

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проекту)

перший (бакалаврський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему «Проектування технологічного процесу виготовлення деталі
ротор ОГШ 502.115.100.05.01»

Виконав: студент IV курсу, групи ТМ-91-1
спеціальності: _____

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: _____

«Технології машинобудування»

(назва освітньої програми)

Олексій СКОРОМНИЙ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Віталій КОЛЕСНИК

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

Артем ЄВТУХОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2023 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>перший (бакалаврський)</i> (назва)
Спеціальність	<i>131 «Прикладна механіка»</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Технології машинобудування»</i> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) СТУДЕНТУ

Скоромний Олексій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Проектування технологічного процесу виготовлення
деталі ротор ОГШ502.115.100.05.01*

керівник проекту *Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 04 » квітня 2023 року № 0338-VI

2. Строк подання студентом роботи (проекту) « 01 » червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (проекту)

3.1 Робоче креслення деталі «ротор 502.115.100.05.01».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 3000 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «ротор 502.115.100.05.01».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі «ротор 502.115.100.05.01»

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	10.05.2023	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.05.2023	
3	Оформлення пояснювальної записки	20.05.2023	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	25.05.2023	
5	Оформлення креслень та презентації	31.05.2023	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи (проекту)

_____ (підпис)

Олексій СКОРОМНИЙ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Віталій КОЛЕСНИК

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет

технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня **бакалавр**

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» ,

(код та назва)

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: «Проектування технологічного процесу виготовлення деталі ротор

ОГШ502.115.100.05.01

Здобувача (ки) групи ТМ-91-1 Скоромного Олексія Віталійовича

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Олексій Скоромний

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник старший викладач, канд. техн.наук, Віталій КОЛЕСНИК

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра: 71 с., 8 рис., 20 табл., 18 джерел.

В даній роботі виконав аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Було визначено тип виробництва – середньосерійний. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі. За допомогою техніко-прогресивного обґрунтування обраний раціональний метод отримання заготовки.

Було проаналізовано існуючий та пропонований технологічний процес виготовлення деталі, а саме: обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування операції. Проектування верстатного пристрою, ріжучого та вимірювальних інструментів.

У графічній частині роботи виконані креслення заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційні наладки.

Метою роботи - проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Ротор».

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Ротор», яка входить до складу центрифуги типу ОГШ-502К-12.

Предмет дослідження – забезпечення показників точності та якості розмірів на операціях механічної обробки деталі «Ротор».

РОТОР, ЦЕНТРИФУГА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, СПЕЦІАЛЬНЕ ОСНАЩЕННЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічний вимог на виготовлення деталі	13
3 Визначення типу виробництва та форми його організації	19
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї ..	24
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	28
6.1 Розрахунки припусків на механічну обробку	28
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	37
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	38
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	37
6.5 Розрахунки режимів різання.....	39
6.6 Технічне нормування операцій	49
7 Проектування верстатного пристрою	57
7.1 Обґрунтування вибору верстатного пристрою	57
7.2 З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку що надходить на операцію. Аналіз точності поверхні, які можуть бути базовими	57
7.3 Розробка та обґрунтування схеми базування.....	58
7.4 Розрахунок сил закріплення	59
7.5 Розрахунки точності пристрою	62
7.6 Опис пристрою та принципу його роботи	63
Висновок	65
Перелік джерел посилання	Помилка! Закладку не визначено.
Додаток А	Помилка! Закладку не визначено.
Додаток Б.....	Помилка! Закладку не визначено.
Додаток В	67

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Машинобудування, що поставляє нову техніку всіх галузях народного господарства, визначає технічний прогрес країни і робить вирішальний вплив на створення матеріальної бази суспільства. У зв'язку з цим його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Технологія машинобудування - це наука про виготовлення машин потрібної якості в установленому виробничою програмою кількості і в задані терміни при найменших затратах живої і матеріалізованої праці, тобто при найменшій собівартості.

В даний час поглиблюється розробка проблеми впливу технології на фізико-хімічний стан металу поверхневого шару оброблюваних заготовок, його дислокаційний будова, розміри кристалічних блоків і на експлуатаційні властивості і надійність деталей машин. Триває розробка проблеми технологічної спадковості і зміцнюючої технології. Розробляються методи оптимізації технологічних процесів по досягається точності, продуктивності і економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини.

Розгортаються роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації межопераційного транспорту і контролю і робототехніки. Триває вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталей машин і збірки (особливо в напрямках створення малоотходної технології, чистової обробки і автоматизації складальних робіт). Розвиток технології машинобудування на даному етапі має «здійснювати перехід до масового застосування високоефективних систем машин і технологічних процесів, що забезпечують комплексну механізацію та автоматизацію виробництва, технічне переозброєння його основних галузей».

Центрифуги типу ОГШ-50 є конкурентоспроможною продукцією і поставляються в багато держав ближнього і далекого зарубіжжя. Освоєння цієї продукції почалося в 80-х роках минулого століття. У той час технологічний процес на виготовлення деталі розроблявся для єдиного типу виробництва.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Центрифуга типу ОГШ-502К-12 - осаджувальна горизонтальна безперервної дії зі шнекової вивантаженням осаду. Вона призначена для розділення суспензій високим та середнім дисперсності з концентрацією Т:Ж в межах 1:4÷1:10, при температурі до 80°C, а також для зневоднення осаду стічних вод. Технічні характеристики центрифуги ОГШ-502К-12 представлені в таблиці 1.1.

Центрифуга (див. Рисунок 1.1) складається з наступних основних вузлів: ротора, шнека, редуктора, корінних опор ротора, живильника, підстави і кришки кожуха, механізму блокування, станини з віброізоляцією, муфти приводу.

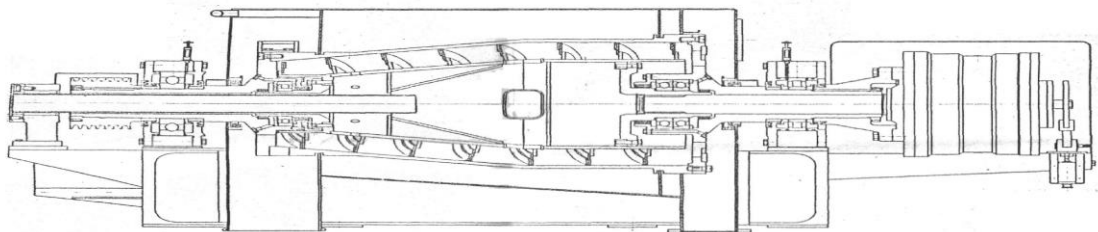


Рисунок 1.1 - Центрифуга типу ОГШ-502К-12

Центрифуга комплектується спеціальним інструментом і пристосуваннями, необхідними в процесі монтажу, експлуатації та ремонту, а також запасними частинами.

Основним вузлом центрифуги є ротор циліндро-конічної форми, розташований горизонтально. Обертання ротора здійснюється від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі.

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 21510039-00 ПЗ

Всередині ротора співвісно розташований шнек, призначений для транспортування обложеної твердої фази до вивантажувальним вікнам ротора.

Ротор обертає шнек через планетарний редуктор. Шнек обертається в ту ж сторону, що і ротор, але з меншою швидкістю. Різниця в швидкості обертання шнека і ротора необхідна для примусового переміщення осаду уздовж внутрішньої поверхні ротора.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики центрифуги ОГШ-502К-12 по [2] с.4:

Діаметр ротора внутрішній (найбільший), мм	500
Довжина циліндричної частини ротора, мм	377
Відношення робочої довжини ротора до внутрішнього максимальному діаметру	1,86
Частота обертання ротора максимальна, с ⁻¹ (об/мин)	50 (3000)
Фактор поділу (при максимально допустимій частоті обертання ротора)	2515
Індекс продуктивності, м ² не менше (при максимальній частоті обертання ротора)	2811 180; 187,5;
Радіус зливу (змінний), мм	200
Матеріал ротора	Сталь 12X18H10T
Максимальний момент, що передається редуктором, кгм	600
Габаритні розміри центрифуги з електродвигуном і віброізолюючий пристроєм, мм не більше: - довжина - ширина - висота	2505 1965 1020
Маса центрифуги з електродвигуном і віброізолюючий пристроєм, кг не більше	2800

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Через ліві цапфи ротора і шнека проходить живильна труба, що подає суспензію у внутрішню порожнину шнека, що утворить собою камеру. З камери суспензія через вікна в обичайці шнека надходить в ротор.

Під дією відцентрових сил в суспензії відбувається відділення твердої фази від рідкої. Тверда фаза осідає на стінки ротора і транспортується шнеком у напрямку до конічної частини ротора. В кінці шляху руху осаду до вивантажувальним вікнам, в зоні зневоднення, відбувається віджимання вологи з осаду.

Відцентровими силами тверда фаза викидається через розвантажувальні вікна ротора в приймальний відсік осаду кожуха центрифуги. Освітлена рідка фаза (фугат) рухається до більшого діаметру ротора і через зливні вікна правою цапфи викидається в приймальний відсік кожуха центрифуги.

Процес відділення твердої фази від рідкої, вивантаження осаду і слив фугата відбуваються безперервно.

Ротор в зібраному вигляді складається з циліндро-конічного барабана і двох цапф. Цапфи одночасно служать днищами, які закривають торці ротора, а також опорами шнека.

Підшипники шнека розміщені в цапфах і закриті кришкою, в яких запресовані манжетні ущільнення. У правій цапфі виконані отвори для зливу фугата. Радіус зливу регулюється поворотом кільця на цапфі. У лівій цапфі виконані вікна для вивантаження осаду, які захищені від абразивного зносу щитками.

Шнек є одним з основних вузлів центрифуги і призначений для транспортування обложеної твердої фази в процесі її відділення від рідкої фази і для вивантаження осаду з ротора.

Шнек складається з порожнистого циліндро-конічного барабана і приварених до його зовнішньої поверхні витків, захищених від абразивного зносу. Шнек однозаходний, напрямок витків - ліве. У середині порожнистого барабана уварені конус і перегородка, що утворюють собою камеру. Камера має вікна для подачі суспензії в ротор.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шнек за допомогою підшипників кочення спирається на цапфи ротора і через шліцьовий вал з'єднується з планетарним редуктором.

Планетарний редуктор призначений для передачі обертання від ротора до шнека з деяким зменшенням швидкості обертання шнека в порівнянні зі швидкістю обертання ротора.

Ротор центрифуги своїми цапфами спирається на дві опори. Опори представляють собою корпус з підшипником, який фіксується роторми. Опори кріпляться до станини центрифуги шпильками. Положення опори на станині фіксується конічними штифтами. Мاستило опор - циркуляційна рідка.

Кожух центрифуги служить для роздільного відведення фугата і осаду, закриває обертові частини центрифуги. Кожух роз'ємний. Складається з підстави кожуха і кришки, яка відкривається на петлях. Ущільнення на виході цапф ротора лабіринтове.

Труба живильна призначена для подачі суспензії в центрифугу, а також води або іншої рідини для її промивання.

Механізм блокування редуктора призначений для відключення електродвигуна і припинення подачі суспензії в центрифугу при перевантаженні редуктора.

Привід центрифуги здійснюється від електродвигуна, через відцентрову колодкового муфту, встановлену на валу електродвигуна і клино ремінну передачу. Частота обертання ротора 2400 об/хв.

Зміна числа обертів ротора досягається зміною шківів на відцентровій муфти. Відцентрова колодковим муфта складається з водила з ребрами, між якими розташовані колодки, і шківів, в ступиці якого в окремих корпусах встановлені підшипники закриті кришкою.

Після включення електродвигуна, що сидить на його валу водило захоплює за собою колодки, які в міру розгону центрифуги притискаються відцентровою силою до внутрішньої поверхні маточини шківів і приводять його в обертальний рух. Відбувається плавний розгін ротора центрифуги.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Провести пуск електродвигуна приводу центрифуги. Після досягнення ротором робочої швидкості обертання в центрифугу можна подавати суспензію. Завантаження центрифуги проводиться плавно і доводиться до робочої продуктивності протягом 5÷10 хвилин.

Суспензія повинна бути досить текучою та однорідною. Попадання сторонніх предметів не допускається. Зміст твердої фази в суспензії не повинно бути занадто високим. Рекомендується подавати в машину суспензію з концентрацією в межах Т:Ж =1:4÷1:10.

У разі коливання (особливо збільшення) змісту твердої фази в суспензії, подача її повинна бути зменшена, тому що може виникнути перевантаження шнека твердим продуктом і відбудеться спрацьовування механізму блокування.

При перевантаженні центрифуги спрацьовує механізм блокування редуктора, який за допомогою важеля натискає на шток кінцевого вимикача, контакти останнього при цьому розмикаються, котушка пускача знеструмлюється і електродвигун відключається від мережі.

Після усунення причин перевантаження і установки важеля механізму блокування вручну в початкове положення кінцевий вимикач готує електричний ланцюг до повторного включення.

В процесі експлуатації центрифуги необхідно стежити за тим, щоб:

- 1) Температура нагріву корінних опор не перевищувала температуру навколишнього середовища більше, ніж на 60°C, температура нагріву масла редуктора не перевищувала температуру навколишнього середовища більше, ніж на 50°C;
- 2) Не було витoku масла з редуктора;
- 3) Не було зависань осаду в приймальному бункері;
- 4) Не було частих спрацьовувань механізму блокування редуктора.

