

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Віталій ІВАНОВ

_____ . _____ . 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**
освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**
на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ПРОБКИ 380015–100.13

Здобувача групи **ТМ-91-1**

Мовчан Роман Валентинович

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

Роман МОВЧАН

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доцент, канд. техн. наук, доцент **Артем ЄВТУХОВ**

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

(підпис)

Консультант

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

(підпис)

Суми – 2023

РЕФЕРАТ

Записка: 47 с., 18 рис., 35 табл., 4 додатка, 11 використаних джерел.

Об'єкт роботи – пробка 380015–100.13 кульового крана з ручним приводом DN100, PN8, технологічний процес її виготовлення.

Предмет роботи – структура та параметри технологічного процесу виготовлення пробки 380015–100.13.

Мета роботи – підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення пробки 380015–100.13.

Виконаний аналіз службового призначення виробу – кульового крана та деталі – пробки, технічних вимог на їх виготовлення. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – дрібносерійний. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки та розроблені технічні вимоги до неї.

Розраховані припуски на механічну операцію за програмою «prp» на ЕОМ. Вибрані схеми базування і закріплення заготовки на операції 035 «Горизонтально-фрезерна» та 045 «Круглошліфувальна». Запропоновані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій для оброблення заготовок на операції 035 «Горизонтально-фрезерна».

Вирішені питання із охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях працюючих робітників.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, ПРИПУСК, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	9
3 Визначення типу та форми організації виробництва	14
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	20
6 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	23
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	23
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	25
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	29
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	30
6.5 Розрахунок режимів різання	31
6.6 Технічне нормування операцій	35
7 Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	38
Висновки	45
Перелік джерел посилання	46

					ТМ 21510029–00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Мовчан			Проектування технологічного процесу виготовлення пробки 380015–100.13. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Євтухов					3	47
Реценз.						СумДУ, ТМ-91-1		
Н. Контр.		Дегтярьов						
Затв.		Іванов						

ВСТУП

Машинобудування є важливою галуззю народного господарства України. Її продукція – вироби різного призначення, які поставляються до всіх галузей промисловості. Темпи впровадження нової техніки суттєво залежить від рівня розвитку машинобудування. Перехід машинобудування на нові методи керування, застосування нових досягнень та розробок науки, впровадження новітніх технологій і розширення номенклатури виробів призведе до підвищення рівня всіх сумісних галузей промисловості.

Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується не тільки поліпшенням конструкцій виробів, але і удосконаленням технології їх виготовлення. Важливо якісно і в задані строки виготовити виріб із мінімальними витратами матеріалів, енергії, живого труда. В технології машинобудування важливі всі етапи – від отримання заготовки до приймання готових виробів. Але особлива увага приділяється механічній обробки заготовок та складанню виробів, які є визначальними за всім циклом їх виготовлення.

Так в нафтопереробній та газовій галузях перед технологами постала задача розробки і удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення кульових кранів. Для її досягнення в технологічному процесі виготовлення цих виробів застосовуються нові матеріали, технологічне оснащення. Особлива увага приділяється удосконаленню технологічному процесу з метою скорочення трудомісткості та строків їх виготовлення.

В бакалаврській роботі вирішується задача розробки раціонального технологічного процесу виготовлення пробки кульового крана на базі впровадження нового обладнання з ЧПК, удосконалення методів отримання вихідної заготовки, механічної обробки, розроблення пристроїв, застосування різального та вимірювального інструментів.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Крани кульові, сталеві, вварені з умовним проходом DN100 ($D_y = 100$ мм), умовним тиском PN8 ($P_y = 80$ кгс/см²) та ручним приводом є запірними пристроями і застосовуються в трубопроводах та промислових установках транспортуючих природний газ в кліматичних районах із помірним кліматом. Крани виготовляються із кліматичним виконанням УХП1 згідно ГОСТ 15150-88. Технічна характеристика кульового крана DN100, PN8 наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика крана DN100, PN8

Найменування параметра	Значення
Температура робочого середовища, °С	от -40 до +80
Температура зовнішнього середовища, °С	от -60 до +50
Номінальний діаметр, мм	100
Номінальний тиск, МПа (кгс/см ²)	8 (80)
Вид кліматичного виготовлення	У1 ГОСТ 15150-88
Робоче середовище	Природний газ
Гранична величина перепаду тиску при відчиненні крана, МПа (кгс/см ²)	8 (80)
Герметичність в затворі крана	1-й клас згідно ГОСТ 9544-75
Кут повороту затвору	90°±2°
Час повороту запірної частини крана, с (не більше)	5,0
Габарити (довжина, висота, ширина), мм	280×240×415
Маса (не більше), кг	65

Кран шаровий (див. рис. 1.1) складається із корпусу 1, в якому встановлена двохопорна пробка 8, яка обертається в голчастих підшипниках ковзання 17, виконаних у вигляді вкладишів із фторопластової стрічки, фланця 7, з'єднаного з корпусом 1 шпильками 12, вузла ущільнювання шпинделя 6, до якого входить сальник 5, з'єднаний з корпусом гвинтами 14, манжети 15, 19, кільця ущільнювальні 16. Пробка 8 підтиснута пакетом пружин 4 через два сидла 3, у яких

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

Пробка крана DN100, PN8 передбачена для подання робочого середовища у магістраль трубопроводу для подальшого транспортування. Деталь у виробі базується основними базами 1, 2, 3, 4 (див. рис. 1.2).

