{-0,22}	4,2	45	24	160	1	80	20	-	13,5	0,12

Штучний час роботи верстата [1]:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{д.}} + T_{\text{тех.обсл.}} + T_{\text{орг.обсл.}} + T_{\text{відп.}} \quad (2.29)$$

Розрахунково-аналітичним методом визначаємо штучний час на операції 005 і 010 Токарні автоматні.

Операція 005. Токарна автоматна.

$$T_o = 0,14 + 0,14 + 0,14 = 0,42 \text{ хв.}$$

Для кожного переходу визначаємо необхідний комплекс прийомів допоміжної роботи і допоміжний час за нормативами. Сюди входять:

- 1) Допоміжний час на встановлення і зняття деталі:

$$T_{в.з.}=0,12\text{хв. [1].}$$

- 2) Час на управління верстатом:

$$T_y = 0,01+0,015\cdot4+0,025\cdot6=0,22\text{хв. [1].}$$

- 3) Час на вимірювання деталі:

$$T_{в.}=0,09+0,09+0,07+0,04\cdot2=0,33\text{хв. [1].}$$

Допоміжний час

$$T_d=0,12+0,22+0,33=0,67\text{хв.}$$

- 4) Час на технічне обслуговування:

$$T_{\text{тех.обсл.}}=0,02\cdot0,42=0,0084\text{ хв. [1].}$$

- 5) Час на організаційне обслуговування:

$$T_{\text{орг.обсл.}}=0,024\cdot T_{\text{оп.}}=0,024\cdot1,09=0,0262\text{хв. [1].}$$

- 6) Час на відпочинок:

$$T_{\text{відп.}}=0,07\cdot T_{\text{оп.}}=0,07\cdot1,09=0,0763\text{ хв. [1].}$$

Визначаємо штучний час (2.29):

$$T_{\text{шт.}}=0,42+0,67+0,0084+0,0262+0,0763=1,2\text{хв.}$$

Операція 010. Токарна автоматна.

$$T_o=0,54\cdot4=2,16\text{ хв.}$$

Для кожного переходу визначаємо необхідний комплекс прийомів допоміжної роботи і допоміжний час за нормативами. Сюди входять:

- 1) Допоміжний час на встановлення і зняття деталі:

$$T_{в.з.}=0,12\text{хв. [1].}$$

- 2) Час на управління верстатом:

$$T_y = 0,01+0,015\cdot5+0,025\cdot8=0,285\text{хв. [1].}$$

- 3) Час на вимірювання деталі:

$$T_{в.}=0,09+0,09+0,06+0,08+0,13+0,12+0,04\cdot2=0,65\text{хв. [1].}$$

Допоміжний час

$$T_d=0,12+0,285+0,65=1,06\text{хв.}$$

4) Час на технічне обслуговування:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = 0,02 \cdot 2,16 = 0,0432 \text{ хв. [1].}$$

5) Час на організаційне обслуговування:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = 0,024 \cdot T_{\text{оп.}} = 0,024 \cdot 3,22 = 0,0773 \text{ хв. [1].}$$

6) Час на відпочинок:

$$T_{\text{відп.}} = 0,08 \cdot T_{\text{оп.}} = 0,08 \cdot 3,22 = 0,2576 \text{ хв. [1].}$$

Визначаємо штучний час (2.29):

$$T_{\text{шт.}} = 2,16 + 1,06 + 0,0432 + 0,0773 + 0,2576 = 3,6 \text{ хв.}$$

Для решти операцій визначаємо штучний час за наближеною формулою [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\kappa} \cdot T_{\text{o.}} \quad (2.30)$$

Операція 015. Горизонтально-фрезерна.

$$\Psi_{\kappa} = 1,51 \text{ [1].}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,51 \cdot 0,32 = 0,48 \text{ хв.}$$

Операція 020. Вертикально-свердлильна.

$$\Psi_{\kappa} = 1,3 \text{ [1].}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,3 \cdot 0,21 = 0,27 \text{ хв.}$$