В процесі експлуатації необхідно не рідше одного разу на тиждень проводити ретельну промивку ротора і кожуха центрифуги.

При погіршенні технологічних параметрів роботи, появи підвищеної вібрації, необхідно перевірити величину зносу витків шнека.

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ					

Для цієї операції на обечайці ротора є два отвори, заглушені пробками з конічною різьбою К 3/8" ГОСТ 6111-52.

Величина зносу витка шнека визначається як різниця розмірів, фактичного після виміру і величини, зазначеної в формулярі (тобто величина отримана при виготовленні).

При значному зносі витків шнека, визначеного шляхом заміру, необхідно демонтувати шнек з ротора. Візуальний огляд дасть повнішу картину зносу витків і дозволить визначити необхідність його заміни або ремонту.

Кожен раз, після проведення операції по орієнтовним виміру ступеня зносу витків, необхідно стежити за тим, щоб контрольні отвори для виміру були щільно закриті пробками.

Через 4000 годин роботи масло з редуктора слід злити і залити новим. Через 400 годин експлуатації необхідно провести заміну мастила в підшипниках шнека.

Підшипники електродвигунів приводу центрифуги і повинні змазуватися змазкою УТВ (1-13 жирова) за даними виробника двигунів.

Особливо уважно слід стежити за наявністю достатньої кількості масла в редукторі. Рівень масла в ньому повинен бути на рівні третьої пробки, при суміщенні інших двох, діаметрально протилежних з вертикаллю. Для змащення редуктора має застосовуватися мастило МС-20 ГОСТ 21743-76 або замінник - мастило МС-20с ГОСТ 21743-76.

Зупинку центрифуги необхідно проводити в наступній послідовності:

1. Припинити подачу суспензії в ротор;
2. При триваючому обертанні ротора, після повного вивантаження шнеком осаду, зробити промивання ротора шляхом подачі в ротор води або іншої промивної рідини протягом 5÷10 хвилин;
3. Вимкнути електродвигун приводу центрифуги;
4. Очистити кожух від осаду і при необхідності промити його після зупинки ротора.

Контроль температури опор ротора проводиться ртутним термометром, встановленим в гнізді опори.

										Арк.
										130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ					

Якість поділу суспензії, тобто ступінь очищення рідкої фази від твердих частинок і осушення осаду, може регулюватися шляхом зміни частоти обертання ротора і радіусу зливу фугата з ротора.

Чим вище частота обертання ротора, тим вище фактор поділу, а отже, і якість поділу суспензії.

Однак слід мати на увазі, що при меншій частоті обертання режим роботи центрифуги менш напружений і термін служби при цьому збільшується.

Завжди слід експлуатувати центрифугу на мінімально можливою за умовами поділу частоті обертання.

Робота центрифуги при частоті обертання ротора, що перевищує максимальну зазначену в формулярі машини, не допускається.

Залежно від вимог до вологості осаду встановлюється радіус зливу фугата з ротора. Величина порога зливу фугата регулюється поворотом кільця на цапфі ротора. Більшого радіусу зливу відповідає найбільша довжина зони осушення осаду і, отже, найменша вологість осаду. При меншому радіусі злива, навпаки, осад виходить з більшою вологістю, а фугат з найменшим вмістом твердої фази.

Дана деталь відноситься до деталей типу кришки. Головна вимога, що пред'являється до подібних деталей, складається в досягненні концентричності зовнішніх і внутрішніх поверхонь і перпендикулярності торців до осі центрального отвору. Досягнення концентричності може бути забезпечено різними способами механічної обробки заготовки, а це, в свою чергу, позначається на виборі чорнових баз механічної обробки і на розподіл припусків при проектуванні заготовки.

Кришка призначена для закриття підшипників в цапфах ротора.

Ротор лівим торцем 125 щільно притискується до стакана підшипника і закріплюється гвинтами. Так як ротор щільно прилягає до підшипника, то її лівий торець має високий клас шорсткості (Ra0,8).

Кільцеві канавки на правому торці деталі і отвір $\varnothing 141$ призначені для установки кришки в лабіринт.

									Арк.
									141
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

Канавки 3,5×2 и 7×4,8 призначені для запресовування в них манжетних ущільнень.

Лиска призначена для установки шайби.

Для індивідуального змащення підшипника через стакан підшипника і паз 20×15 кришки проходить трубка крана.

Пази 20×5 виконані для зливу фугата в отвори цапфи.

Інші поверхні є вільними, тобто в процесі роботи не контактують з іншими деталями.

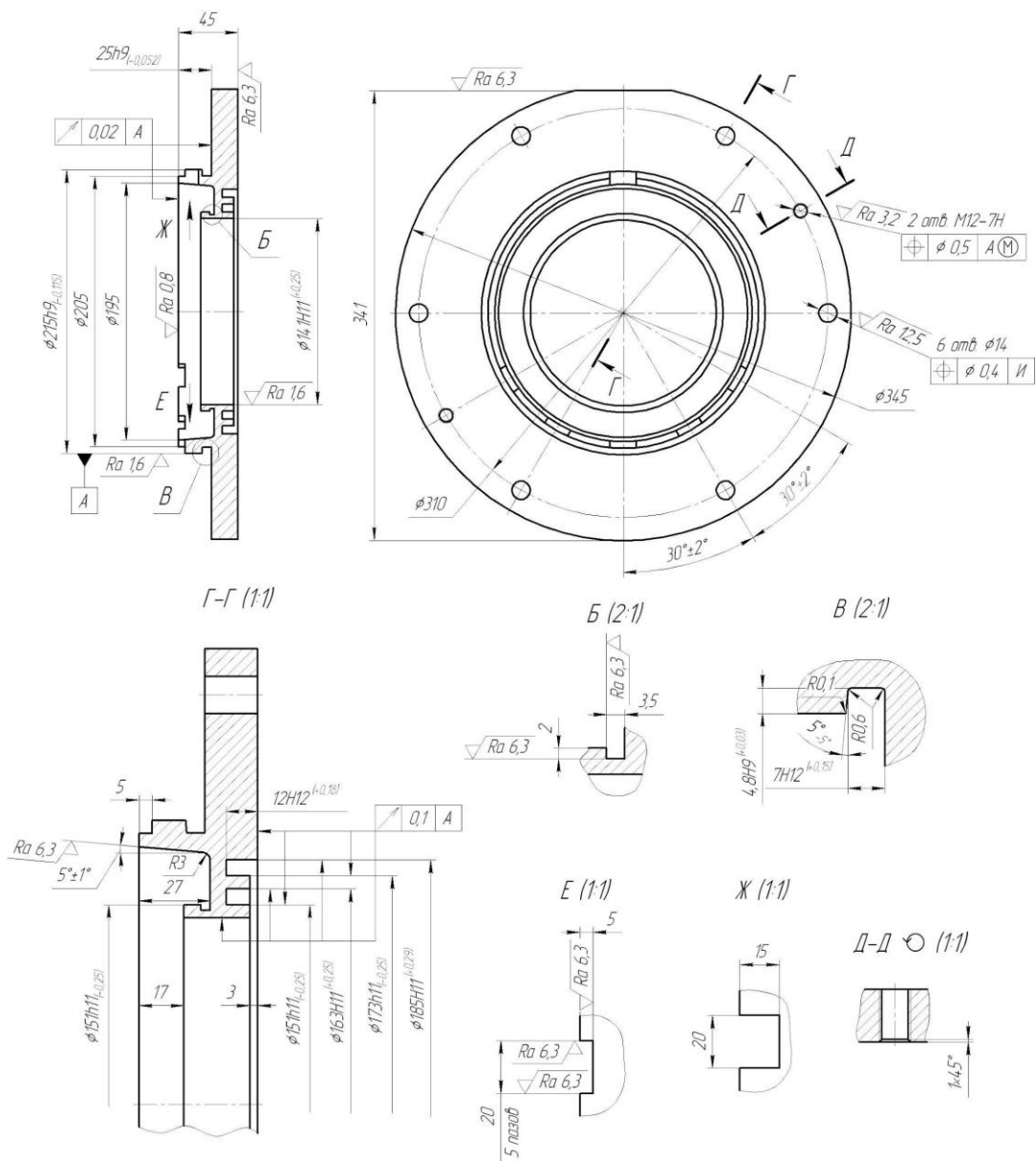


Рисунок 1.2 - Деталь «Ротор»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 21510039-00 ПЗ

Арк.

152

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИЙ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Показники технологічності поділяються на якісні та кількісні.

До якісних показників відносяться наступні фактори:

- матеріал деталі;
- базування і закріплення;
- простановка розмірів;
- допуски форми і розташування;
- взаємозамінність;
- нетехнологічні конструктивні елементи.

До кількісних показників технологічності відносяться:

- коефіцієнт використання заготовки і матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості;
- собівартість;
- коефіцієнт уніфікації.

Технологічною вважається та конструкція, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці і мінімальною собівартістю.

Матеріал деталі - сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій 10Г2 по ГОСТ 19281-73*.

Замінник - сталь 09Г2 по [3] с.167.

Сталь призначена для виготовлення кріпильних та інших деталей, що працюють при температурі від -70°C під тиском.

Хімічний склад і механічні властивості стали см. Відповідно таблицю 2.1 і таблицю 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 10Г2, у відсотках

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
			не більше				
0,07÷0,15	0,17÷0,37	1,20÷1,60	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

									Арк.
									163
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

Технологічні властивості сталі 10Г2:

Температура кування, °С: початку 1250, кінця 800-780. Заготовки перерізом до 100 мм охолоджуються на повітрі.

Зварюваність - зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДГ, АДС під флюсом і газовим захистом, ЕШС.

Схильність до відпускної крихкості - не схильна.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 10Г2

Стан поставки, режими термообробки	Перетин мм	КП	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	КС U, Дж /см ²	НВ, не більше
			МПа		%			
			не менше					
Пруток. Нормалізація 920°С	25	–	245	420	22	50	–	–
Поковки. Нормалізація 900-920°С, повітря. Відпуск 600-620°С, повітря.	До 100 100-300 300-500	215	215	430	24 20 18	53 48 40	54 49 44	123÷167

Флокеночутливість - не чутлива.

Точність обробки - відповідність оброблених поверхонь вимогам креслення.
Аналізуючи ці вимоги, можна побачити, що обмежені вони чотирма факторами:

- дотримання розмірної точності;
- дотримання вимог шорсткості поверхонь;
- дотримання допусків форми і взаємного розташування поверхонь;
- дотримання необхідної твердості поверхні.

Кожна поверхня деталі служить для певної мети в вузлі виробу. Залежно від того для чого призначена поверхню, її виготовляють з певною точністю і шорсткістю. Для досягнення потрібної шорсткості (всього 14 класів шорсткості) і якості точності (всього 19 квалітетів) призначається кілька стадій обробки.

Найточніший квалітети точності деталі «Ротор» на розміри l25h9 і d215h9. Необхідна точність досягається завдяки використанню достатньої кількості стадій обробки:

- чорнове точіння;
- чистове точіння.

Шорсткості на цих поверхнях Ra=0,8 мкм і Ra=1,6 мкм забезпечуються в першу чергу вибором оптимальних режимів різання (для поліпшення шорсткості - швидкість різання збільшується, а подача зменшується), правильному підбору геометрії ріжучого інструменту (зі збільшенням переднього кута γ і зменшенням кута в плані ϕ шорсткість підвищується), СОТС (використання в якості СОЖ - емульсії) і жорсткості технологічної системи ВПД.

Позиційні допуски осі отворів $\varnothing 0,4$ і $\varnothing 0,5$ (допуск залежний) досягаються за допомогою використання на фрезерній операції верстата з ЧПК, від точності базування і від точності позиціювання верстата.

Допуски торцевого і радіального биття 0,02 мм і 0,1 мм щодо бази I досягаються тим, що поверхні обробляються за один установ, т. е. похибка базування дорівнює нулю.

Додаткових вимог до креслення деталі немає.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						185
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначає характер технологічного процесу і його побудова.

Виходячи з річної програми випуску $N=3000$ шт. і маси деталі 12,7 кг визначається тип виробництва, в якому виготовляється деталь - середньосерійному - по [4] с.24, таблиці 3.1.

Середньосерійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються, періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску і є основним типом сучасного машинобудівного виробництва. Підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї продукції машинобудування України. За технологічним та виробничим характеристикам середнє серійне виробництво займає проміжне місце між одиничним і масовим виробництвом.

У середньосерійному типі виробництва використовуються універсальні і спеціалізовані, частково спеціальні верстати, які розташовуються в послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що вимагають однакового порядку обробки, в тій же послідовності утворюється і рух деталей.

Виробництво йде партіями, причому деталі кожної партії можуть дещо відрізнятись одна від одної розмірами або конструкцією, допускають обробку на одному і тому ж обладнанні. Виробничий процес ведеться таким чином, що після виконання обробки заготовок на одній операції проводиться обробка цієї ж партії на наступній операції.

При середньосерійному типі виробництва широко використовуються верстати з числовим програмним управлінням, обробні центри, а так само знаходять застосування гнучкі автоматичні системи верстатів з ЧПК. Переналагодження верстатів, пристосувань і інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньої технологічної підготовкою.