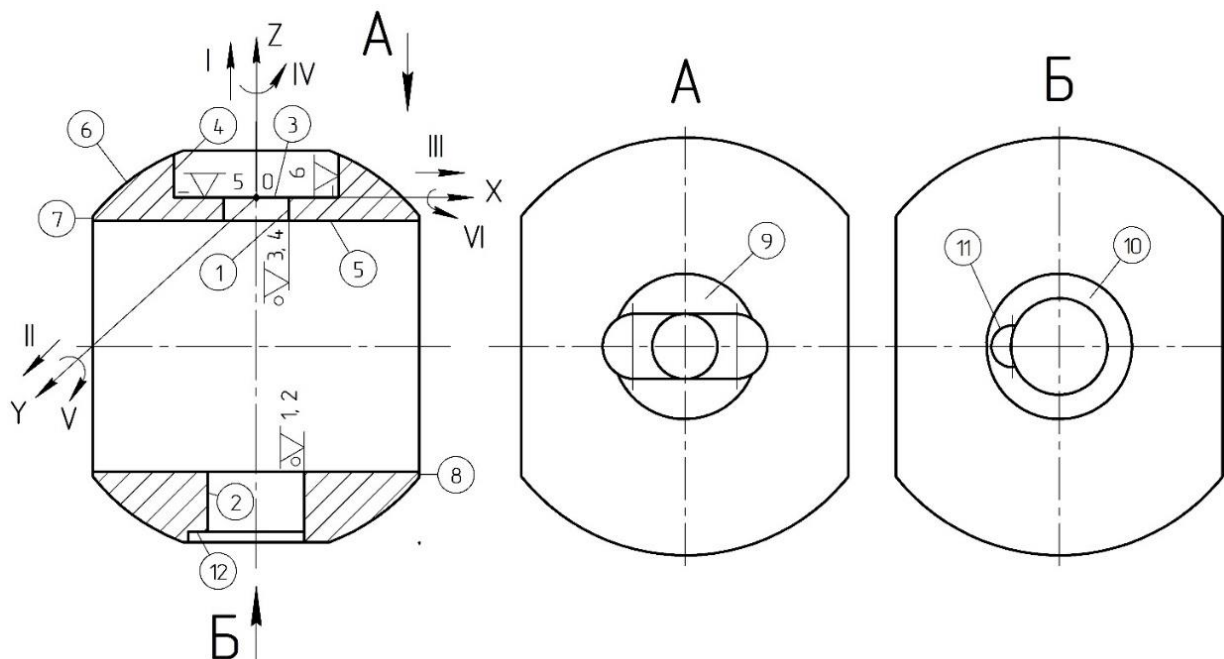


Рисунок 1.1 – Основні і допоміжні бази деталі

Разом поверхні 1 та 2 відтворюють подвійну напрямну базу [2–4], яка позбавляє деталь чотирьох ступенів свободи: одночасного переміщення і обертання відносно осей OX і OY . Поверхні 3 і 4 є опорними базами, які позбавляють заготовку по одній ступені свободи: поверхня 3 – переміщення уздовж осі OZ , а поверхня 4 – обертів відносно осі OZ (див. табл. 1.2 і 1.3).

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	ОБ

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	Найменування бази
α	1	1	0	Подвійна напрямна база (ПНБ)
l	1	1	0	
α	0	0	0	Опорна база (ОБ)
l	0	0	1	
α	0	0	1	Опорна база (ОБ)
l	0	0	0	
Всього	2	2	2	б-ь зв'язків

Таким чином поверхні 1, 2, 3, 4 є основними конструкторськими базами (ОКБ), які визначають положення деталі у виробі.

Деталь має виконавчі поверхні, які визначають її службове призначення. Це поверхні 5 і 6. Поверхня 5 (отвір) передбачена для проходження робочого середовища через порожнини крана. Поверхня 6 (сфера) передбачає проходження у разі «Відчинено» або не проходження у разі «Зачинено» робочого середовища крізь поверхню 6 (отвір).

Аналіз умов роботи кульового крана показав, що основна його деталь – пробка в процесі роботи знаходиться під дією динамічних навантажень, працює під високим тиском, в умовах при яких її поверхні зазнають безперервного тертя та корозії.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Обґрунтування вибору матеріалу деталі.

Пробка крана DN100 PN8 виготовляється із конструкційної легованої сталі марки 10Г2 ГОСТ 4543–71. Сталь застосовується для виготовлення стояків ферм, хребтових балок, та інших деталей працюючих під тиском при температурі від -70° до $+450^{\circ}\text{C}$. Сталь марки 10Г2 належить до класу марганцевих сталей із якої виготовляються кулачкові вали, шестірні, муфти, пальці, тяги, до яких висунути вимоги високої твердості поверхні та невеликої міцності серцевини. В технологічних процесах їх виготовлення застосовують операції «Хіміко-термічна обробка» та «Отримання покриття» з метою забезпечення високої твердості поверхні [5].

Хімічний склад сталі 10Г2 наведений в таблиці 2.1, а механічні властивості – в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 10Г2, в процентах

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			Не більше					
0,07-0,15	0,17-0,37	1,2-1,6	0,3	0,035	0,035	0,3	0,3	0,08

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 10Г2

Вид	$\delta_{0,2}$, МПа	$\delta_{\text{в}}$, МПа	δ ,%	ψ ,%	КСУ, Дж/см ²	НВ
Поковка	215	430	20	48	49	123-167

Технологічні властивості сталі марки 10Г2 [5]: температура кування, $^{\circ}\text{C}$: початок 1250; кінець 800-700. Заготовки перетином до 100 мм охолоджується на повітрі. Сталь зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДС, АДС; не схилена до крихкості при відпалюванні; не чутлива до флокену.

Застосування цієї сталі виправдана, тому що за умовами роботи деталі, вона повинна мати високу в'язкість та міцність, що досягається відповідною хіміко-термічною обробкою поверхонь.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

До матеріалу пробки застосовані вимоги, які наведені у технічних вимогах креслення. Поковка пробки пропонується виконати згідно IV групи точності за ГОСТ 8479-70. Конструкція поковки потребує зразків для визначення структури матеріалу на різних стадіях технологічного процесу. Їх контроль відбувається на установках УЗД. Зазначена вимога виключає невідповідність структури матеріалу відносно потрібному, зменшує витрати на виконання технологічного процесу виготовлення пробки і забезпечує довготривалість та надійність експлуатації виробу. Ця вимога зазначена конструктором правильно.

Конструктор при відсутності сталі 10Г2 запропонував матеріал-замінник – сталь марки 09ГС2 ГОСТ 19281-89. За своїми властивостями та фізико-механічними характеристиками запропонована сталь відповідає основній марки сталі 10Г2 і може бути застосована у разі її відсутності.

Таким чином, запропоновані марки сталей конструктором для виготовлення пробки є обґрунтованими і призначені правильно.

Аналіз точності розмірів.

Точність розмірів деталі на кресленні перевірялась на відповідність стандартним значенням згідно ГОСТ 25347-82. Точність розмірів на кресленні відповідає вимогам ГОСТ 25347-82. Розміри із незазначеними граничними відхиленнями приймалися: отвори – $H14$, вали – $h14$, інші – $\pm t/2$.

Аналіз точності розмірів поверхонь пробки, які є основними конструкторськими базами та виконавчими поверхнями, визначив наступне.

Поверхні діаметром $37h9$ та $25h9$ є ОКБ і передбачені для установаження деталі у вузол. Точність зазначених поверхонь призначена конструктором правильно.

Поверхня сфери діаметром $160h7(0; -0,05)$ мм є виконавчою поверхнею і до неї призначені високі вимоги щодо точності і шорсткості. Призначена точність задовольняє нормальній роботі вузла у виробі але призначена конструктором не зовсім обґрунтовано. Згідно ГОСТ 25347-82 допуск розміру сьомого квалітету точності становить $0,04$ мм і не співпадає з даними креслення. Розмір на кресленні

										Арк.
										10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМ 21510029-00.ПЗ

треба корегувати. Остаточний розмір діаметра сфери становить $160h7(0; -0,04)$ мм і його треба зазначити на кресленні пробки.

Поверхня отвору діаметром $96H14$ передбачена для проходження крізь нього робочого середовища. Точність розміру отвору і шорсткість поверхні за експлуатаційними вимогами зазначена конструктором обґрунтовано. Але зазначений отвір на окремих операціях технологічного процесу виготовлення пробки виконують роль технологічної бази і його розмір треба виготовляти із підвищеною точністю. Пропонується точність діаметру отвору призначити $96H11(+0,22; 0)$ мм. Точність цього розміру забезпечується однократним розточуванням на токарній операції.