Операція 025. Вертикально-свердлильна.

$$\Psi_{\kappa} = 1,3 \text{ [1].}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,3 \cdot 0,1 = 0,13 \text{ хв.}$$

Операція 030. Вертикально-свердлильна.

$$\Psi_{\kappa} = 1,3 \text{ [1].}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,3 \cdot 0,29 = 0,38 \text{ хв.}$$

Операція 035. Вертикально-свердлильна.

$$\Psi_{\kappa} = 1,3 \text{ [1].}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,3 \cdot 1,112 = 1,49 \text{ хв.}$$

Операція 040. Вертикально-свердлильна.

$$\Psi_{\kappa} = 1,3 \text{ [1].}$$

$$T_{\text{шт.}} = 1,3 \cdot 0,22 = 0,29 \text{ хв.}$$

Операція 045. Шліцефрезерна.

$$\Psi_k = 1,27 [1].$$

$$T_{шт.} = 1,27 \cdot 13,5 = 17,2 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Півмуфта” 14.612

Номер і назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, хв.			Опера- тивний час, хв. T _о	Час обслугову- вання, хв.		T _{відп} хв.	T _{шт.} , хв.
		T _{в.д}	T _у	T _в		T _{тех}	T _{орг.}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005. Токарна напів- автоматна	0,42	0,12	0,22	0,33	1,09	0,008	0,02	0,0763	1,2
010. Токарна напів- автоматна	2,16	0,12	0,285	0,65	3,22	0,0432	0,0773	0,2576	3,6

Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015.Горизон- тально-фрезерна	0,32	-	-	-	-	-	-	-	0,48
020. Вертикально- свердлильна	0,21	-	-	-	-	-	-	-	0,27
025. Вертикально- свердлильна	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,13
030. Вертикально- свердлильна	0,29	-	-	-	-	-	-	-	0,38
035. Вертикально- свердлильна	1,12	-	-	-	-	-	-	-	1,49
040. Вертикально- свердлильна	0,22	-	-	-	-	-	-	-	0,29
045. Шліцефрезерна	13,5	-	-	-	-	-	-	-	17,2

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для закріплення і базування деталі “Півмуфта” 14.612 під час обробки на операції 020 верикально-свердлильній проведено проектування спеціального кондуктора із пневмозатиском і чотирьохшпиндельної свердлильної головки для свердління на цій операції чотирьох отворів $\varnothing 10,5H11$ одночасно при витримуванні міжосьової відстані $\varnothing 70 \pm 0,35$. Креслення пристроїв представлено у графічній частині.

Над корпусом 6 на колонах 18 знаходиться кондукторна плита 7, в якій через перехідні втулки 57 встановлено чотири кондукторні змінні втулки 56. Кондукторні втулки одночасно затискаються загороджувачем, який пригвинчує чотирма гвинтами 33 $M6 \times 12$. По колонах переміщається чотирьохшпиндельна свердлильна головка. На верхніх кінцях шпинделів 14 на шпонках 43 $5 \times 5 \times 20$ закріплені гайками 39 $M12 \times 1,25$ шестерні 27. Шестерні 27 входять в зачеплення з колесом зубчастим внутрішнім 23, яке за допомогою лисок з'єднується з повідком 5. Повідок 5 має конус Морзе і встановлюється в шпиндель верстату.

Пристосування працює наступним чином. Деталь встановлюється на площину корпусу кондуктора 6 торцем, через паз в корпусі і впирається в призму 24. Через кутовий штуцер 16 в пневмоциліндр подається повітря. Поршень 11 переміщається ввверх, штовхаючи шток 20 з тягою 21. Тяга повертає важіль 22, який штовхає повзун 25. Повзун, рухаючись в колодці 26, затискає деталь.