									Арк.
									196
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

Середня кваліфікація робітників при середньосерійному типі виробництва вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, і налагоджують використовуються робітники-оператори невисокої кваліфікації, що працюють на настроєних верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляються для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування найпростіших заготовок.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						207
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Якщо розглянути конструкцію деталі в її геометричній формі в цілому, то вона технологічна, тому що деталь є тілом обертання. Обробка поверхонь деталі проста. Є зручні поверхні для базування і закріплення на верстаті.

Базування деталі можна здійснити практично на всіх поверхнях, тобто ця деталь технологічно доцільна для базування. Як пристосування для закріплення заготовки використовується трикулачковий самоцентруючий патрон.

Як чорнових баз у заготовок, що обробляються по всіх поверхнях, слід приймати поверхні з найменшими припусками. Чистові бази слід вибирати таким чином, щоб чистові установчі бази були конструкторськими.

Робоче креслення має технологічну простановку розмірів, тому що розміри проставлені без повторень, доступні для контролю, що не затіняють креслення і задовольняють вимогам ГОСТа 2.307-*

Допуски форми та розташування поверхонь вказані згідно ГОСТ 2.308. Всі допуски проставлені щодо однієї загальної бази - осі циліндричної поверхні $\varnothing 215$. Нетехнологічними елементами даної деталі є:

- розташування отворів і пазів під кутом $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$;
- наявність конуса $5^{\circ} \pm 1^{\circ}$ і галтелі R3;
- наявність заокруглень і кута на пазі $7 \times 4,8$.

Із аналізу деталі на технологічність можна зробити висновок, що вона технологічна, хоча і має деякі нетехнологічні елементи, але їх можна отримати за допомогою верстатів з ЧПК і спеціального різального інструменту.

Для розрахунку коефіцієнта шорсткості і коефіцієнта точності необхідно скласти таблицю, в якій буде вказано характеристики (параметр шорсткості і квалітет точності) поверхонь деталі. Після складання таблиці за формулами визначаються коефіцієнти шорсткості і точності.

									Арк.
									218
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{Ш} = \frac{1}{A_{cp}} < 0,32 \quad (4.1)$$

де A_{cp} - середнє арифметичне значення шорсткості, за даними таблиці 1.3,

$$A_{cp} = 209,1/39 = 5,36 \text{ мкм.}$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{5,36} = 0,19 < 0,32.$$

Так як коефіцієнт шорсткості вийшов менше, ніж 0,32, то значить, що за даним критерієм деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою:

$$K_T = 1 - \frac{1}{B_{cp}} > 0,8, \quad (4.2)$$

де B_{cp} - середнє арифметичне значення квалітету точності, за даними таблиці 1.3, $B_{cp} = 486/39 = 12,46$.

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,46} = 0,92 > 0,8.$$

Так як коефіцієнт точності вийшов більше, ніж 0,8, то значить, що за даним критерієм деталь технологічна.

Таблиця 4.1 – Зведена таблиця для визначення коефіцієнтів точності і шорсткості деталі

Назва поверхні	Кількість поверхонь	Параметр шорсткості Ra, мкм	Квалітет точності
Зовнішні:			
Ø345	1	6,3	14
Ø215	1	1,6	9
Ø151	1	3,2	11
Внутрішні:			
Ø141	1	1,6	11
Линійні:			
торець Ø205/Ø195	1	0,8	9
торець Ø345/Ø215	1	3,2	9
торець Ø195/Ø151	1	6,3	14
торець Ø151/Ø141	1	3,2	14
торець Ø345/Ø185	1	6,3	14
торець Ø173/Ø141	1	3,2	14
Інші:			
лиска 1341	1	6,3	14
паз 20×5	1	3,2	14
паз 20×15	5	6,3	14

Арк.

ТМ 21510039-00 ПЗ

229

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

отвір Ø14	6	12,5	14
різьба M12	2	3,2	7
конус Ø95, ∠5°	1	6,3	14
уступ Ø205, b5	1	3,2	14
канавка 3,5×2	1	6,3	14
канавка 7×4,8	1		
- основа	1	3,2	9
- бічна сторона	2	3,2	12
кільцева канавка:	2		
- основа	1	3,2	12
- бокова сторона	2	3,2	11
фаска 1×45°	2	3,2	14
Всього	39	209,1	486

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основні способи виробництва заготовок - лиття, обробка тиском, зварювання. Спосіб отримання тієї чи іншої заготовки залежить від службового призначення деталі і вимог, пред'явлених до неї, від її конфігурації і розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва та інших чинників [5] с. 21.

Одну і ту ж деталь можна виготовити з заготовок, отриманих різними способами. Одним з основоположних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку істотно скорочується витрата металу, обсяг механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі. Однак при цьому в заготівельному виробництві збільшуються витрати на технологічне обладнання та оснащення, їх ремонт та обслуговування. Тому при виборі способу отримання заготовки слід проводити техніко-економічний аналіз двох етапів виробництва - заготівельного і механообробного.

Вибір оптимального способу виробництва заготовок здійснюють шляхом зіставлення техніко-економічних показників розглянутих технологічних варіантів. Завдання полягає в тому, щоб визначити, який з порівнюваних варіантів економічно більш доцільний.

Заводський метод отримання заготовки - поковка кована на молотах.

Для виготовлення деталі типу «Ротор» приймається тип поковки - диск з отвором по [6] с.4, таблиця 1. Для перевірки правильності вибору необхідно перевірити виконання співвідношення розмірів: $H \leq 0,5D$; $d \leq 0,5D$.

Підставляючи дані з креслення, отримуємо: $45 < 172,5$; $141 < 172,5$. Співвідношення розмірів вірно, отже, тип поковки обраний правильно.

Припуски і граничні відхилення на розміри деталі призначаються по [6] с.13, таблиця 7:

- на зовнішній діаметр 345 мм припуск і граничне відхилення - 13 ± 4 мм;
- на внутрішній діаметр 141 мм припуск і граничне відхилення - 19 ± 4 мм;
- на висоту кришки 45 мм припуск і граничне відхилення - 9 ± 3 мм.

									Арк.
									224
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 21510039-00 ПЗ

Остаточні розміри поковки визначаються за формулою:

$$P'_i = (P_i + \varphi_i) \pm \Delta_i/2, \quad (5.1)$$

де P'_i - і-й розмір заготовки, мм;

P_i - і-й розмір деталі, мм;

δ_i - припуск на відповідний і-й розмір деталі, мм;

$\pm \Delta_i/2$ - граничні відхилення на відповідний і-й розмір деталі, мм.

Використовуючи формулу (1.3) і визначаємо остаточні розміри поковки:

$$D' = (345 + 13) \pm 4 = 358 \pm 4 \text{ мм.}$$

$$d' = (141 - 19) \pm 4 = 122 \pm 4 \text{ мм.}$$

$$H' = (45 + 9) \pm 3 = 54 \pm 3 \text{ мм.}$$

Отвір в поковки здійснимо, якщо діаметр внутрішнього отвору більше 40 мм і здійснимо умова:

$$\frac{H'}{d'} < 2,5 \quad (5.2)$$

де H' - загальна висота поковки, мм;

d' - внутрішній діаметр поковки, мм.

Умова (1.4) здійснено, т.к. $\frac{54}{122} = 0,44 < 2,5$, отже, отвір в поковки можна отримати.

Остаточні розміри поковки з призначеними на неї основних припущеннями після перевірки здійсненності отвори наведені на малюнку 5.1.

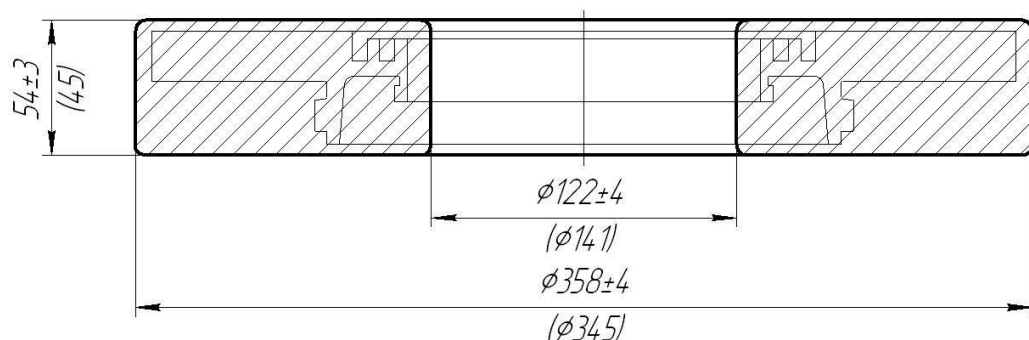


Рисунок 5.1 - Ескіз поковки кованої на молотах

										Арк.
										22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ					

Маса заготовки визначається за формулою:

$$m_3 = \rho \cdot V, \quad (5.3)$$

де ρ - щільність сталі, $\rho=7790$ кг/м³;

V - об'єм заготовки, м³.

Обсяг заготівлі визначається як сума обсягів геометричних тіл, що складають деталь:

$$V = \frac{\pi \cdot D'^2}{4} \cdot H' - \frac{\pi \cdot d'^2}{4} \cdot H', \quad (5.4)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,358'^2}{4} \cdot 0,054' - \frac{3,14 \cdot 0,122'^2}{4} \cdot 0,054 = 0,00480' \text{ м.}$$

Тоді маса заготовки дорівнює:

$$m_3 = 7790 \cdot 0,00480 = 37,4 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{m_D}{m_3}, \quad (5.5)$$

де m_D - маса деталі, $m_D=12,7$ кг.

$$K_3 = \frac{12,7}{37,4} = 0,34.$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$K_{И.М} = \frac{m_D}{m_3 + m_{ОПЗ}}, \quad (5.6)$$

де $m_{ОПЗ}$ - маса відходів виробництва заготовки, для поковок кованих

$$m_{ОПЗ} = 1 \div 3\% m_3, \quad m_{ОПЗ} = 0,75 \text{ кг.}$$

$$K_{И.М} = \frac{12,7}{37,4 + 0,75} = 0,33$$

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 21510039-00 ПЗ

Залежно від матеріалу деталі, типу виробництва, розмірів та конфігурації деталі по [7] с.138, таблиці 21, запропонований метод отримання заготовки: поковка штампована на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП) виконана в закритих штампах.

Для визначення припусків табличним способом проводяться такі розрахунки по [8]:

Клас точності поковки - Т2 (с.28, таблиця 19, додаток 1).

Група сталі - М1 (с.8, таблиця 1).

Коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки $K_p=1,6$ (с.31, таблиця 20, додаток 3).

Орієнтовна (розрахункова) маса поковки визначається за формулою:

$$m_3^p = m_d \cdot p, \quad (5.7)$$

$$m_3^p = 12,7 \cdot 1,6 = 20,3 \text{ кг.}$$

Для визначення ступеня складності необхідно визначити відношення маси G_{Π} поковки до маси G_{Φ} геометричної фігури.

Маса геометричної фігури (циліндра) визначається за формулою:

$$G_{\Phi} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H, \quad (5.8)$$

де D - діаметр циліндра (найбільший діаметр деталі), $D=0,345$ м;

H - висота циліндра (довжина деталі), $H=0,045$ м.

$$G_{\Phi} = 7790 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,345^2}{4} \cdot 0,045 = 32,75 \text{ кг.}$$

Тоді відношення фігур $G_{\Pi}/G_{\Phi}=20,3/32,75=0,62$.

Ступінь складності - С2 (с.29, додаток 2).

Вихідний індекс - 15 (с.10, таблиця 2).

Конфігурація поверхні рознімання штампа - П (плоска) (с.8, таблиця 1).

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості R_a , який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються основні припуски на механічну обробку (с.12, таблиця 3), допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів (с.17, таблиця 8) та допустимі припуски (с.20, таблиці 9,10,11,12,13).

Основні припуски на розміри (на сторону), мм:

3,0 - діаметр 345 мм і шорсткість поверхні $R_a=6,3$ мкм;

2,7 - діаметр 215 мм і шорсткість поверхні $R_a=1,6$ мкм;

2,7 - діаметр 191 мм і шорсткість поверхні $R_a=6,3$ мкм;

2,5 - діаметр 141 мм і шорсткість поверхні $R_a=1,6$ мкм;

2,0 - довжина 20 мм і шорсткість поверхні $R_a=3,2$ мкм;

2,0 - довжина 28 мм і шорсткість поверхні $R_a=3,2$ мкм;

2,5 - довжина 45 мм і шорсткість поверхні $R_a=0,8$ мкм

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні рознімання штамп - 0,3 мм (с.14, таблиця 4);
- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності - 0,4 мм (с.14, таблиця 5);

Розміри поковки, мм:

діаметр $345+(3,0+0,3+0,4)\cdot 2=352,4$ мм приймається 353 мм;

діаметр $215+(2,7+0,3+0,4)\cdot 2=221,8$ мм приймається 222 мм;

діаметр $191-(2,7+0,3+0,4)\cdot 2=184,2$ мм приймається 184 мм;

діаметр $141-(2,5+0,3+0,4)\cdot 2=134,6$ мм приймається 135 мм;

довжина $20+3,0+2,0+0,3+0,4=25,7$ мм приймається 26 мм;

довжина $28+3,0+2,0+0,3+0,4=33,7$ мм приймається 34 мм;

довжина $45+(2,5+0,3+0,4)\cdot 2=51,4$ мм приймається 51 мм.