Точність двох розмірів $75(0; -0,1)$ мм передбачає потрібне розташування осі отвору діаметром $96H14$ відносно торцевих поверхонь діаметром 56 мм. Останні розмірами не зазначені і тому їх розраховують за кресленням. За вимогами стандарту розмір $75(0; -0,1)$ мм повинен бути $75js10(\pm 0,06)$ мм, що відповідає десятому квалітету точності. Цю вимогу на робочому кресленні треба з'ясувати із конструктором. Пропонується на кресленні призначити розмір $75h10(0; -0,12)$ мм.

Точність розміру ширини паза $25(+0,1; 0)$ мм знаходиться в межах 10-го – 11-го квалітетів точності згідно ГОСТ 25347-82. Пропонується точність цього розміру коригувати і призначити його за 10-м квалітетом. На креслення треба зазначити розмір $25H10(+0,084; 0)$ мм.

Інші розміри, які зазначені на кресленні пробки, відповідають вимогам діючого стандарту і коригуванню не підлягають.

Допуски форми і розташування поверхонь.

На кресленні деталі наведені допуски радіального биття поверхонь діаметрів $25h9$, $37h9$ та сфери діаметром $160h7$ відносно загальної осі пробки Б, які становлять 0,05 мм на кожний розмір. За вимогами ГОСТ 24643-81 допуски радіального биття на діаметральні розміри $25h9$, $37h9$ становлять 60% допуску дев'ятого квалітету точності кожного номінального розміру. За підрахунками:

$$\Delta_{\phi 25h9} = 0,6 \cdot 0,052 = 0,0312 \text{ мм};$$

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\Delta_{\phi_{37h9}} = 0,6 \cdot 0,062 = 0,0372 \text{ мм},$$

де $\Delta_{\phi_{25h9}}$ і $\Delta_{\phi_{37h9}}$ – розраховані допуски радіального биття відповідно зазначених діаметрів $25h9$ і $37h9$.

Приймаємо допуск радіального биття $0,03$ мм.

Допуск радіального биття діаметру сфери $160h7(0; -0,04)$ мм становить:

$$\Delta_{\phi_{160h7}} = 0,6 \cdot 0,04 = 0,024 \text{ мм},$$

де $\Delta_{\phi_{160h7}}$ – розрахований допуск радіального биття діаметра сфери $160h7$.

Приймаємо допуск радіального биття $0,02$ мм.

На кресленні зазначений допуск циліндричності форми поверхні сфери становить $0,05$ мм. Допуск циліндричності форми треба привести до відповідності допуску точності розміру діаметра сфери ($0,04$ мм). За розрахунками допуск циліндричності форми становить $0,02$ мм і його також треба зазначити на кресленні пробки.

На креслення зазначені дві вимоги до взаємного розташування поверхонь паза розміром $63 \times 25H10$ мм відносно загальної осі Б пробки. Перша вимога – паралельність розташування поверхонь паза в межах $0,05$ мм відносно осі Б. Друга вимога – симетричність розташування двох паралельних поверхонь паза в межах $0,05$ мм відносно осі Б. Обидві вимоги зазначені відносно величини допуску розміру $25H10$ мм. За підрахунками:

$$\Delta_{\text{пар}} = \Delta_{\text{сим}} = 0,6 \cdot 0,084 = 0,0504 \text{ мм}.$$

Приймаємо $\Delta_{\text{пар}} = \Delta_{\text{сим}} = 0,05$ мм.

Шорсткість поверхонь.

Шорсткість поверхонь відповідає мінімальним вимогам і залежить від допуску на розмір та точності форми [2–4].

Для поверхонь виконаних за 12 – 14 квалітетами точності розмірів, шорсткість складає $R_a = 6,3$ мкм, для базових поверхонь (9-й квалітет точності) шорсткість становить $R_a = 1,6$ мкм. Поверхні які мають 10-11 квалітети точності, шорсткість становить $R_a = 3,2$ мкм. Наведені вимоги до шорсткості цих поверхонь

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

є обґрунтованими і залежить від функціонального призначення їх у виробі. Експлуатація кульового крана у промислових умовах показала доцільність призначення конструктором наведеної шорсткості.

Шорсткість сфери діаметром 160h7 дорівнює $R_a = 0,4$ мкм. Ця шорсткість призначена конструктором на підставі промислових досліджень аналогічних пробок кульових кранів за певний період часу їх експлуатації.

Шорсткість у місцях з'єднання поверхні сфери із отвором діаметром 96H11 (радіуси R1) та двома площинними поверхнями діаметром 56 мм (радіуси R3) становить $R_a = 0,4$ мкм. Низька шорсткість цих поверхонь потрібна для виключення можливого виникнення турбулентної течії робочого середовища при її проходженні крізь порожнини вузла, де знаходиться пробка.

Таким чином, вимоги до шорсткості призначені конструктором обґрунтовано.

Вимоги до покриття поверхонь пробки.

Поверхні сфери, поверхні радіусом R1, R3 покриваються хромом (Хтв. 30) для забезпечення їх твердості в межах $H_{\mu} = 920 \dots 1000$. Покриття передбачає підвищення зносостійкості поверхонь в місцях проходження агресивного робочого середовища. Величина твердості зазначена на підставі промислових даних отриманих за певний строк експлуатації кульових кранів.

Креслення деталі «Пробка» має достатню кількість видів, перетинів, перерізів, які дають повне уявлення о конфігурації деталі. Всі поверхні мають розміри, зазначена їх точність і шорсткість, наведені потрібні вимоги для її експлуатації у виробі.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} [2]. Вихідними даними для розрахунку K_{30} є існуючий технологічний процес виготовлення пробки і норми штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ за всіма механічними операціями. Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення механічних операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$, хв	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
010	Токарна	21	0,033	1	0,033	24,2
015	Токарна з ЧПК	25,3	0,04	1	0,04	20
020	Фрезерна	11,3	0,018	1	0,018	44
025	Комплексна на оброблювальних центрах з ЧПК	70,3	0,11	1	0,11	7,3
030	Шліфувальна	6,1	0,01	1	0,01	80
035	Полірувальна	13,0	0,02	1	0,02	40
	Всього	147		6		215,5

Визначення типу виробництва [2].

Кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}$$

де $N = 300$ шт – об'єм випуску деталей за рік;

$F_d = 4029$ час – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$ – середній нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Беремо цілу кількість робочих місць P , які округляємо до ближнього більшого цілого значення m_p .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця:

						Арк.
					ТМ 21510029-00.ПЗ	14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виробництво виконується партіями за визначеним періодом, що відповідає серійному типу виробництву.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначати за спрощеним способом

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{300 \cdot 24}{254} = 29 \text{ шт.},$$

де $a = 24$ дня – період запуску деталей для виготовлення у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін C , що потрібно для обробки всієї партії

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_3 \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{24,15 \cdot 29}{476 \cdot 0,8} = 1,84,$$

де $F_3 = \frac{F_{\text{доб}}}{b} = \frac{952}{2} = 476$ хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$b = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт загрузки станков в серійном виробництві.