Шпиндель свердлильного верстата обертається і передає цей рух через повідок 5 свердлильної головки зубчастому колесу 23, а з'єднані з ним чотири шестерні 27 передають рух шпинделям 14, в яких закріплені свердла. Подачею свердлильної головки по колінах 18 вниз свердляться через кондукторні втулки

56 чотири отвори Ø10,5H11. Свердлильна головка відводиться ввверх, повітря подається через штуцер 15 і деталь розтискається.

Базування деталі здійснюється у рухомій та нерухомій призмах.

Похибку встановлення заготовки деталі “Півмуфта” 14.612 у кондукторі знаходимо за формулою [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2}. \quad (3.1)$$

Необхідна точність встановлення заготовки у кондукторі буде забезпечена, якщо похибка встановлення заготовки буде меншою за допуск розмірів деталі, які досягають під час свердління [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 \leq \Delta\varepsilon_{10}. \quad (3.2)$$

На операції 020 вертикально-свердлильній проводиться свердління чотирьох отворів Ø10,5H11 при витримуванні міжосьової відстані $70 \pm 0,35$. Розмір Ø10,5H11 отримується за рахунок розміру свердла, тому похибка установки на розмір Ø10,5H11 буде рівна нулю, тобто $\varepsilon_{110,5} = 0$. Похибка установки буде виникати при досягненні розміру $70 \pm 0,35$.

На основі конструкції пристосування та схеми базування, похибку базування Δ_6 на розмір буде визначатися за наступною формулою:

$$\Delta_6 = 0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.3)$$

де TD – допуск на розмір Ø92h14_(-0,87), TD = 0,87 мм.

α – кут установчої призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$.

Тоді,

$$\Delta_6 = 0,5 \cdot 0,87 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,615 \text{ мм} = 615 \text{ мкм}.$$

Похибка закріплення механізованим затиском по чисто обробленій циліндричній поверхні $\Delta_3 = 0,02 \text{ мм}$.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 0,015\text{мм}$.

Розраховуємо похибку встановлення заготовки деталі “Півмуфта” 14.612 у кондукторі:

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,615^2 + 0,04^2 + 0,02^2} = 0,617\text{мм}.$$

Визначаємо допустиму похибку при свердлінні отворів в розмір $70 \pm 0,35$:

$$\Delta \varepsilon_{10} = \delta, \quad (3.4)$$

де δ – допуск розміру, $\delta = 0,7\text{ мм}$.

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,617\text{мм} < 0,7\text{мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у кондукторі буде забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Силові параметри затиску заготовки деталі “Півмуфта” 14.612 у спроектованому кондукторі розраховуємо для одночасного свердління чотирьох отворів, витримуючи розміри $\varnothing 10,5\text{H}11$, $70 \pm 0,35$ із виникненням моментів різання свердлами.

На рис. 3.1 представлено схему, що застосовано для розрахунку силових параметрів при затиску заготовки.

Перевіряємо можливість свердління за потужністю верстата, забезпечуючи умову:

$$N_{\text{верст.}} > \frac{N_{\text{гол.сум.}}}{\eta_{\text{верст.}}}, \quad (3.5)$$

де $N_{\text{верст.}}$ – потужність головного приводу верстата 2Н135С $N_{\text{верст.}} = 4,6\text{кВт}$;

$N_{\text{гол.сум.}}$ – сумарна потужність при одночасному свердлінні чотирьох отворів;

$\eta_{\text{верст.}}$ – коефіцієнт корисної дії.

$$N_{\text{гол.сум.}} = \frac{K \cdot N}{\eta_{\text{гол.}}}, \quad (3.6)$$

де K – кількість свердл, що одночасно виконують процес різання, $K=4$;

N – потужність різання одним свердлом;

$\eta_{\text{гол.}}$ – коефіцієнт корисної дії свердлильної головки.