Допустима висота торцевої задирки, що утворився по контуру пуансона при штампуванні в закритих штампах - 8 мм (с.22, таблиця 11).

Допустиме відхилення по зігнутості, від площинності і прямолінійності - 0,8 мм (с.23, таблиця 13).

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору щодо зовнішнього контуру поковки - 1,0 мм (с.23, таблиця 12). Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору відповідає початку пробивки (з боку входу пуансона в поковки). В кінці пробивки (з боку виходу пуансона) це відхилення може бути збільшено на 25%.

Результати розрахунків припусків і допусків з граничними відхиленнями розмірів зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Зведена таблиця для визначення розмірів заготовки, в міліметрах

Розмір деталі	Основний припуск на сторону	Додатковий припуск на сторону	Розрахунковий розмір заготовки	Допуск і граничні відхилення	Прийнятий розмір заготовки
Ø345	3,0	0,3; 0,4	352,4	4,5 ^{+3,0} _{-1,5}	353 ^{+3,0} _{-1,5}
Ø215	2,7	0,3; 0,4	221,8	4,0 ^{+2,7} _{-1,3}	222 ^{+2,7} _{-1,3}
Ø191	2,7	0,3; 0,4	184,2	4,0 ^{-1,3} _{+2,7}	184 ^{-1,3} _{+2,7}
Ø141	2,5	0,3; 0,4	134,6	3,6 ^{-1,2} _{+2,4}	135 ^{-1,2} _{+2,4}
20	3,0; 2,0	0,3; 0,4	25,7	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}	26 ^{+1,8} _{-1,0}
28	3,0; 2,0	0,3; 0,4	33,7	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}	34 ^{+1,8} _{-1,0}
45	2,5	0,3; 0,4	51,4	3,2 ^{+2,1} _{-1,1}	51 ^{+2,1} _{-1,1}

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою (5.5):

$$K_3 = \frac{12,7}{20,3} = 0,63.$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою (5.6) (для штамповок на КГШП $m_{ОПЗ}=10\% \cdot m_3=10\% \cdot 20,3=2,03$ кг):

$$K_{И.М} = \frac{12,7}{20,3+2,03} = 0,57.$$

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

Вигідніше використовувати заготовку - поковки штамповану на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП) виконана в закритих штампах, ніж поковки ковану на молотах, тому що коефіцієнти використання заготовки і матеріалу в першому випадку вище, ніж ті ж коефіцієнти в другому випадку.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

В даний час існує багато різноманітних технологічних способів отримання поверхонь заданої якості, які забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь деталей, але істотно розрізняються по собівартості і реалізації.

При проектуванні одним із завдань є створення такого технологічного процесу, який забезпечував би задану точність і шорсткість поверхонь деталі, потрібні фізико-механічні якості поверхневого шару матеріалу при найбільшій продуктивності і мінімальній собівартості виробництва.

В даному пункті порівнюється базовий (заводський) і пропонований технологічні процеси, які наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Порівняння базового і пропонованого технологічних процесів

Базовий технологічний процес			Пропонований технологічний процес		
№ операції	Найменування операції	Устаткування	№ операції	Найменування операції	Устаткування
005	Токарно-гвинторізна	16К30	005	Заготівельна	
010	Контрольна ВТК		010	Контрольна ВТК	
015	Токарна з ЧПК	1П732РФ3	015	Термічна	
020	Контрольна ВТК		020	Контрольна ВТК	
025	Розмічальна		025	Маркувальна	
030	Сверлильна з ЧПК	2Р135РФ3	030	Токарна з ЧПК	HAAS TL1
035	Фрезерна з ЧПК	ГФ2171	035	Токарна з ЧПК	HAAS TL1
040	Контрольна ВТК	Ф3	040	Контрольна ВТК	
045	Слюсарна		045	Токарна з ЧПК	HAAS TL1
050	Контрольна ВТК		050	Контрольна ВТК	
			055	Фрезерна з ЧПК	HAAS Mini Mill
			060	Слюсарна	
			065	Контрольна ВТК	
			070	Маркувальна	

6.1 Розрахунки припусків на механічну обробку

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу і інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

Для отримання деталей вищої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 215h9$.

Маршрут обробки даної поверхні вибирається по [7] с.8, таблиця 4 і зводиться в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 - Маршрут обробки поверхні $\varnothing 215h9$

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності IT	Параметр шорсткості Ra, мкм
Заготівельна	T4	50
Точіння чорнове	h12	50-6,3
Точіння чистове	h9	1,6

Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon^2} \right), \quad (6.1)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції) (зневуглецьована або вибілений шар), мкм;

ρ_{i-1} - сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

ϵ_{yi} - похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару h вибираються за таблицями [7]:

- для заготовки (с.186, таблиця 12): Rz=200 мкм; h=250 мкм;

- для точіння чорнового (с. 188, таблиця 25): Rz=50 мкм; h=50 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в патроні отворів визначається за формулою:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{екс}}^2}, \quad (6.2)$$

де $\rho_{\text{см}}$ - допустима похибка поковки зі зміщення осей фігур, по [9] с.169, таблиця 6: $\rho_{\text{см}}=1300$ мкм;

$\rho_{\text{екс}}$ - допустима похибка поковки по ексцентричності отворів, по [9] с.169, таблиця 6: $\rho_{\text{екс}}=1000$ мкм.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1300^2 + 1000^2} = 1640 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$\rho_{\text{заг}} = \rho_y \cdot K, \quad (1.13)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення.

Коефіцієнт уточнення вибирається по [7] с.190, таблиця 29:

- для точіння чорнового: $K_y=0,05$.

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$\rho_{\text{черн}} = 1640 \cdot 0,05 = 82 \text{ мкм.}$$

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її установки. Процес установки включає базування і закріплення. Відхилення в положенні заготовки, що виникає при базуванні, називається похибкою базування ε_6 , а при закріпленні - похибкою закріплення ε_3 .

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 21510039-00 ПЗ

Похибка установки ε_y визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (6.3)$$

При укрупнених розрахунках точності обробки похибка ε_y , відповідною формулою (1.14), можна визначити за таблицями ([4] с.138, таблиця 5):

- для точіння чорнового: $\varepsilon_y=150$ мкм;
- для точіння чистового: $\varepsilon_y=120$ мкм.

Елементи припуску заносяться в таблицю 6.3

Підставивши обрані (Rz , ε_y , h) і розраховані (ρ) значення в формулу (6.1) визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

$$2Z_{min \text{ черн}} = 2 \cdot (200 + 250 + \sqrt{1640^2 + 150^2} = 4194 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min \text{ чис}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{82^2 + 120^2} = 490 \text{ мкм..}$$

Допуск заготовки $\delta_{заг}$ визначений в п.1.4 і дорівнює $\delta_{заг}=4,0$ мм ($es=2,7$ мкм; $ei=-1,3$ мкм).

Допуски по переходах визначаються по [9]:

- для точіння чорнового: $\delta_{чорн}=0,46$ мм ($es=0$ мм; $ei=-0,46$ мм);
- для точіння чистового: $\delta_{чист}=0,115$ мм ($es=0$ мм; $ei=-0,115$ мм).

Розміри поверхні після напівчистового точіння визначаються за формулами:

$$d_{min \text{ чист}} = d_{ном \text{ чист}} + ei_{чист}, \quad (6.4)$$

$$d_{min \text{ чист}} = 215 - 0,115 = 214,885 \text{ мм},$$

$$d_{max \text{ чист}} = d_{ном \text{ чист}} + es_{чист}, \quad (6.5)$$

$$d_{max \text{ чист}} = 215 + 0 = 215 \text{ мм},$$

Номінальний і максимальний припуски на напівчистове точіння визначаються за формулами:

$$2Z_{ном,чист} = 2Z_{min \text{ чист}} + \delta_{чорн}, \quad (6.6)$$

$$2Z_{ном \text{ чист}} = 0,490 + 0,460 = 0,95 \text{ мм},$$

									Арк.
									334
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

$$2Z_{max.чист} = 2Z_{ном.чист} + \delta_{чист}, \quad (6.7)$$

$$2Z_{max.чист} = 0,950 + 0,115 = 1,065 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні після точіння чорнового визначаються за формулами:

$$2Z_{min.черн} = 2Z_{max.чист} + 2Z_{min.чист}, \quad (6.8)$$

$$2Z_{min.черн} = 215,0 + 0,49 = 215,49 \text{ мм,}$$

$$d_{ном.черн} = d_{max.черн} = d_{min.черн} + \delta_{черн}, \quad (6.9)$$

$$d_{ном.черн} = d_{max.черн} = 215,490 + 0,460 = 215,950 \text{ мм.}$$

Номінальний і максимальний припуски на точіння чорнове визначаються за формулами:

$$2Z_{ном.черн} = 2Z_{min.черн} + ei_{заг}, \quad (6.10)$$

$$2Z_{ном.черн} = 4,194 + 1,3 = 5,494 \text{ мм,}$$

$$2Z_{max.черн} = 2Z_{ном.черн} + es_{заг}, \quad (6.11)$$

$$2Z_{max.черн} = 5,494 + 0,460 + 2,7 = 8,654 \text{ мм.}$$

Розміри заготовки визначаються за формулами:

$$d_{ном.заг} = d_{ном.черн} + 2Z_{ном.черн}, \quad (6.12)$$

$$d_{ном.заг} = 215,950 + 5,494 = 221,444 \text{ мм.}$$

Приймаємо номінальний діаметр отвору заготовки 222 мм.

$$d_{max.заг} = d_{ном.заг} + es_{заг}, \quad (6.13)$$

$$d_{max.заг} = 222 + 2,7 = 224,7 \text{ мм,}$$

$$d_{min.заг} = d_{ном.заг} + ei_{заг}, \quad (6.14)$$

$$d_{min.заг} = 222 - 1,3 = 220,7 \text{ мм.}$$

Розраховані значення номінальних і максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться в таблицю 6.3.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок загального припуску на обробку поверхні здійснюється за формулою:

$$2Z_{\text{НОМ.ОБЩ}} = \sum 2Z_{\text{НОМ.М.О.}}, \quad (6.15)$$

де $\sum 2Z_{\text{НОМ.М.О.}}$ - сума номінальних міжопераційних припусків, мм.

$$2Z_{\text{НОМ.ОБЩ}} = 0,950 + 5,494 = 6,444 \text{ мм приймаємо } 7,0 \text{ мм.}$$

Таблиця 6.3 - Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

Технологічні операції (переходи)	Елементи припусків, мкм				Розрахунок припусків, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	Rz _{i-1}	h _{i-1}	ρ _{i-1}	ε _{yi}	2Z _{min}	2Z _{ном.}	2Z _{max}	d _{min}	d _{ном.}	d _{max}
Заготівельна	-	-	-	-	-	-	-	220,7	222,0	224,7
Точіння чорнове	200	250	1640	150	4,194	5,494	8,654	215,490	215,950	215,950
Точіння чистове	50	50	82	120	0,490	0,950	1,065	214,885	215,0	215,0

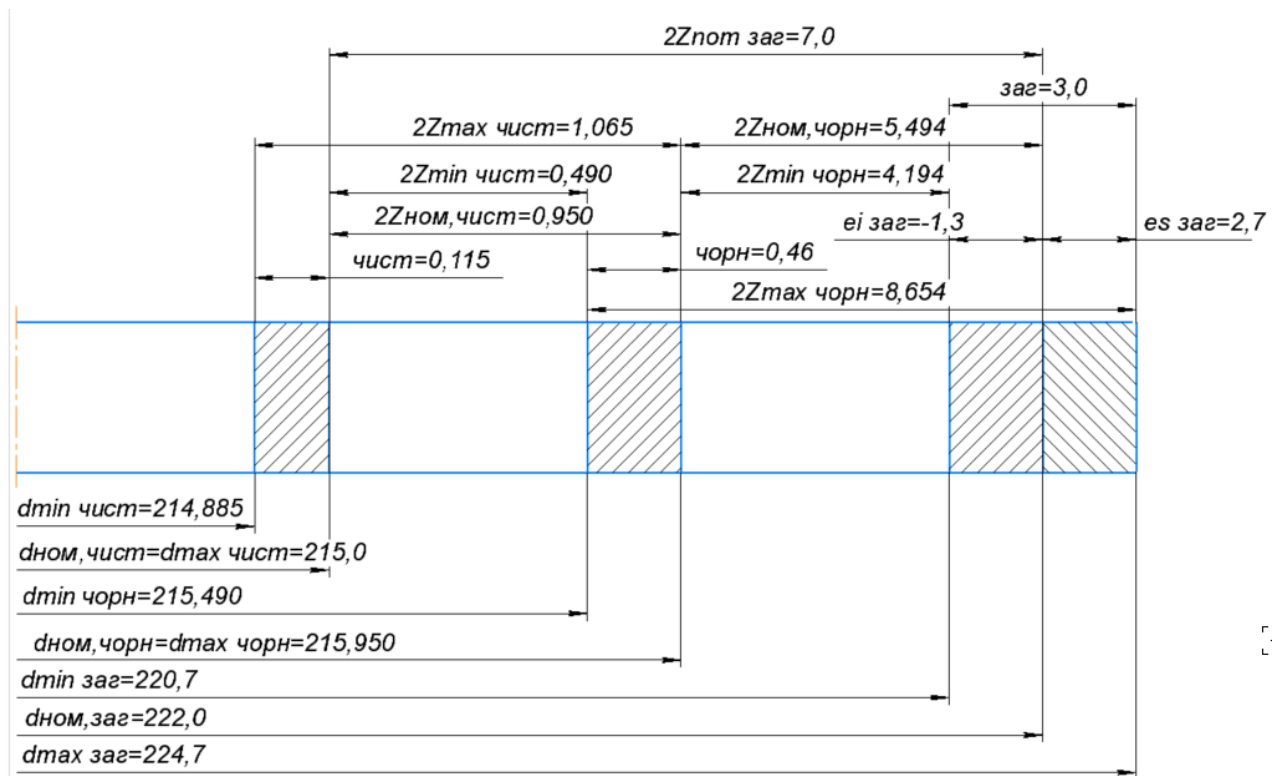


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 150h9$ мм

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

030 Токарна з ЧПК

На даній операції обробляються поверхні, показані на рис. 6.4.