Кількість змін округляємо до ближнього цілого значення $C_{\text{п}} = 2$. Тоді кількість деталей в партії

$$N_{\text{п}} = \frac{F_3 \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 2 \cdot 0,8}{24,5} = 31 \text{ шт.}$$

В умовах дрібносерійного типу виробництва вироби виготовляються партіями або серіями, що складаються із одного найменування та одного типу за конструкцією і розмірами виробів, які запускаються у виробництво одночасно [2–4]. Застосовується різне технологічне обладнання і оснастка: верстати універсальні і з ЧПК; оснастка універсальна, стандартизована із механізованим та ручним приводом. Заготовки оброблюються партіями із послідовним виконанням операцій. Обладнання розташовується, в основному, за ходом технологічного процесу, технологічна оснастка – спеціалізована.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Середня кваліфікація основних робочих вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному виробництві. Розряди робочих знаходяться в межах 3–5 розрядів. Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне, тому що краще використовується спеціальне обладнання і оснастка (за рахунок партій деталей), що дозволяє зменшити собівартість продукції.

Технологічна документація і технічне нормування ретельно розроблюється для складних та відповідальних заготовок. Одночасно має місце застосування укрупненої документації.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності конструкції деталі виконаємо за якісними показниками.

Можливість змінення конструкції деталі дозволяє знизити трудомісткість її виготовлення. Конструкція пробки достатньо технологічна, але є декілька конструктивних елементів, які можна спростити.

По-перше, можна підвищити технологічність деталі змінивши конструкцію заготовки пробки. В умовах дрібносерійного типу виробництва для виготовлення заготовки економічно вигідно застосовувати штамповку на КГШП. Штампована заготовка має невеликі припуски, що наближує її форму до форми готової деталі. Пропонується виготовляти заготовку у вигляді втулки з отвором довжиною наближеної до розміру деталі 125 мм. Це технологічне рішення дозволить підвищити коефіцієнт використання металу і знизити собівартість виготовлення заготовки.

По-друге, матеріалом заміником (замість сталі 10Г2) можна запропонувати сталь 20 ГОСТ 1050-88. Хімічний склад сталі 20 наведений в таблиці 4.1, а механічні властивості в таблиці 4.2 [5].

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сталі 20 ГОСТ 1050-88, в процентах

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
			Не більше					
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Таблиця 4.2 – Механічні властивості сталі 20 ГОСТ 1050-88

Показники	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ ,%	Ψ ,%	КСУ, Дж/см ²	НВ
Поковка	215	430	24	53	54	123-167

Технологічні властивості сталі 20: температура кування (початок 1280 °С, кінця 750 °С). Заготовки із перетином до 100 мм охолоджуються повітрям;

зварюваність без обмежень; схильність до крихкості при термічному відпалюванні – не чутлива; флокеночутливість – не чутлива. Запропоновану заміну марки сталі треба з'ясувати з розробником виробу з умовою експлуатаційних показників виробу в промислових умовах. Це також підвищить технологічність конструкції деталі.

По-третє, підвищення технологічності конструкції деталі можна досягти зменшенням об'єму механічної обробки. Це пов'язано із вибором способу виготовлення заготовки, а також призначення конструктивних вимог до точності і якості її поверхонь. Пропонується в технологічному процесі використати методи точіння, розточування, свердління, фрезерування, шліфування, полірування. На окремих операціях застосувати верстати з ЧПК, а також універсальне обладнання з використанням верстатних пристроїв з пневматичними або гідравлічними приводами. Налагоджування верстатів виконувати один раз і далі обробку виконувати по налагоджувальному розміру. При розробки структури окремих операцій треба застосовувати принцип єдності технологічних, конструкторських і вимірювальних баз заготовки.

Розміри на кресленні деталі відповідають вимогам ЕСКД, є зручними. Шорсткість поверхонь деталі відповідає експлуатаційним вимогам виробу. Можна вважати, що конструкція пробки є технологічною.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

У дрібносерійному виробництві економічно вигідно виготовляти штамповані поковки. Виконаємо розрахунок штампованої заготовки виготовленої на КГШП.

Штампувальне обладнання – КГШП, спосіб штамповки – відкрита («облойна») штамповка, нагрівання заготовок – індукційне.

Визначаємо масу поковки $G_{\text{п}}$

$$G_{\text{п}} = G_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} = 9,2 \cdot 1,5 = 13,8 \text{ кг.}$$

де $G_{\text{д}} = 9,2$ кг – маса деталі;

$K_{\text{р}} = 1,5$ – поправочний коефіцієнт [11, додаток 3].

Клас точності Т4 [11, додаток 1], група сталі – М2, середня масова доля вуглецю в сталі 10Г2 – 0,11%; сумарна масова доля легуючих елементів $\approx 2,72\%$ (0,27%Si; 1,4%Mn; 0,3%Cu; 0,3%M; 0,3%Cr), ступень складності – С1 [8, додаток 2].

Розміри описаної поковки фігури: циліндр $\varnothing 160 \times 125$ мм. Маса фігури $G_{\text{ф}}$:

$$G_{\text{ф}} = \frac{3,14 \cdot 16^2 \cdot 12,5 \cdot 1,05 \cdot 7,8}{4} \cong 20,6 \text{ кг.}$$

$$C = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{13,8}{20,6} \cong 0,67.$$

Конфігурація поверхні рознімання штампа – П (плоска) [8, т. 1]. Вихідний індекс – 12 [8, т. 2].

Основні припуски на розміри, мм [8, т. 3]:

2,2 мм – діаметр сфери 160h7 мм і шорсткість поверхні 0,4 мкм;

1,8 мм – діаметр отвору 96H11 мм і шорсткість поверхні 6,3 мкм;

1,8 мм (на сторону) – довжина 125(0; -1) мм і шорсткість поверхонь 6,3 мкм.

Допоміжні припуски, які враховують: зміщення по поверхні рознімання штампа – 0,4 мм [8, т. 4]; вигін і відхилення від круглості 0,3 мм [8, т. 5].

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Штампувальний уклін: на зовнішній поверхні не більше 5°; на внутрішній поверхні не більше 7°.

Треба передбачити напуск довжиною 125 мм. Напуск потрібний для дослідних зразків, щоб визначити механічні властивості метала поковки. Розміри напуска – діаметр 166 мм і довжина 25 мм.

Розміри поковки:

- діаметр сфери $160+(2,5+0,4+0,3)\times 2 = 166,4$ мм, приймаємо 167 мм;
- діаметр отвору $96-(1,8+0,4+0,3)\times 2 = 91$ мм, приймаємо 91 мм;
- довжина $125+(1,8+0,4+0,3)\times 2 = 130$ мм, приймаємо 130 мм.

Радіус кутів: зовнішніх – 5 мм; внутрішніх – 7 мм.

Допуски на розміри, мм [11, т. 8]: $\varnothing 165(+1,8; -1,0)$; $\varnothing 91(+0,8; -1,4)$; довжина $130(+1,6; -0,9)$.

Розраховані розміри наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розміри поковки на КГШП, в міліметрах

Розмір на кресленні	Основний припуск (на сторону)	Допуск	Допоміжний припуск (на сторону)	Розмір поковки
$\varnothing 160h7$	2,5	$2,8(+1,8; -1,0)$	0,7	$\varnothing 167(+1,8; -1,0)$
$\varnothing 96H11$	1,8	$2,2(+0,8; -1,4)$	0,7	$\varnothing 91(+0,8; -1,4)$
$125h14$	1,8	$2,5(+1,6; -0,9)$	0,7	$130(+1,6; -0,9)$

Ескіз заготовки наведений на рисунку 5.1.