Потужність різання одним свердлом:

$$N = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n}{9750}, \quad (3.7)$$

де $M_{\text{кр.}}$ – крутний момент при свердлінні;

n – частота обертання свердла $n = 500 \text{ об/хв.}$

Крутний момент різання [14]:

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.8)$$

де $C_M = 0,0345$, $q = 2,0$, $y = 0,8$ [14];

S – подача свердла, $S = 0,18 \text{ мм/об.}$

$$K_p = K_{\text{мп}} = \left(\frac{\delta_B}{750} \right)^n; \quad (3.9)$$

$$K_p = K_{\text{мп}} = \left(\frac{540}{750} \right)^{0,75} = 0,78.$$

$$M_{\text{кр.}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,5^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 0,78 = 7,53 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання одним свердлом (3.7):

$$N = \frac{7,53 \cdot 500}{9750} = 0,38 \text{ кВт}.$$

Сумарна потужність при одночасному свердлінні чотирьох отворів (3.6):

$$N_{\text{гол.сум.}} = \frac{4 \cdot 0,38}{0,9} = 1,69 \text{ кВт}.$$

Перевіряємо умову (3.5):

$$\frac{1,69}{0,8} = 2,12 \text{ кВт} < N_{\text{верст.}} = 4,6 \text{ кВт}.$$

Отже, потужність верстата достатня для обробки заготовки.

Перевірка за сумарною силою подачі (осьовою силою різання P_o):

$$P_{\text{гол.сум.}} = K \cdot P_o \leq P_{\text{верст.тах}}. \quad (3.10)$$

Для вертикально-свердлильним верстата 2Н135С і становить $P_{\text{верст.тах}} = 15000 \text{ Н}$.

Осьова сила різання свердлом [14]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.11)$$

де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$; $K_p = K_{\text{мр}} = 0,78$ [14];

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 10,5^1 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,78 = 1676,8 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову (3.10):

$$P_{\text{гол.сум.}} = 4 \cdot 1676,8 = 6707,2 \text{ Н} < 15000 \text{ Н}.$$

Отже, обробка заготовки можлива.

Необхідну силу затиску заготовки у кондукторі визначаємо за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot K_1}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (3.12)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки і призми; $f_2 = 0,16$.

α – кут установчої призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$;

D_3 – діаметр, по якому проходить затиск заготовки, $D_3 = 0,092$ м;

m – кількість одночасно працюючих свердл;

$K_1 = 1,5$ – коефіцієнт запасу.

Отже,

$$P_3 = \frac{1,5 \cdot 7,53 \cdot 4}{0,092 \cdot \left(\frac{0,16}{\sin 45} \right)} = 2259 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_3 \leq W, \quad (3.13)$$

де W – сила створена пристроєм при затиску заготовки.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1, з врахуванням важільного механізму, отримано формулу для визначення сили створеної пристроєм при затиску заготовки:

$$W = \frac{F_1 l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.14)$$

де l_1 – довжина плеча важеля із сторони штока; $l_1 = 42$ мм ;

l_2 – довжина плеча важеля із сторони призми; $l_2 = 42$ мм ;

η – ККД, $\eta = 0,9$.

F_1 – сила на штоці пневмоциліндра.

Сила на штоці пневмоциліндра [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot D_1^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.15)$$

де $D_1 = 100$ мм діаметр циліндра;

Із формули (3.15) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot 0,1^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2826 \text{ Н}.$$

Тоді

$$W = 2826 \cdot \frac{42}{42} \cdot 0,9 = 2543,4 \text{ Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.13): $P_3 = 2259 \text{ Н} < W = 2543,4 \text{ Н}$.

Оскільки умова (3.13) виконується, відповідно затиск заготовки деталі “Півмуфта” 14.612 буде забезпечено.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги техніки безпеки під час експлуатації металорізального обладнання

Загальні положення. До самостійного виконання робіт на металообробних верстатах допускаються працівники, які пройшли попередній медичний огляд, спеціальне навчання, інструктаж з охорони праці, стажування (тривалістю 2–15 змін) під наглядом кваліфікованого спеціаліста (бригадира, майстра) та отримали посвідчення на право виконання робіт підвищеної небезпеки.