Деталь базується і закріплюється в патроні самоцентруючому трьохкулачковому з кріпленням безпосередньо на фланцеві кінці шпинделя верстата, з цільними кулачками $\varnothing 400$ мм по ГОСТ 2675-80*. Позначення патрона: Патрон 7100-0043 ГОСТ 2675-80*.

В цілому деталь позбавлена п'яти ступенів свободи, мають місце дві технологічні бази:

- установча, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y;
- подвійна опорна, внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 135$ мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

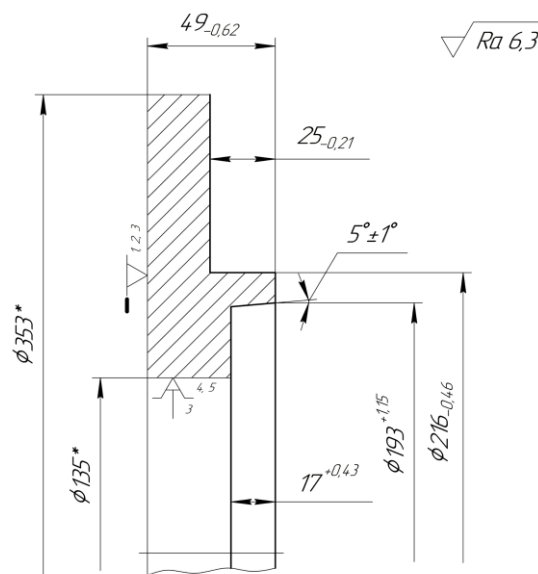


Рисунок 6.2 - Операційний ескіз (операція 030)

055 Фрезерна з ЧПК

На даній операції обробляються поверхні, показані на рисунку 6.3.

Деталь базується і закріплюється в спеціальному пристосуванні з пневматичним приводом.

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

В цілому деталь позбавлена п'яти ступенів свободи. Мають місце дві технологічні бази:

- установча, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y;
- подвійна опорна, внутрішня циліндрична поверхня $\phi 141$ мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

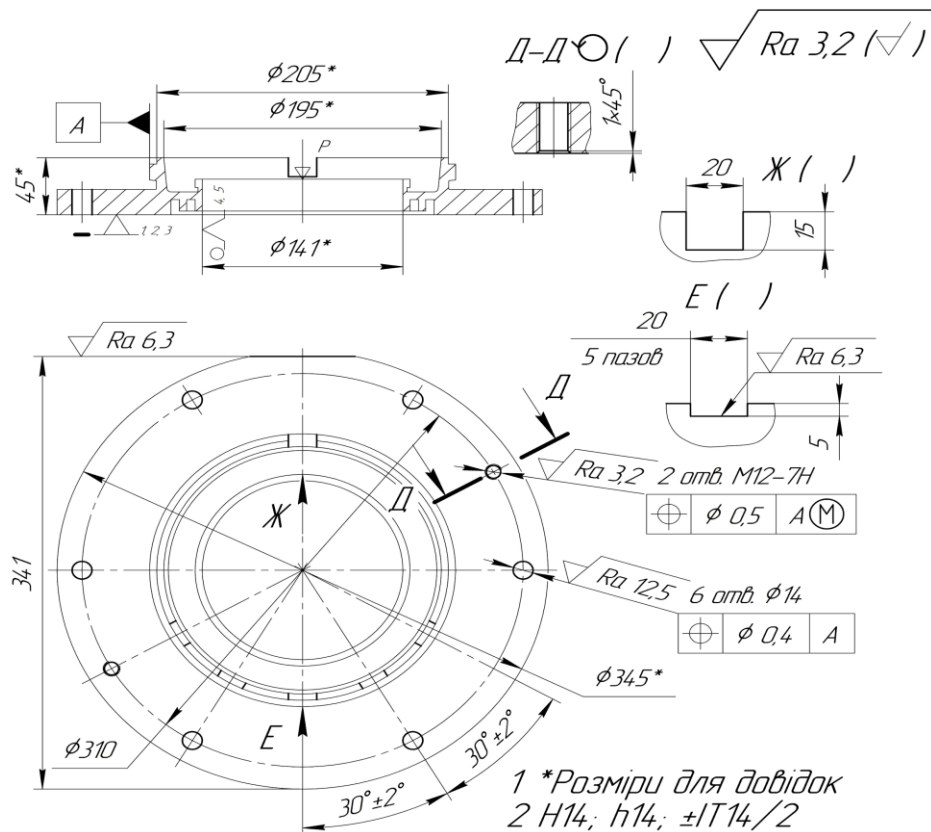


Рисунок 6.3 - Операційний ескіз (операція 055)

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

На токарних операціях пропонованого технологічного процесу використовуються верстати моделі HAAS TL1, т.к. вони дешевші і дозволяють, за своїми технічними даними, вести обробку всіх поверхонь деталі «Ротор». Використовуються системи ЧПК «Fanuc» замість СЧПК 2Н221М, які більш застарілі і практично не використовуються на підприємствах. Технічні характеристики представлені в таблиці 6.4.

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ					

Таблиця 6.4 - Технічна характеристика верстата HAAS TL1

Діаметр патрона, мм	203
Макс. обороти шпинделя, об/хв	1800
Потужність шпинделя, кВт	7.5
Переміщення по осі X, мм	203
Переміщення по осі Z, мм	762
Вага, тон	2.2

На фрезерних операціях використовуються верстати моделі HAAS Mini Mill, вони є сучасними і дозволяють, за своїми технічними даними, вести обробку всіх поверхонь деталі «Ротор». Система ЧПК також «Fanuc», як і у токарних верстатах. Технічні характеристики представлені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Технічна характеристика верстата HAAS Mini Mill

Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв	6000
Потужність шпинделя (пост/макс), кВт	5,6
Величина робочих переміщень по осях, мм по осі X по осі Y по осі Z	406 305 254
Кількість інструментальних позицій у магазині	10
Розміри робочої поверхні столу, мм довжина ширина	730 305
Маса орієнтовна, кг	1820
Габаритні розміри верстата, мм довжина ширина висота	2134 2057 2591

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

030 Токарна з ЧПК

Деталь базується і закріплюється в патроні самоцентруючому трикулачковому з кріпленням безпосередньо на фланцеві кінці шпинделя верстата, з цільними кулачками $\varnothing 400$ мм по ГОСТ 2675-80*. Позначення патрона: Патрон 7100-0043 ГОСТ 2675-80*.

Ріжучий інструмент:

Різець токарний прохідний з механічним кріпленням твердосплавних непереточної пластинки. Позначення: Різець PCLNR 2520 M12 T5K10.

Різець токарний прохідний з механічним кріпленням твердосплавних непереточної пластинки. Позначення: Різець PCLNR 2520 M12 T5K10.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89*.

Шаблон спеціальний кутовий.

055 Фрезерна з ЧПК

Деталь базується і закріплюється в спеціальному пристосуванні з пневматичним приводом.

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева з циліндричним хвостовиком $d=20$ мм, виконання 1. Позначення: Фреза 2220-0021 P6M5 ГОСТ 17025-78*.

Свердел центрувальне комбіноване типу А, діаметром $d=4$ мм, виконання 2. Позначення: Свердло 2317-0007 P6M5 ГОСТ 14952-75*.

Свердло спіральне з конічним хвостовиком $d=14$ мм з нормальним хвостовиком, класу точності В. Позначення: Свердло 2301-0046 P6M5 ГОСТ 10903-77*.

Свердло спіральне з конічним хвостовиком $d=10,2$ мм, класу точності В. Позначення: Свердло 2301-0030 P6M5 ГОСТ 10903-77*.

Зенковка типу 6 (з кутом при вершині 90° з циліндричним хвостовиком), діаметром $d=16$ мм. Позначення: Зенковка 2353-0111 P6M5 ГОСТ 14953-80*.

										Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 21510039-00 ПЗ

Мітчик машинний з укороченою канавкою номінальним діаметром різьби $d=12$ мм, кроком $S=1,75$ мм, ступеня точності Н2, правого. Позначення: Мітчик 2620-0783 Н2 Р6М5 ГОСТ 17931-72*.

Допоміжний інструмент:

Патрон цанговий з конусом 7:24 для кріплення інструменту з циліндричним хвостовиком, виконання 2, з конусом №40.

Позначення: Патрон 2-40-20-100 ГОСТ 26539-83*.

Патрон свердлильний трикулачковий без ключа типорозміру 6 1-го класу точності, з конусним отв. В12. Позначення: Патрон 6-1-В12 ГОСТ 15935-88*.

Втулка перехідна коротка з радіальним биттям конусів 0,02 мм, зовнішнім конусом Морзе 2 і внутрішнім конусом Морзе 1.

Позначення: Втулка 6100-0201 ГОСТ 13598-85*.

Втулка перехідна коротка з радіальним биттям конусів 0,01 мм, зовнішнім конусом Морзе 2 і внутрішнім конусом Морзе 1.

Позначення: Втулка 6100-0141 ГОСТ 13598-85*.

Патрон сверлильний трьохкулачковий без ключа типорозміру 10 1-го класу точності, з конусним отвором В16.

Позначення: Патрон 10-1-В16 ГОСТ 15935-88*.

Патрон для мітчика запобіжний з хвостовиком конуса Морзе 2 і номінальним діаметром різьби М5-М12.

Позначення: Патрон М5-М12-2 ГОСТ 8255-86*.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-Ш-400-0,1 ГОСТ 166-89*.

Калібр-пробка 8133-0928 Н14 ГОСТ 14810-69*.

Пробка 8221-3053 7Н ГОСТ 17758-72*.

Контрольно-вимірювальне пристосування для контролю позиційного допуску.

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93*.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.5 Розрахунки режимів різання

030 Токарна з ЧПК

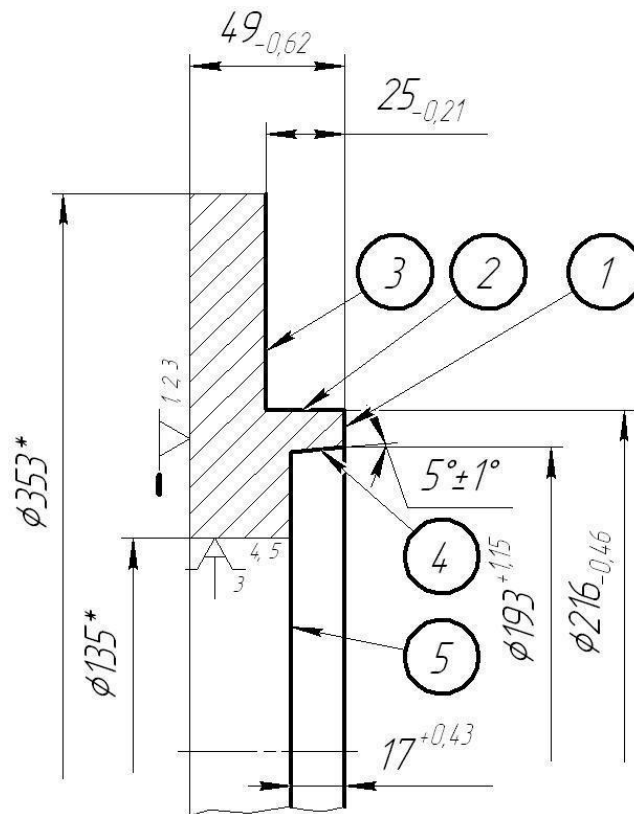


Рисунок 6.4 - Ескіз деталі для нормування операції 030

Вибір режимів різання проводиться по [12].

Стадія обробки - чорнова.

Глибина різання для поверхонь, мм: 1- $t=2,0$; 2- $t=3,0$; 3- $t=2,0$; 4- $t=2,5$; 5- $t=2,0$.

Вибір подачі

Для чорнової стадії обробки значення подач визначаються по карті 4. При точінні деталі з діаметром до 500 мм і глибиною різання до $t=3,0$ мм рекомендується подача $S_{OT} = 1,60$ мм/об (поз. 2, инд. г). Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від інструментального матеріалу $K_{Si} = 1,15$ і способу кріплення пластини $K_{Sp} = 1,0$.