Маса поковки M_3 , яка отримана штамповкою на КГШП:

$$M_3 = V_{\Pi} \cdot \rho = 1933,24 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 15,1 \text{ кг.},$$

де $\rho = 7,8 \cdot 10^{-3}$ кг/см³ – густина матеріалу заготовки;

$V_{\Pi} = 1933,24$ см³ – об'єм поковки визначений згідно рисунку 5.1.

Гранична величина зміщення поверхонь рознімання штампа – 1,0 мм [8, т. 9], гранична величина остаточного «облоя» 1,2 мм [8, т. 10], граничне найбільше відхилення від концентричності пробитого отвору 2 мм [8, т. 12], граничне відхилення від вигону 1,0 мм [8, т. 13].

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

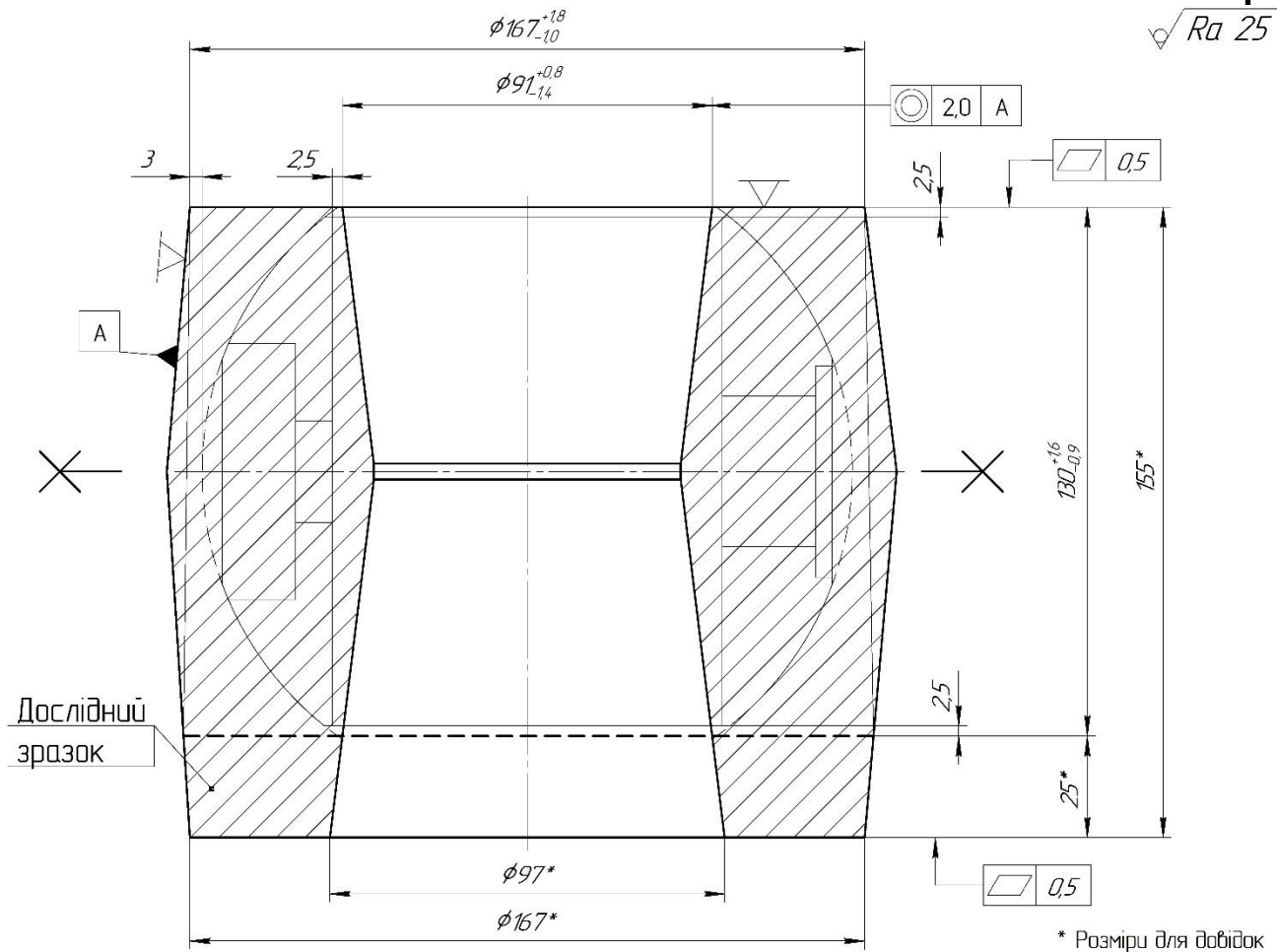


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки, яка виготовлена на КГШП

Вартість штампованої заготовки визначають за формулою [2]:

$$S_3 = M_3 \cdot S_3 \cdot K_T \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M \cdot K_{II} - (M_3 - M_D) \cdot S_{\text{від}},$$

де $M_3 = 15,1$ кг – маса штампованої заготовки;

$S_3 = 12,3$ грн – вартість одного кілограма заготовки;

$K_T = 1,0$; $K_B = 0,7$; $K_C = 1,15$; $K_M = 1,13$; $K_{II} = 1,0$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок [2];

$S_{\text{від}} = 2,1$ грн – вартість одного кілограма відходів;

$M_D = 9,2$ кг – маса деталі.

$$S_3 = 15,1 \cdot 12,3 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,15 \cdot 1,13 \cdot 1 - (15,1 - 9,2) \cdot 2,1 = 157 \text{ грн.}$$

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків виконується розрахунково-аналітичним методом для розміру діаметра $160h7(0; -0,04)$ мм [2].

Визначається шорсткість поверхні R_{zi-1} і величина дефектного шару H_{i-1} за технологічними переходами:

Поковка на КГШП, клас точності Т4; $R_{zi-1} = 200$ мкм; $H_{i-1} = 300$ мкм.

Точіння (чорнове), квалітет 12; $R_{zi-1} = 100$ мкм; $H_{i-1} = 100$ мкм.

Точіння (чистове), квалітет 10; $R_{zi-1} = 30$ мкм; $H_{i-1} = 30$ мкм.

Шліфування, квалітет 8; $R_{zi-1} = 10$ мкм; $H_{i-1} = 20$ мкм.

Полірування, квалітет 7: $R_{zi-1} = 0$; $H_{i-1} = 0$.

Величина просторових відхилень заготовки ρ_3 розраховується наступним чином. Для обробки сфери передбачена попередня операція – розточування базового отвору діаметром $96H11(+0,22; 0)$ мм. Чорнове і чистове точіння сфери до діаметру $160,1h10(0; -0,16)$ мм виконується на оправки діаметром $96d10(-0,12; -0,26)$ мм з центровими отворами (тип А), яка встановлюється в центри токарного верстата.