Допуск до роботи на обладнанні здійснюється виключно за відповідним нарядом-допуском або розпорядженням, крім випадків ліквідації аварійних ситуацій. Передача дорученої роботи іншим особам заборонена.

У робочій зоні верстата заборонено перебування сторонніх осіб.

Технічний стан обладнання. Експлуатація верстатів із несправними або демонтованими захисними, сигнальними, блокуючими пристроями, приладами контролю та індикації, а також за відсутності або пошкодженні системи заземлення категорично заборонена.

У разі обробки довгомірних заготовок, довжина яких перевищує робочий хід стола, передбачено застосування додаткових опорних пристроїв (роликових столів, напрямних систем) для запобігання їх провисанню.

Інструмент, пристрої та оснащення повинні знаходитись у справному стані. Використання деформованих, зношених, імпровізованих або непридатних засобів заборонено.

Конструктивні елементи робочого місця (столи, стелажі, шафи, тумби) повинні мати достатню механічну міцність, стійкість та ергономічні параметри, що відповідають вимогам безпечної експлуатації.

Операції з очищення, змащення, регулювання або технічного обслуговування верстатів допускаються виключно після повної зупинки обертальних та рухомих частин обладнання.

Вимоги до працівника. Працівник повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), що відповідають умовам виконуваної роботи: спецодяг, спецвзуття, захисні окуляри, навушники, рукавиці (за винятком випадків, коли їх використання заборонене інструкцією), інші ЗІЗ відповідно до карти оцінки ризиків.

Категорично забороняється:

- допуск до роботи у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння;
- виконання робіт при поганому самопочутті, фізичному або психоемоційному перевантаженні;
- використання пожежного інвентарю не за призначенням.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Під час експлуатації металообробного обладнання працівники можуть зазнавати впливу таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Фізичні фактори:

- рухомі частини обладнання (патрони, шпинделі, подаючі механізми);
- летючі частинки матеріалу (стружка, пил);
- підвищена запиленість та загазованість;
- надмірний рівень шуму та вібрацій;
- екстремальні температури, вологість, швидкість руху повітря;
- електричні небезпеки (напруга, пробій на корпус);
- незадовільна освітленість, засліплення, тіньові зони;
- травмонебезпечні поверхні (гострі краї, задирки).

Психофізіологічні фактори:

- монотонна, рутинна праця;
- статичні та динамічні фізичні навантаження;
- перевантаження аналізаторних систем (зорова, слухова тощо);
- емоційне напруження.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- Отримати від керівника завдання та інструкції щодо технології, послідовності операцій і безпечних методів їх виконання.

- Одягнути та правильно заправити спецодяг без виступаючих, вільних елементів.

- Перевірити стан робочої зони: відсутність сторонніх предметів, вільні проходи, справність настилів, дерев'яних підставок, відсутність ковзких ділянок.

- Перевірити освітлення робочої поверхні - джерело світла має бути спрямоване зліва на інструмент.

- Забороняється очищення верстата та видалення стружки під час його роботи - це допускається лише після повної зупинки і відведення інструмента.

- Установлення та закріплення заготовок здійснюється тільки із застосуванням штатних фіксуючих пристроїв (лещата, кондуктори, призми).

- Заміна ріжучого інструмента дозволена виключно при зупиненому верстаті та за допомогою спеціальних пристроїв (klinів, вибивачів, молотків), виготовлених з матеріалів, що не утворюють уламків при ударі.

- При заміні інструмента в багатошпиндельних головках слід використовувати спеціальні фіксатори або підставки, що унеможливають падіння вузла.

Заборонено під час роботи:

- експлуатація інструмента з деформованими хвостовиками або зношеними патронами;

- робота у рукавицях (якщо інструкцією з експлуатації не передбачено інше);

- утримання заготовки руками під час її обробки;

- виступання елементів кріплення (klinів, гвинтів) за межі шпинделя;

- встановлення або зняття деталей під час обертання шпинделя.