Рекомендовані подачі заносяться в таблицю 6.6.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ					

По карті 5 визначаються поправочні коефіцієнти на подачу чорновий стадії обробки для змінених умов обробки в залежності від:

- перетину державки різця $K_{S_d} = 0,95$;
- міцності ріжучої частини $K_{S_h} = 1,0$;
- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{S_M} = 1,15$;
- схеми установки заготовки $K_{S_y} = 1,2$;
- стану поверхні заготовки $K_{S_{\Pi}} = 0,85$;
- геометричних параметрів різця $K_{S_{\phi}} = 1,0$;
- жорсткості верстата $K_{S_j} = 0,75$.

Остаточно подача чорновий стадії визначається за формулою:

$$S_o = K_{O_{\Pi}} \cdot K_{S_P} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_h} \cdot K_{S_y} \cdot K_{S_{\Pi}} \cdot K_S \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_M} \cdot K_S, \quad (6.15)$$

$$S_o = 1,6 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 1,54 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_o = 1,5 \text{ мм/об.}$

Для чорнової стадії обробки, розраховані подачі перевіряються по осьовій і радіальній складових сили різання, допустимі міцністю механізму подачі верстата.

По карті 32 визначаються табличні значення складових сил різання: при точінні легованої сталі з глибиною різання до $t=3,0 \text{ мм}$ і подачею $S_o = 1,5 \text{ мм/об}$ - $P_{X_T} = 1360 \text{ Н}$ (поз. 3, инд. е); $P_{Y_T} = 530 \text{ Н}$ (поз. 4, инд. е).

По карті 33 визначаються поправочні коефіцієнти на сили різання для змінених умов обробки в залежності від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{P_{M_X}} = K_{P_{M_Y}} = 0,9$;

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- головного кута в плані $K_{P_{\phi x}} = K_{P_{\phi y}} = 1,0$;

- головного переднього кута $K_{P_{\gamma x}} = K_{P_{\gamma y}} = 1,0$;

- кута нахилу кромки $K_{P_{\lambda x}} = K_{P_{\lambda y}} = 1,0$.

Остаточні складові сили різання визначаються за формулами:

$$P_x = P_{x_{п}} \cdot K_{P_x} \cdot K_{P_{\phi x}} \cdot K_{P_{\gamma x}} \cdot K_{P_{\lambda x}}, \quad (6.16)$$

$$P_y = P_{y_{п}} \cdot K_{P_y} \cdot K_{P_{\phi y}} \cdot K_{P_{\gamma y}} \cdot K_{P_{\lambda y}}, \quad (6.17)$$

$$P_x = 1360 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1224 \text{ Н},$$

$$P_y = 530 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}.$$

Розраховані значення складових сил різання менше, ніж допускається механізмом подач верстата: $P_{x_{доп}} = 800 \text{ Н}$; $P_{y_{доп}} = 3600 \text{ Н}$.

Розраховані значення подач для чорнової стадії обробки заносяться в таблицю 1.8.

Вибір швидкості різання

Рекомендовані значення швидкості різання для чорнової стадії обробки вибирається з карти 21. При точінні легованої сталі з кіркою: з глибиною різання до $t=3 \text{ мм}$ і подачею $S_0 = 1,5 \text{ мм/об}$ швидкість різання $V_T = 110 \text{ м/хв}$ (поз. 1, инд. к).

По карті 21 вибирається поправочний коефіцієнт для чорнової стадії обробки в залежності від інструментального матеріалу $K_{V_{и}} = 0,85$.

По карті 23 вибираються інші поправочні коефіцієнти на швидкість різання при чорнової стадії обробки для змінених умов в залежності від:

- групи оброблюваності матеріалу $K_{V_c} = 0,9$;

- виду обробки $K_{V_0} = 1,0$;

- жорсткості верстата $K_{V_i} = 1,0$;

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{V_M} = 1,3$;

- геометричних параметрів різця $K_{V_\phi} = 1,0$;

- періоду стійкості ріжучої частини $K_{V_T} = 1,0$;

- наявності охолодження $K_{V_{ж}} = 1,0$.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						444
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання визначається за формулою:

$$K_V = K_{V_n} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}}, \quad (6.18)$$
$$K_V = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Остаточна швидкість різання при напівчистої стадії обробки визначається за формулою:

$$V = V_T \cdot K_V, \quad (6.19)$$
$$V = 110 \cdot 0,99 = 109 \text{ м/хв.}$$

Табличні і скориговані значення швидкості різання заносяться в таблицю 6.3.

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (6.20)$$

При чорновій стадії обробки поверхні 1:

$$n = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 222} = 156 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання, наявну на верстаті, $n_\phi = 160$ об/хв.

Фактична швидкість різання визначається за формулою:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \quad (6.21)$$
$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 222 \cdot 160}{1000} = 111,5 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок частоти обертання шпинделя, коригування її за паспортом верстата і розрахунок фактичної швидкості різання для інших поверхонь проводяться аналогічно. Результати розрахунків зведені в таблицю 1.8.

Так як верстат HAAS TL1 оснащений автоматичною коробкою швидкостей, то прийняті значення частот обертання шпинделя задаються безпосередньо в керуючій програмі.

Перевірка вибраних режимів по потужності привода головного руху

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для чорнової стадії обробки таблична потужність різання визначається по карті 21 аналогічно табличній швидкості різання, тобто значення N_T визначається з тієї ж клітини в карті 21, що і значення V_T .

При точінні легованої сталі з кіркою: з глибиною різання до $t=3$ мм і подачею $S_o = 1,5$ мм/об потужність різання $N_T = 12$ кВт (поз. 1, инд. к).

По карті 24 визначається поправочний коефіцієнт на потужність в залежності від твердості оброблюваного матеріалу $K_N = 0,8$.

Таблична потужність різання коригується за формулою:

$$N = N_T \cdot K_N \cdot \frac{V_\Phi}{V_T}, \quad (6.22)$$

При чорнової стадії обробки для поверхні 1:

$$N = 12,0 \cdot 0,8 \cdot \frac{111,5}{109} = 9,9 \text{ кВт.}$$

За паспортними даними верстата мод. HAAS TL1: потужність електродвигуна приводу верстата $N = 22$ кВт; ККД верстата $\eta=0,85$. Потужність шпинделя верстата визначається за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N \cdot \eta, \quad (6.23)$$

$$N_{\text{шп}} = 22 \cdot 0,85 = 18,7 \text{ кВт.}$$

Аналогічно розраховуються інші значення потужності різання. Результати розрахунків занесені в таблицю 8. Жодне з розрахованих значень не перевищує потужності приводу головного руху верстата. Отже, встановлений режим різання по потужності здійснимо.

Визначення хвилинної подачі

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_M = n_o \cdot S, \quad (6.24)$$

При чорнової стадії обробки для поверхні 1:

$$S_M = 160 \cdot 1,5 = 240 \text{ мм/мин.}$$

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення хвилинної подачі для інших поверхонь і стадій обробки розраховуються аналогічно і заносяться в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 - Елементи режиму різання для операції 030

Елементи режиму різання	Стадія обробки				
	чорнова				
	№ поверхні				
	1	2	3	4	5
Глибина різання t , мм	2,0	3,0	2,0	2,5	2,0
Таблична подача S_{O_T} , мм/об	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Прийнята подача S_O , мм/об	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Таблична швидкість різання V_T , м/хв	110	110	110	110	110
Скоригований швидкість різання V , м/мин	109	109	109	109	109
Фактичні оберти шпинделя n_ϕ , об/хв	160	160	100	160	160
Фактична швидкість різання V_ϕ , м/хв	111,5	108,5	110,8	97,0	95,6
Таблична потужність різання N_T , кВт	12	12	12	12	12
Фактична потужність різання N , кВт	9,9	9,6	9,8	8,5	8,4
Хвилинна подача S_M , мм/хв	240	240	150	240	240

055 Фрезерна з ЧПК

Вибір режимів різання проводиться по [12].

Режими різання при фрезеруванні

Глибина різання при фрезеруванні:

- 1 - фрезерування лиски: $t=4$ мм;
- 2 - фрезерування паза 20x15: $t=20$ мм;
- 3 - фрезерування 5 пазів 20x5: $t=20$ мм.

Вибір подачі

Подача на зуб при фрезеруванні лиски вибирається по карті 79. При фрезеруванні кінцевою фрезою діаметром 20 мм, глибиною різання до $t=4,0$ мм і шириною фрезерування до 30 мм рекомендується подача $S_{Z_T} = 0,06$ мм/зуб (поз. 12, инд. г)

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ					

Подача на зуб при фрезеруванні пазів вибирається по карті 81. При фрезеруванні кінцевою фрезою діаметром 20 мм і шириною фрезерування до 10 мм рекомендується подача $S_{Z_T} = 0,07$ мм/зуб (поз. 13, инд. а), шириною фрезерування до 15 мм рекомендується подача $S_{Z_T} = 0,05$ мм/зуб (поз. 14, инд. а).

По карті 82 визначаються поправочні коефіцієнти на подачу при фрезеруванні для змінених умов обробки в залежності від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{S_M} = 1,1$;
- матеріалу ріжучої частини фрези $K_{S_{\text{И}}} = 1,0$;
- відношення фактичного числа зубів до нормативного $K_{S_Z} = 0,6$;
- відносини вильоту фрези до діаметру $K_{S_t} = 1,0$.

Остаточно подача на зуб визначається за формулою:

$$S_Z = S_{Z_T} \cdot K_{S_{\text{И}}} \cdot K_{S_Z} \cdot K_{S_t} \cdot K_S, \quad (6.25)$$

$$1 - S_Z = 0,06 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,04 \text{ мм/зуб};$$

$$2 - S_Z = 0,07 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,05 \text{ мм/зуб};$$

$$3 - S_Z = 0,05 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,03 \text{ мм/зуб}.$$

Подача, допустима по шорсткості обробленої поверхні, $S_Z = 0,06$ мм/зуб (карта 83, поз. 12, инд. б).

Остаточно приймаються мінімальні значення: 1 - $S_Z = 0,04$ мм/зуб; 2 - $S_Z = 0,05$ мм/зуб; 3 - мм/зуб.

Вибір швидкості і потужності різання

Швидкість і потужність різання при фрезеруванні лиски вибираються по карті 84, а при фрезеруванні пазів - по карті 87.

При фрезеруванні лиски кінцевою фрезою діаметром 20 мм, глибиною фрезерування $t = 4,0$ мм і подачею на зуб $S_Z = 0,04$ мм/зуб швидкість різання $V_T = 36$ м/хв (поз. 17, инд. в) і потужність різання $N_T = 0,68$ кВт (поз. 17, инд. г).

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При фрезеруванні кінцевою фрезою діаметром 20 мм і шириною фрезерування до 15 мм і подачею на зуб $S_Z = 0,05$ мм/зуб рекомендується швидкість різання $V_T = 20$ м/хв (поз. 14, инд. в) і потужність різання $N_T = 1,25$ кВт (поз. 14, инд. г); шириною фрезерування до 10 мм і подачею на зуб $S_Z = 0,03$ мм/зуб рекомендується швидкість різання $V_T = 23$ м/мин (поз. 13, инд. а) і потужність різання $N_T = 0,63$ кВт (поз. 13, инд. б).

По карті 84 вибираються інші поправочні коефіцієнти на швидкість різання і потужність різання для змінених умов в залежності від:

- групи оброблюваності матеріалу $K_{V_O} = K_{N_O} = 0,8$;
- твердості оброблюваного матеріалу $K_{V_M} = 1,35$, $K_{N_M} = 0,75$;
- матеріалу ріжучої частини фрези $K_{V_{И}} = K_{N_{И}} = 1,0$;
- періоду стійкості ріжучої частини $K_{V_T} = K_{N_T} = 1,0$;
- відносини фактичної ширини фрезерування до нормативної:

поверхня 1, 2: $K_{V_B} = K_{N_B} = 1,0$;

поверхня 3: $K_{V_B} = K_{N_B} = 1,2$;

- стану поверхні заготовки $K_{V_{П}} = K_{N_{П}} = 1,0$;

- наявність охолодження $K_{V_{Ж}} = K_{N_{Ж}} = 1,0$.

Остаточна швидкість і потужність різання визначаються за формулами:

$$V = K_{N_T} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{И}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_B} \cdot K_{V_{П}} \cdot K_{V_{Ж}}, \quad (6.25)$$

$$N = N_{K_T} \cdot N_{V_O} \cdot N_{V_M} \cdot N_{V_{И}} \cdot N_{V_T} \cdot N_{V_B} \cdot N_{V_{П}} \cdot N_{V_{Ж}}, \quad (6.26)$$

Поверхня 1: $V = 36 \cdot 0,8 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 38,9$ м/хв;
 $N = 0,68 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,41$ кВт.

Поверхня 2: $V = 20 \cdot 0,8 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 21,6$ м/хв;
 $N = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$ кВт.

Поверхня 3: $V = 23 \cdot 0,8 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 29,8$ м/хв;
 $N = 0,63 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,45$ кВт.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання шпинделя визначається за формулою (6.25):

$$1 - n = \frac{1000 \cdot 38,8}{3,14 \cdot 20} = 619 \text{ об/хв};$$

$$2 - n = \frac{1000 \cdot 21,6}{3,14 \cdot 20} = 344 \text{ об/хв};$$

$$3 - n = \frac{1000 \cdot 29,8}{3,14 \cdot 20} = 475 \text{ об/хв}.$$

Так як верстат мод. HAAS Mini Mill має безступінчасте регулювання частоти обертання, то коригувати швидкість різання немає необхідності.