Величина просторових відхилень заготовки ρ_3 розраховується за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{екц}^2} = \sqrt{0,48^2 + 1^2} = 1,11 \text{ мм} = 1110 \text{ мкм},$$

де $\rho_{зм} = 0,48$ мм – величина зміщення поверхонь заготовки, яка дорівнює різниці між максимальним розміром отвору заготовки та мінімальним розміром оправки:

$$\rho_3 = 2e = \varnothing 96^{+0,22} - \varnothing 96_{-0,26} = 0,48 \text{ мм}.$$

$\rho_{екц} = 1,0$ мм – величина ексцентриситету, яка визначає співвісність осі прошитого отвору відносно осі сфери діаметром $160h7$ мм [2].

Чорнове точіння: $\rho_{чорн} = \rho_3 \cdot 0,06 = 1110 \cdot 0,06 = 67$ мкм.

Чистове точіння: $\rho_{чист} = \rho_3 \cdot 0,04 = 1110 \cdot 0,04 = 45$ мкм.

Шліфування: $\rho_{шл} = \rho_3 \cdot 0,02 = 1110 \cdot 0,02 = 22$ мкм.

						Арк.
					ТМ 21510029-00.ПЗ	23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Величина похибки установлення ε_{yi} заготовки не розраховується, тому що обробка сфери на операціях 030 «Токарна з ЧПК», 045 «Круглошліфувальна» і 070 «Полірувальна» виконується в центрах наведених верстатів.

Отримані дані є вихідними для розрахунку припусків і граничних розмірів для операцій на яких формується сфера діаметром 160h7. Розрахунок виконується за допомогою програми "prip" СумДУ (див. додаток Б). За результатами розрахунків побудована схема розташування припусків і допусків (див. рис. 6.1).

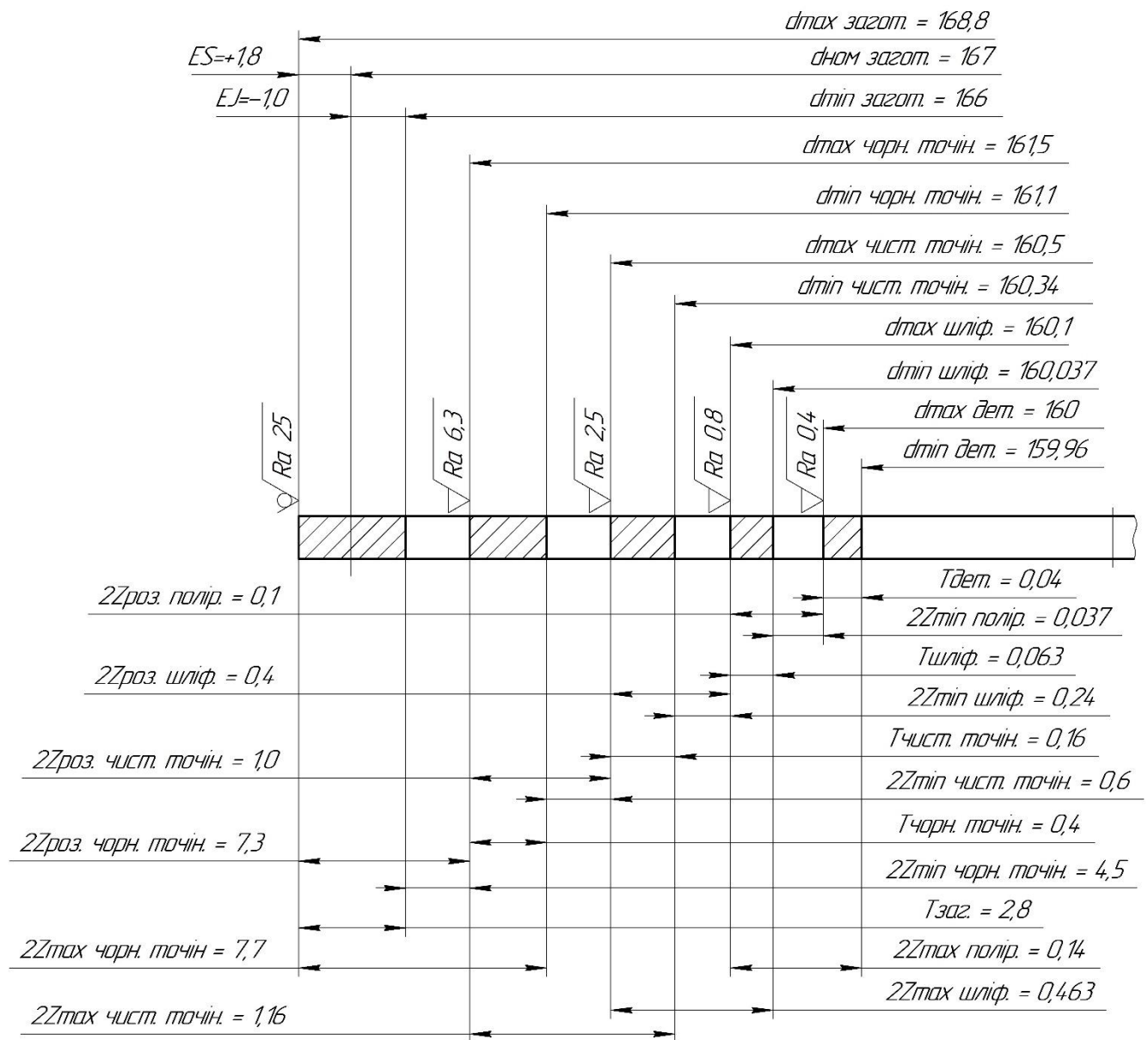


Рисунок 6.1 – Схема припусків на обробку сфери $\varnothing 160h7(0; -0,04)$ мм

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Операція 035 «Горизонтально-фрезерна». Верстат горизонтально-фрезерний моделі 6P82Г. Обробка заготовки виконується на двох установах. На установі А заготовка базується на оправки і торцю, закріплюється трьома висувними кулаками по поверхні отвору діаметром $96H11$. На установі Б заготовка переустановлюється і базується на оправки і торцю та упору, який установлюється по обробленій площині діаметром 56 мм на установі А. Схеми базування заготовки на установах А і Б наведені на рисунку 6.2.