4.2. Відшкодування збитків, завданих унаслідок порушення вимог охорони праці

1. Загальні положення.

Відповідно до статті 9 Закону України «Про охорону праці», у разі ушкодження здоров'я працівника або його смерті внаслідок нещасного випадку на виробництві чи професійного захворювання, відшкодування шкоди здійснюється за рахунок коштів Фонду соціального страхування України згідно з Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

2. Додаткові виплати.

Роботодавець має право встановлювати за власний рахунок додаткові компенсації потерпілим працівникам або членам їхніх сімей у порядку, визначеному колективним договором, трудовим договором або іншим локальним нормативним актом підприємства.

3. Порядок визначення розміру відшкодування:

- У разі стійкої втрати професійної працездатності, розмір компенсації визначається виходячи з середньомісячного заробітку працівника за кожен відсоток втрати працездатності, підтвердженої медичним висновком.

- У разі смерті працівника:

- Сума одноразової допомоги родині не може бути меншою за п'ятикратний середньорічний заробіток померлого.

- Кожному утриманцю та дитині, яка народилась після смерті працівника, виплачується не менше середньорічного заробітку.

4. Встановлення вини потерпілого.

Якщо комісією з розслідування нещасного випадку або професійного захворювання встановлено, що подія сталася через порушення працівником вимог нормативних актів з охорони праці, розмір одноразової допомоги може бути зменшено, але не більше ніж на 50%. Остаточне рішення приймається за

поданням роботодавця та за погодженням із профспілковим комітетом.

5. Гарантії для потерпілих.

За працівниками, які втратили працездатність у зв'язку з нещасним випадком або професійним захворюванням, зберігається посада (робоче місце) та середній заробіток на період до відновлення працездатності або встановлення інвалідності.

У разі неможливості виконання попередньої роботи, роботодавець зобов'язаний:

- організувати професійну перепідготовку згідно з медичними висновками;
- працевлаштувати працівника на роботі, яка відповідає його фізичному стану;
- забезпечити пільгові умови праці, включаючи гнучкий графік або зменшене навантаження.

6. Відповідальність за непрацевлаштування частково працездатних осіб.

У разі, якщо підприємство не створило робочі місця для осіб, які частково втратили працездатність, але не є інвалідами, роботодавець зобов'язаний:

- перерахувати кошти до Державного фонду сприяння зайнятості населення;
- розмір перерахунів — еквівалент середньорічної заробітної плати за кожне нестворене місце.

Працевлаштування таких осіб здійснюється через державну службу зайнятості.

7. Право на пільговий страховий стаж

Час перебування працівника на інвалідності, пов'язаній із нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням:

- зараховується до страхового стажу, який враховується при призначенні пенсії за віком;
- також зараховується до стажу з особливими (шкідливими) умовами праці, що дає право на пільгову пенсію.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Півмуфта” 14.612 є складовою частиною муфти, що передає крутний момент від колінчастого вала двигуна до вала гідронасоса об’ємного гідроприводу ходу коренезбиральної машини. Виготовляється деталь із сталі 40Х.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає середньосерійному типу виробництва. Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає масовому типу виробництва.

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовки використовується точний метод об’ємного пластичного деформування - штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі; токарна обробка поверхонь виконується на токарних горизонтальних багатошпиндельних напівавтоматах замість токарних верстатів з ЧПК; свердління і розвертування чотирьох отворів виконується одночасно на вертикально-свердлильних верстатах із застосуванням багатошпиндельних свердлильних головок замість послідовного оброблення на радіально-свердлильних верстатах; для оброблення конічних отворів застосовуються спеціальні комбіновані осьові інструменти; також застосовується технологічне оснащення з механізованим приводом затиску.

Вдосконалення технологічного процесу дозволяє підвищити продуктивність виготовлення півмуфт.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” /

Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

13. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

14. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

15. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.