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_M = n \cdot S_z \cdot z, \quad (6.27)$$

$$1 - S_M = 619 \cdot 0,04 \cdot 6 = 148,6 \text{ мм/хв};$$

$$2 - S_M = 344 \cdot 0,05 \cdot 6 = 103,2 \text{ мм/хв};$$

$$3 - S_M = 475 \cdot 0,03 \cdot 6 = 85,5 \text{ мм/хв}$$

Режими різання під час свердління

Подача, швидкість, потужність і осьова сила різання вибираються по карті 46-51 для найближчого більшого табличного значення діаметра інструмента. Вибрані режими різання зводяться в таблицю 1.10.

Величини частот обертання для табличних значень швидкості різання визначається за формулою (1.32):

$$\text{центрування отвору } \varnothing 4 - n_T = \frac{1000 \cdot 27,3}{3,14 \cdot 4} = 2174 \text{ об/хв}.$$

Для інших переходів розрахунок ведеться аналогічно. Дані розрахунків зведені в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7 - Табличні значення режимів різання

Перехід	$S_{от}$, мм/об	V_T , м/хв	N_T , кВт	P_T , Н	$M_{кр}$, Н·м	n_T , об/хв
Центрування $\varnothing 4$	0,09	27,3	0,19	580	-	2174
Свердління $\varnothing 14$	0,29	21,0	1,10	4866	-	478
Свердління $\varnothing 10,2$	0,14	24,6	0,60	2300	-	768
Зенкування фаски	0,05	15,4	0,30	96	-	409
Різьбонарізання	1,75	10,7	0,53	40	1,8	284

Табличні значення режимів різання коригуються в залежності від змінених умов роботи за формулами коригування карта 52. Формули зведені в таблицю 6.8.

Таблиця 6.8 - Формули коригування табличних значень

Перехід	Режим різання	Формула коригування
Свердління	Подача S	$S = S_{OT} \cdot K_{SM}$
	Швидкість V	$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{TV} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{VW}$
	Потужність N	$N = N_T / K_{NM}$
	Сила P	$P = P_T / K_{PM}$
Зенкування	Подача S	$S = S_{OT} \cdot K_{SM}$
	Швидкість V	$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{TV} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{VW}$
	Потужність N	$N = N_T / K_{NM}$
	Сила P	$P = P_T / K_{PM}$
Різьбонарізання	Швидкість V	$V = V_K \cdot K_{VM} \cdot K_V$
	Сила P	$P = P_T / K_{PM}$
	Обертаючий момент	$M_{KP} = M_{KPT} / K_{MM}$
	M _{KP}	

Значення поправочних коефіцієнтів вибираються по карті 53 і зводяться в таблицю 6.9.

Таблиця 6.9 - Значення поправочних коефіцієнтів на режими різання під час свердління, зенкування і різьбонарізання

Коефіцієнт	K_{SM}	K_{VM}	K_V	$K_{ж}$	K_{r}	K_{II}	K_{II}	K_{VL}	K_{VW}	K_K	K_{NM}	K_{PM}	K_{MM}
Значення	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8

Частота обертання шпинделя для скоригованої швидкості різання розраховується за формулою (1.32). Скориговані значення режимів різання зведені в таблицю 6.10.

Таблиця 6.10 - Скориговані значення режимів різання під час свердління, зенкування і різьбонарізання

Перехід	S _o , мм/об	V, м/хв	N, кВт	P, Н	M _{KP} , Н·м	n, об/хв
Центрування Ø4	0,07	24,0	0,24	725	-	1910
Свердління Ø14	0,23	18,5	1,38	6083	-	420
Свердління Ø10,2	0,11	21,6	0,75	2875	-	675
Зенкування фаски	0,04	13,6	0,38	120	-	270
Різьбонарізання	1,75	8,6	-	50	2,25	228

Хвилинна подача розраховується за формулою (1.36):

при центруванні $\varnothing 4$ - $S_M = 1910 \cdot 0,07 = 134$ мм/хв;

при свердлінні $\varnothing 14$ - $S_M = 420 \cdot 0,23 = 97$ мм/хв;

при свердлінні $\varnothing 10,2$ - $S_M = 675 \cdot 0,11 = 74$ мм/хв;

при зенкуванні фасок - $S_M = 270 \cdot 0,04 = 11$ мм/хв;

при нарізанні різьби - $S_M = 228 \cdot 1,75 = 400$ мм/хв.

Згідно з паспортом верстата потужність його двигуна $N=10,0$ кВт, коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,8$. Потужність шпинделя верстата визначається за формулою (1.35):

$$N_{\text{шп}} = 10,0 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВт.}$$

З усіх розрахованих переходів найбільша потужність різання відповідає свердлінню отворів $\varnothing 14$ - $N = 1,38$ кВт. Жодне з розрахованих значень не перевищує потужності приводу головного руху верстата. Отже, встановлений режим різання по потужності здійснимо.

6.6 Технічне нормування операцій

Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою.

Час автоматичної роботи верстата за програмою визначено в таблиці 6.11.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_B = T_{B.\text{уст}} + T_{B.\text{оп.}} + T_{B.\text{изм.}}, \quad (6.28)$$

де $T_{B.\text{уст.}}$ - час на установку і зняття деталі, по [13] с.52, карті 3: при установці деталі в трикулачні патроні $T_{B.\text{уст.}} = 0,30$ хв;

$T_{B.\text{оп.}}$ - час пов'язаний з операцією, по [13] с.79, карті 14 $T_{B.\text{оп.}} = 0,23$ хв;

$T_{B.\text{изм.}}$ - час на вимірювання, по [13] с.80, карті 15: $T_{B.\text{изм.}} = 0,35$ хв.

$$T_B = 0,30 + 0,23 + 0,35 = 0,88 \text{ хв}$$

										Арк.
										49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 21510039-00 ПЗ

Таблиця 6.11 - Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою

Ділянка траєкторії	Приріст по осі Z, ΔZ, мм	Приріст по осі X, ΔX, мм	Довжина і-ої ділянки траєкторії L _i , мм	Хвилинна подача на і-й ділянці S _{мі} , мм/хв	Основний час автоматичної роботи верстата за програмою T _о , хв	Машинно-поміжний час T _м , хв
PI3-PI1	-	-	-	-	-	0,15
0-1	-	67	67	2000	-	0,03
1-2	100	-	100	4000	-	0,03
2-3	-	23	23	240	0,10	-
3-4	2	2	2,83	2000	-	0,01
4-5	-	16	16	4000	-	0,01
5-6	27	-	27	240	0,11	-
6-7	3	3	4,24	2000	-	0,01
7-8	-	68	68	2000	-	0,03
8-9	3	-	3	4000	-	0,01
9-10	-	71	71	150	0,47	-
10-11	3	3	4,24	2000	-	0,01
11-0	125	69	142,78	4000	-	0,04
PI1-PI3	-	-	-	-	-	0,08
0-1	-	82,41	82,41	2000	-	0,04
1-2	99	-	99	4000	-	0,02
2-3	18	2,49	18,17	240	0,08	-
3-4	2	-	2	4000	-	0,01
4-5	-	5,1	5,1	2000	-	0,01
5-6	2	-	2	4000	-	0,01
6-7	-	5,1	5,1	240	0,02	-
7-8	18	-	18	4000	-	0,01
8-0	99	84,9	130,42	4000	-	0,03
Час автоматичної роботи верстата за програмою, хв					1,32	

Норма штучного часу розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100}\right), \quad (6.29)$$

де $a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби по [13] с.90, карті 16: $a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}} = 9\%$.

$$T_{\text{тш}} = (1,07 + 1,48) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 2,78 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу T_{пз} визначається по [13] с.96, карта 21 і складається з :

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту і пристосування - 11,0 хв;
- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації - 4,0 хв;

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- часу на інструктаж майстра - 9,0 хв;
- часу на установку первісних режимів роботи верстата - 0,25 хв;
- часу на настроювання пристрою для подачі МОР- 0,25 хв.

$$T_{ПЗ} = 11,0 + 4,0 + 9,0 + 0,25 + 0,25 = 24,5 \text{ хв.}$$

Норми часу на операції фрезерної з ЧПК

Час автоматичної роботи верстата за програмою зведено в таблицю 6.10.

Допоміжний час визначається за формулою (1.37):

- час на установку-зняття деталі $T_{В.уст.} = 0,60$ мин по [13] карта 13;
- час, пов'язане з операцією $T_{В.оп.} = 0,35$ мин по [13] карта 14;
- час на вимірювання $T_{В.изм.} = 1,8$ мин по [13] карта 15.

$$T_{В} = 0,70 + 0,32 + 1,80 = 2,82 \text{ хв.}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби по [13] с.90, карта 16: $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 9\%$.

Норми штучного часу визначається за формулою (1.38):

$$T_{ТШ} = (3,8 + 2,75) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 7,14 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.12 - Режими різання і норми часу на операцію 055

Переходи	Вибір і розрахунок режимів різання і часу									
	D, мм	t, мм	S _o , мм/об	n, об/хв	V _ф , м/хв	N _ф , кВт	S _{мин} , мм/хв	T _o , хв	T _{ца} , хв	T _в , хв
Лиска 1341	20	4,0	0,24	619	38,9	0,41	148,6	0,67	4,17	2,82
Паз 20x15	20	20,0	0,30	344	21,6	0,75	103,2	0,48		
Паз 20x5	20	20,0	0,18	475	29,8	0,45	85,5	2,34		
Центрувати отв. 1-8	4,0	2,0	0,07	1910	24,0	0,24	134	1,05		
Свердлити отв. 1-3, 5-7	14,0	7,0	0,23	420	18,5	1,38	97	2,86		
Свердлити отв. 8, 4	10,2	5,1	0,11	675	21,6	0,75	74	1,20		
Зенковать фаски отв. 4, 8	12,0	1,0	0,04	270	13,6	0,38	11	1,40		
Нарізати різьбу отв. 8, 4	12,0	,75	1,75	228	8,6	-	400	0,85		
Штучний час T _{шт} , хв									7,14	

Норма підготовчо-заключного часу $T_{ПЗ}$ визначається по [13] с.96, карта 21 і складається з:

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту і пристосування - 10,0 мин;
- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації - 4,0 мин;
- часу на інструктаж майстра - 7,0 мин;
- часу на установку первісних режимів роботи верстата - 0,35 мин;
- часу на настроювання пристрою для подачі МОР - 0,45 мин.

$$T_{ПЗ} = 10,0 + 4,0 + 7,0 + 0,35 + 0,45 = 21,8 \text{ хв.}$$

Режими різання і норми часу на операції 035 і 045 токарні із ЧПК розраховуються аналогічно з операцією 030, і зведені в таблиці 6.13 і 6.14 відповідно.

Таблиця 6.13 - Режими різання і норми часу на операції 035

Оброблювана поверхня	Режими різання					Норми часу			
	Глибина різання t , мм	Число проходів i	Подача S , мм/об	Частота обертання шпинделя n , об/хв	Швидкість різання V , м/хв	Основний час T_0 , хв	Допоміжний час $T_в$, хв	Штучний час $T_{шт}$, хв	Підготовчо-заключний час $T_{ПЗ}$, хв
Поверхня $\varnothing 345$	4,0	1	1,5	100	108,3	0,14	0,94	3,24	19,8
Торець $\varnothing 345/\varnothing 135$	3,0	1	1,5	100	108,3	0,70			
Поверхня $\varnothing 141$	3,0	1	1,5	200	88,5	0,10			
Торець $\varnothing 141/\varnothing 185$	3,0	1	1,5	160	92,9	0,10			
Канавка $\varnothing 185/\varnothing 173$	6,0	1	1,0	160	92,9	0,07			
Канавка $\varnothing 163/\varnothing 151$	6,0	1	1,0	160	83,4	0,07			
Всього	-					1,98			

Таблиця 6.14 - Режими різання і норми часу на операції 045

Оброблювана поверхня	Режими різання					Норми часу						
	Глибина різання t, мм	Число проходів і	Подача S, мм/об	Частота обертання шпинделя n, об/хв	Швидкість різання V, м/хв	Основний час T _о , хв	Допоміжний час T _в , хв	Штучний час T _{шт} , хв	Підготовчо- заклучний час T _{пз} , хв			
Торець Ø216/Ø193	1,0	1	1,2	160	108,5	0,08	1,15	3,78	18,4			
Поверхня Ø205	2,5	1	1,2	160	103,0	0,03						
Торець Ø205/Ø215	1,0	1	1,2	160	108,5	0,03						
Поверхня Ø215	0,5	1	1,2	160	108,5	0,10						
Торець Ø345/Ø215	1,0	1	1,2	100	108,3	0,49						
Торець l27	8,0	2	0,9	200	119,3	0,13						
Конус ∠5°	1,0	1	0,9	200	122,5	0,17						
Галтель R3	1,0	1	0,9	200	119,3	0,02						
Поверхня Ø151	0,5	1	1,2	250	118,5	0,04						
Торець Ø151/Ø141	1,0	1	1,2	250	118,5	0,03						
Канавка b7	3,5	2	0,9	160	108,5	0,11						
Канавка b3,5	3,5	1	0,9	250	118,5	0,02						
Всього	-					2,1						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 21510039-00 ПЗ

Арк.