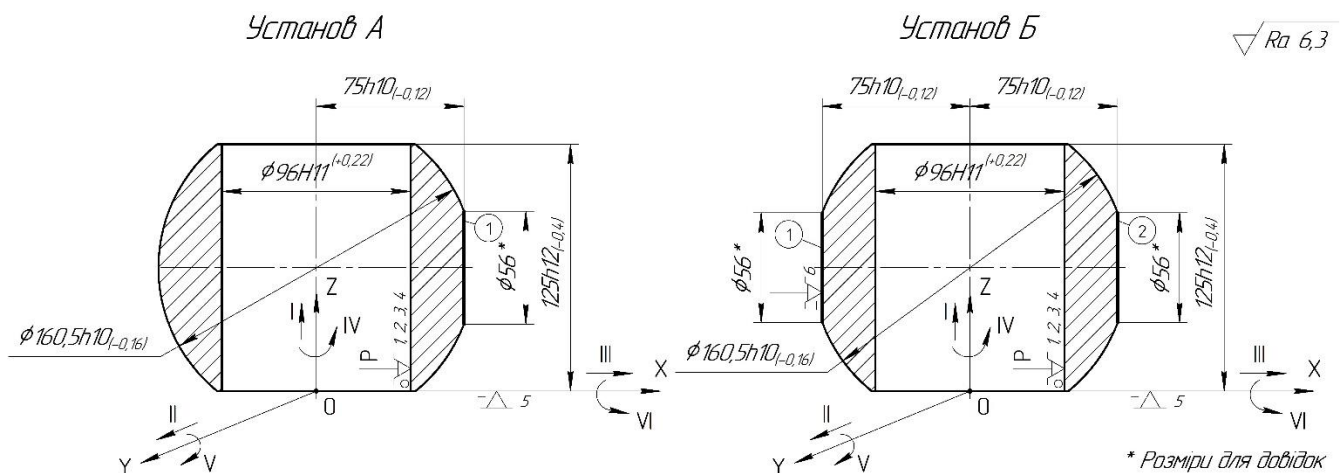


Рисунок 6.2 – Схеми базування заготовки на установах А і Б операції 035

На установі А, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи. Чотири ступеня свободи позбавляє діаметр оправки – подвійна напрямна база (ПНБ) і одну ступень свободи позбавляє торець оправки – опорна база (ОБ) (див. табл. 6.1 та 6.2).

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступень вільності	Найменування бази, характер прояву
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ, явна
5	I	ОБ, явна
6	IV	Вакансія

Похибка базування заготовки на оправки і торцю відсутня, тому що реалізується суміщення трьох баз – конструкторської, технологічної в

вимірювальної баз і схема базування не впливає на точність виконання допуску розміру $75h10(0; -0,12)$ мм.

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

Похибка базування заготовки на оправки і торцю відсутня, тому що реалізується суміщення трьох баз – конструкторської, технологічної в вимірювальної баз і схема базування не впливає на точність виконання допуску розміру $75h10(0; -0,12)$ мм.

При базуванні заготовки на установі Б додатково застосовується упор, який базує заготовку по обробленій плоскій поверхні діаметром 56 мм на установі А і позбавляє її однієї степені свободи. За цією схемою базування заготовка позбавляється шести ступенів свободи. Додана опорна база (ОБ) позбавляє заготовку обертання навколо осі оправки (див. табл. 6.3 та 6.4).

На установі Б заготовка позбавлена шести ступенів свободи і похибка базування теж відсутня. Наведена схема базування на операції 035 «Горизонтально-фрезерна» приймається для реалізації.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази, характер прояву
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ, явна
5	I	ОБ, явна
6	IV	ОБ, явна

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / I, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ОБ
α	0	0	1	
Всього	2	2	2	б-ь зв'язків

Операція 045 «Круглошліфувальна». Верстат круглошліфувальний моделі 3М163В. Заготовка оброблюється на одному установі. Заготовка базується на спеціальній ступінчастій оправці з розтискними гофрами, яка жорстко з'єднана з двома базовими отворами діаметром $37H9(+0,062; 0)$ мм і $25H9(+0,052; 0)$ мм. Оправка має два центрових отвори типу А і разом із заготовкою установлена на два жорстких центра верстата. Крутний момент до заготовки передається від планшайби верстата хомутиком, щоб виключити передачу вібрації коробки швидкості на оброблювальну поверхню сфери пробки (див. рис. 6.3).

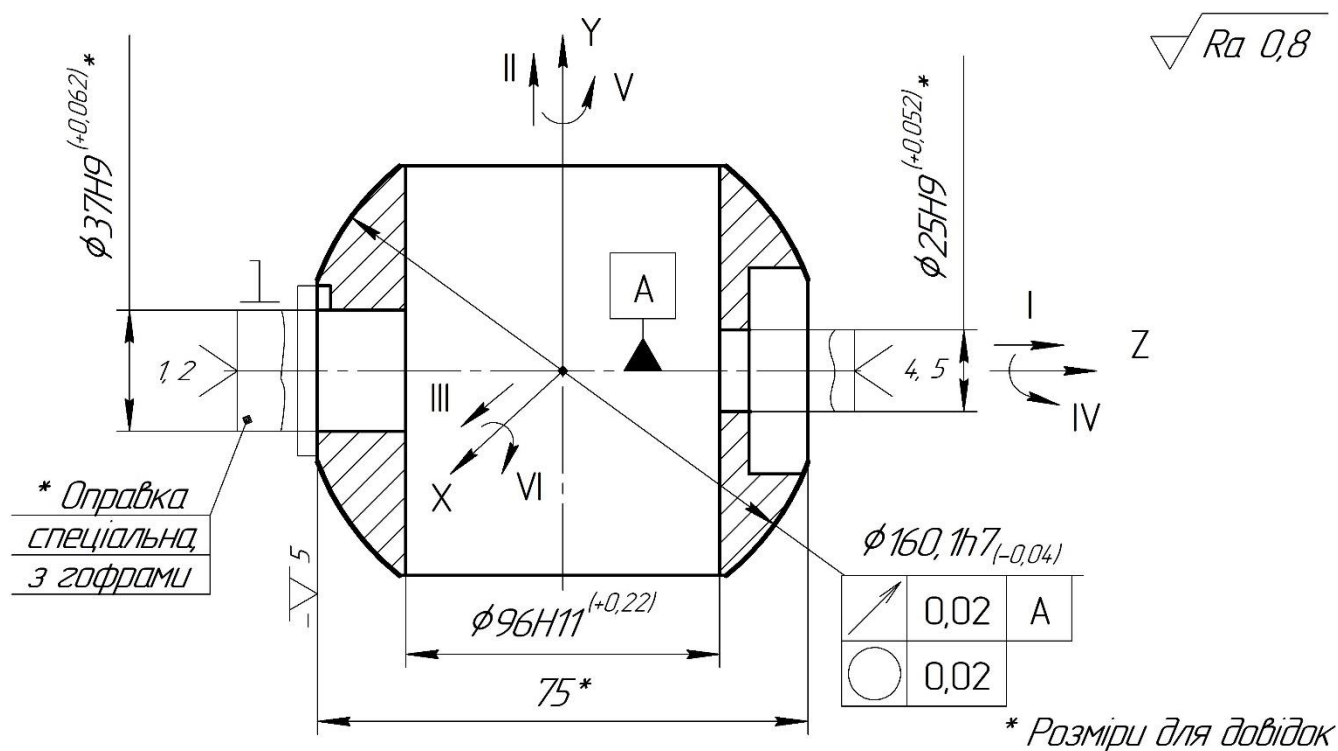


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки на операції 045

Базування заготовки на спеціальній оправці з розтискними гофрами реалізує подвійну напрямну базу (ПНБ), яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи. Оправка має торець, який позбавляє заготовку ще однієї ступені свободи – опорна база (ОБ). Наведена схема базування достатня для реалізації вимог, які зазначені на кресленні заготовки, а саме, реалізується вимога радіального биття сфери відносно загальної осі отворів $\varnothing 37H9$ і $\varnothing 25H9$ в межах 0,02 мм (див. табл. 6.5 та 6.6).