53

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

7.1 Обґрунтування вибору верстатного пристрою

Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, об'єднати три операції в одну фрезерну з ЧПУ, підвищити стабільність параметрів точності операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему універсальних безналадочних пристосувань (УБП) [15] с.205. В якості базового варіанту приймаємо стіл нерухомий круглий з пневматичним затискачем і Т-образними пазами на робочій поверхні. Основні розміри столу по ГОСТ 20218-74*.

Таблиця 7.1 - Технічна характеристика пристосування:

Робочий тиск, МПа	0,4
Діаметр штока, мм	56
Діаметр пневмоциліндра, мм	250
Хід штока, мм	12
Габаритні розміри пристосування, мм: - довжина - ширина - висота	547 400 208
Маса пристосування, кг	74,17

7.2 З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку що надходить на операцію. Аналіз точності поверхні, які можуть бути базовими

В даний час заготовка обробляється на двох операціях (фрезерна з ЧПК - фрезерується лиска, паз 20x15 і 7 пазів 20x5; сверлильна з ЧПК - свердлити 6 отворів Ø14 мм і 2 отвори під різьбу М12-7Н; слюсарна - знімаються фаски в отворах під різьбу і нарізається дві різьби М12-7Н) на універсальному обладнанні з ручним приводом.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

7.3 Розробка та обґрунтування схеми базування

Похибка базування визначається на діаметр $141H11(+0,25)$. Для отримання необхідної точності оброблюваної деталі потрібно, щоб виконувалася умова:

$$\varepsilon_{\text{б}} \leq \varepsilon_{\text{доп}}, \quad (7.1)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - дійсна похибка базування, мм;

$\varepsilon_{\text{доп}}$ - допустима похибка базування, мм.

Дійсна похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{\delta_{\text{д}} + \delta_{\text{ц}}}{2}, \quad (7.2)$$

де $\delta_{\text{д}}$ - допуск внутрішнього діаметра кришки $\text{Ø}141H11(+0,25)$, $\delta_{\text{д}}=0,25$ мм;

$\delta_{\text{ц}}$ - допуск поверхні $\text{Ø}141d11(-0,145 \text{ } ^{-0,395})$, $\delta_{\text{ц}}=0,25$ мм.

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{0,25+0,25}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Допустима похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \delta - \omega, \quad (7.3)$$

де δ - допуск на розмір деталі, $\delta = 1,3$ мм;

ω - точність обробки деталі, що досягається при виконанні даної операції, по [7] с.10, таблиця 7 $\omega = 0,25$ мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 1,3 - 0,25 = 1,05 \text{ мм.}$$

Умова (1.43) виконується ($0,25 < 1,05$), отже, обробка на даній операції можлива і буде досягнута необхідна точність.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4 Розрахунок сил закріплення

Сили діючі на заготовку представлені на малюнку 7.1.

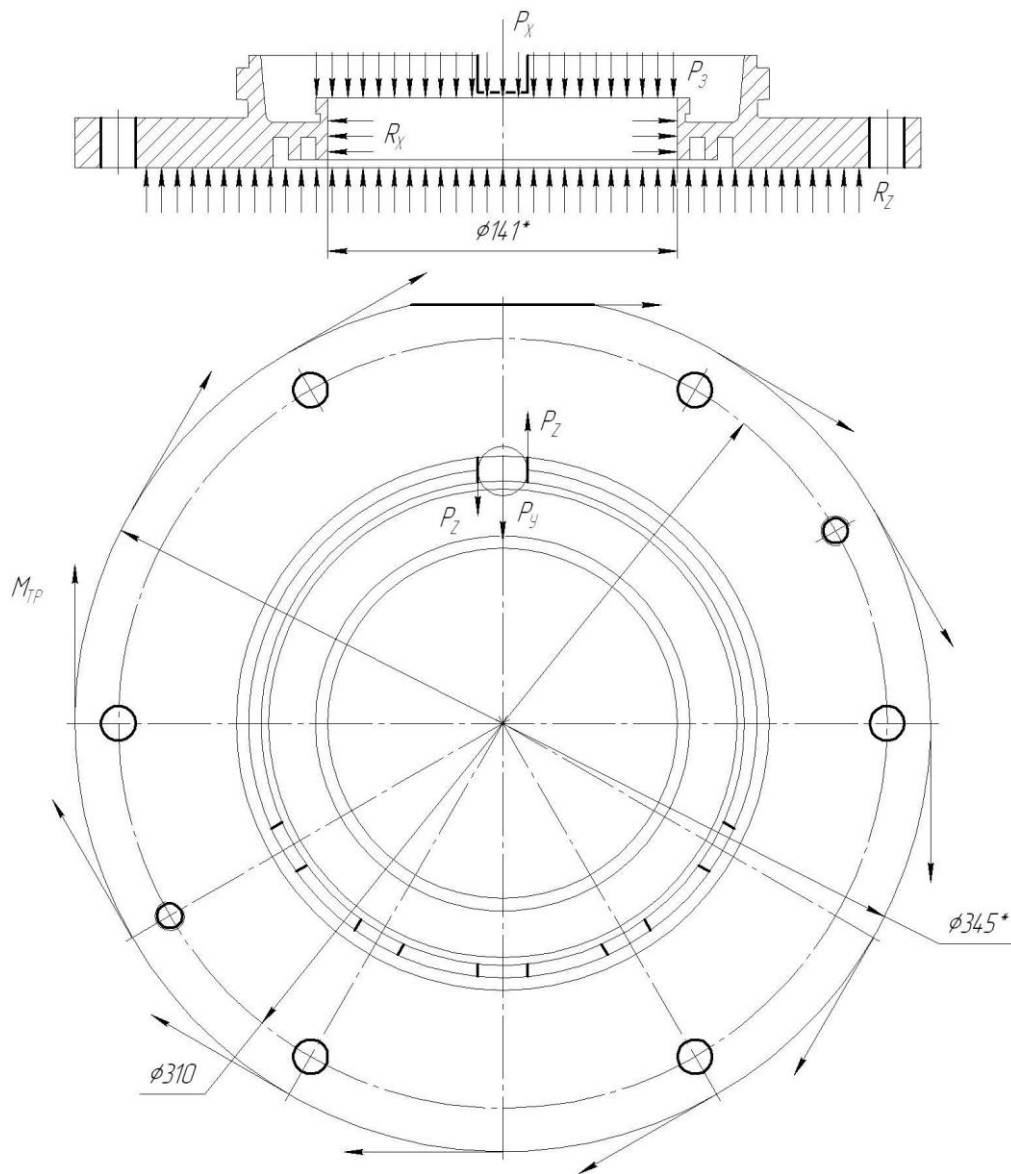


Рисунок 7.1 - Сили, що діють на заготовку

З умови непроворота заготовки [11] с.81 для циліндричної заготовки діаметром бази D встановленої оправки і навантаженої крутним моментом сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{KP}}{R \cdot f}, \quad (7.3)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 21510039-00 ПЗ

Арк.

56

де K - коефіцієнт запасу;

$M_{\text{КР}}$ - крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, Н·м;

R - приведений радіус точки прикладання сили, м;

f - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами, по [11] с.85, таблиця 10 при контакті обробленої заготовки з опорами і затискними елементами пристосування $f = 0,16$.

Коефіцієнт запасу K вводять в формули при обчисленні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [11] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.4)$$

де K_0 - коефіцієнт гарантованого зазору, $K_0 = 1,5$;

K_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях, при чистової обробки $K_1 = 1,0$;

K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, по [2] с.84, таблиці 9 $K_2 = 1,3$;

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому точенні і торцевому фрезеруванні, $K_3 = 1,0$;

K_4 - коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмоцилиндрів подвійної дії $K_4 = 1,0$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5 = 1,0$;

K_6 - коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,95$$

Оскільки розрахункове значення коефіцієнта запасу K виявилось менше 2,5, приймаємо значення $K=2,5$.

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 21510039-00 ПЗ

Крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, визначається за формулою:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (7.4)$$

де P_Z - окружна сила (головна складова сили різання), Н;

D - діаметр фрези, $D = 20$ мм.

Головна складова сили різання визначається за формулою:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (7.5)$$

де C_P - коефіцієнт, по [11] с.291, таблиця 41 $C_P = 68,2$;

x, y, n, q, w показники ступеня, по [11] с.291, таблиця 41 $x = 0,86$;

- $y = 0,75$; $n = 1,00$; $q = 0,86$; $w = 0$;

t^x - глибина фрезерування, $t = 20$ мм;

S_Z^y - подача на один зуб при фрезеруванні, див. п. 1.7.2 $S_Z = 0,05$ мм/зуб;

B^n - ширина фрезерування, $B = 15$ мм;

z - число зубів фрези, $z = 6$;

n^w - частота обертання шпинделя, див. таблицю 1.14 $n = 344$ об/хв;

K_{MP} - поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, визначається за формулою:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right), \quad (7.6)$$

де σ_B - тимчасовий опір, див. п. 1.2 $\sigma_B = 520$ МПа;

n - показник ступеня, по [2] с.264, таблиці 9 $n = 0,3$.

									Арк.
									58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 21510039-00 ПЗ				

$$K_{MP} = \left(\frac{520}{750}\right)^{0,3} = 0,90.$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (7.5), визначаємо головну складову сили різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 20^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 15^{1,0} \cdot 6}{20^{0,86} \cdot 344^0} \cdot 0,90 = 6390 \text{ Н.}$$

Підставивши розраховане значення окружної сили в формулу (7.6), визначаємо крутний момент при фрезеруванні:

$$M_{KP} = \frac{6390 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 639 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Наведений радіус точки прикладання сили, визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (7.7)$$

де D - більший діаметр заготовки при закріпленні, D=0,151 м;

d - менший діаметр заготовки при закріпленні, d=0,141 м.

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,151^3 - 0,141^3}{0,151^2 - 0,141^2} = 0,073 \text{ м.}$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (1.46), визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = \frac{2,5 \cdot 639}{0,073 \cdot 0,16} = 13677 \text{ Н.}$$

7.5 Розрахунки точності пристрою

Дійсна сила на штоку для циліндра двосторонньої дії при подачі повітря в штокову порожнину розраховується за формулою:

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_d = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\Pi}^2 - d_{\text{ш}}^2) \cdot \rho \cdot \eta, \quad (7.8)$$

де D_{Π} - діаметр пневмоциліндра, мм;
 $d_{\text{ш}}$ - діаметр штока, приймаємо $d_{\text{ш}} = 56$ мм;
 ρ - розрахунковий тиск, $p = 0,4$ МПа;
 η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,9$.

Діаметр пневмоциліндра, що забезпечує необхідну силу закріплення заготовки, визначається за формулою:

$$D_{\Pi} = \sqrt{d_{\text{ш}}^2 + \frac{4 \cdot 13677 \cdot P_3}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \quad (7.9)$$

$$D_{\Pi} = \sqrt{56^2 + \frac{4 \cdot 13677}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 227 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр стаціонарного поршневого пневмоциліндра по [11] с.91, таблиця 17: $D_{\Pi} = 250$ мм.

Дійсна сила закріплення заготовки на штоку пневмоциліндра:

$$P_d = \frac{3,14}{4} \cdot (250^2 - 56^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 16776 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

7.6 Опис пристрою та принципу його роботи

В якості базового варіанту приймаємо стіл нерухомий круглий з пневматичним затискачем і Т-образними пазами на робочій поверхні. Основні розміри столу по ГОСТ 20218-74*.

Поворотні столи доступні в діаметрах 320, 400, 500 і 630 мм. Для

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закріплення заготовок деякі столи мають вбудований пневматичний або гідравлічний привід. Столи можна повертати вручну або механічно. Для механічного приводу круглих столів в механізмі подачі верстата є спеціальний ролик. На деяких фрезерних верстатах обертання столу передається від ходового гвинта поздовжньої подачі.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						664
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, розроблений технологічний процес обробки деталі «Ротор», яка входить до складу складальних одиниць центрифуги типу ОГШ-502К-12.

Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. Був визначений тип виробництва – середньо серійний. В якості заготовки була прийнята поковка штампована на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП) виконана в закритих штампах. Виконано аналіз існуючого типового та запропонованого технологічного процесу, обґрунтовано вибір металорізального верстата, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювальних інструментів на операціях технологічного процесу. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій та норми часу за табличним методом.

Спроектовано верстатний пристрій на операцію 055 фрезерна з ЧПК, розроблено та обґрунтував схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізувано структуру полів збурюючих та врівноважуючих сил, зробив опис пристрою та принцип його роботи.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Коваленко, І. В.** Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. – К.: Інрес : Воля, 2005. – 264 с.
2. **Добрянський, С. С.** Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. **Попович, В. В.** Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підруч. для вищ. навч. закл. / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
4. **Бойко, Ю. І.** Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
5. **Дикань, В. Л.** Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
6. Вертикально-фрезерний верстат 6P13 [Електронний ресурс]: WEB-сайт. – Режим доступу: <https://stankocentr.com.ua/purchase/vertikalno-frezernye-stanki/vertikalno-frezernyi-standok-6r13-6t13-6m13p-6n13p-6n13>. – Назва з екрану.
7. **Мазур, М. П.** Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
8. **Паливода, Ю. Є.** Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
9. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
10. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з

										Арк.
										63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 21510039-00 ПЗ

технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

11. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

12. **Петраков, Ю. В.** Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

					ТМ 21510039-00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		