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	Найменування бази, характер прояву
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ, прихована
5	I	ОБ, явна
6	IV	Вакансія

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, α	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

Для забезпечення вимоги щодо форми поверхні сфери (відхилення від круглості в межах 0,02 мм) робоча поверхня шліфувального круга була зроблена «алмазним олівцем» радіусом R80 мм. Це дало змогу реалізувати схему врізаного шліфування і значно підвищити жорсткість технологічної системи (верстат – пристрій – заготовка – інструмент). Кінематична точність круглошліфувального верстата становить 0,001 мм і тому точність розміру сфери $160h7(0; -0,04)$ мм витримується.

Похибка базування за наведеною схемою дорівнює нулю, тому що вісь А є одночасно конструкторською, технологічною і вимірною базою.

Схема базування і закріплення заготовки (див. рис. 6.3) приймається для її реалізації на операції 045 «Круглошліфувальна».

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

На вибір обладнання впливають методи обробки поверхонь, потужність електродвигунів, габарити робочої зони, тип виробництва, кількість різальних інструментів.

Для операції 035 «Горизонтально-фрезерна» пропонується горизонтально-фрезерний верстат моделі 6P82Г. Характеристика верстата наведена в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Технічна характеристика верстата моделі 6P82Г

Найменування параметра	Чисельні дані
Розміри робочої поверхні стола, мм	320 x 1250
Найбільше переміщення стола, мм:	
поздовжнє	800
поперечне	250
вертикальне	420
Відстань від осі горизонтального шпинделю до поверхні стола, мм	30 – 450
Внутрішній конус шпинделю згідно ГОСТ 15945-82	50
Кількість швидкостей шпинделю	18
Частота обертання шпинделя, об/хв	31,5-1600
Кількість робочих подач стола	18
Подача стола, мм/хв:	
поздовжня	25 – 1250
поперечна	25 – 1250
вертикальна	8,3 – 416,6
Потужність електродвигуна, кВт	7,5
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2305
ширина	1950
висота	1680
Маса, кг	2900

Для операції 045 «Круглошліфувальна» пропонується круглошліфувальний верстат моделі 3M163В. Характеристика верстата наведена в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Технічна характеристика верстата моделі 3М163В

Найменування параметра	Чисельні дані
Найбільші розміри установленої заготовки (D x Д), мм	280 x 1400
Найбільша довжина шліфування, мм	1400
Висота центрів над столом, мм	160
Частота обертання шпинделя заготовки (б/с), об/хв	55 – 620
Конус Морзе шпинделя передньої і пінолі задньої бабки	5
Найбільші розміри шліфувального круга (D x В), мм	750 x 200
Переміщення шліфувальної бабки, мм:	
найбільше	290
на одну поділку лімбу	0,05
за одне обертання точкової рукоятки	0,001
Частота обертання шліфувального круга, об/хв	1260
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	13
Габаритні розміри (Д x Ш x В), мм	5620 x 2585 x 1982
Маса, кг	6200

Запропоновані характеристики верстатів економічно вигідно застосувати для наведених операцій 035 та 045 в умовах дрібносерійного виробництва. Це дозволить знизити штучно-калькуляційний час кожної операції, підвищити продуктивність процесу виготовлення деталей та поліпшити умови праці верстатників.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 035 «Горизонтально-фрезерна». На операції застосовується горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р82Г. Для установлення заготовки згідно визначної схеми базування і закріплення заготовки треба розробити спеціальний пристрій для фрезерування і застосувати пневматичний привід для швидкого базування, закріплення (відкріплення) заготовки. Умовне позначення пристрою: ТМ 21510029 – 07-01.00.00 СК.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Різальний інструмент: торцева фреза діаметром 80 мм, шириною 45 мм, кількість зубців – 10. Матеріал фрези – Р6М5. Умовне позначення фрези: фреза 2214-0151 Р6М5 ГОСТ 9304-69. Оправка для фрези: оправка 6222-0032 ГОСТ 13785-68.

Вимірювальний інструмент: зразки шорсткості ГОСТ 9378-75; шаблон спеціальний для вимірювання розміру 75(0; -0,12) мм.

Операція 045 «Круглошліфувальна». На операції для базування і закріплення заготовки застосовується спеціальна оправка з центровими отворами, оснащеною гофрами, які передбачені для закріплення заготовки. Передача крутного моменту від шпинделю верстата до заготовки відбувається хомутиком 7107-0045 ГОСТ 2578-70. Для установлення оправки з заготовкою на верстат застосовуються два жорстких центра 7032-0036 ГОСТ 13214-79.

Різальний інструмент: для обробки сфери діаметром 160,1h8 мм використовується шліфувальний круг з робочою поверхнею радіусом R80 мм. Умовне позначення: круг ПП500х170х305 ГОСТ 2424-88; характеристика круга 24А12С25К6 35 м/с, А, 2кл. ГОСТ 2424-88.

Вимірювальний інструмент: калібр-скоба Ø160,1h8 ПР/НЕ ГОСТ 18363-73; профілограф-профілометр моделі 240 (для цехів) ГОСТ 9504-80; шаблон спеціальний (для вимірювання форми сфери).

6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 035 «Горизонтально-фрезерна». Фрезерується дві поверхні із однаковими режимами різання. Обробка виконується торцевою насадною фрезою із швидкорізальної сталі марки Р6М5. Фреза згідно ГОСТ 9304-69 виконана за розмірами: діаметр фрези $D = 80$ мм, довжина фрези $L = 45$ мм, кількість зубів фрези $Z = 10$, отвір під посадку на оправку $d = 32H7$.

1 Глибина різання $t = 5,5$ мм, ширина фрезерування $B = 56$ мм [6, 7, 10].

2 Визначаємо подачу на один зуб S_z [6, т. 34, с. 283]:

$$S_z = 0,06 - 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Приймаємо $S_z = 0,06$ мм/зуб.

3 Визначаємо подачу на один оберт фрези:

$$S = S_z \cdot Z = 0,06 \cdot 10 = 0,6 \text{ мм/об.}$$

4 Визначаємо швидкість різання V [6, т. 39; т. 40, с. 290]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{64,7 \cdot 80^{0,25} \cdot 0,48}{180^{0,2} \cdot 5,5^{0,1} \cdot 0,06^{0,2} \cdot 56^{0,15} \cdot 10^0} = 26,52 \text{ м/хв,}$$

де $C_v = 64,7$; $q = 0,25$; $x = 0,1$; $y = 0,2$; $u = 0,15$; $p = 0$; $m = 0,2$;

$D = 80$ мм – діаметр фрези;

$T = 180$ хв – період стійкості фрези [6, 10];

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 0,59 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,48,$$

де $K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{450}\right)^{-0,9} = 0,59$;

$K_r = 1,0$; $\sigma_B = 412$ МПа; $n_v = -0,9$ [6, 10];

$K_{pv} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки [6, 10];

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту [6, 10].

5 Визначаємо частоту обертання фрези n , об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26,52}{3,14 \cdot 80} = 105,6 \text{ об/хв,}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_{\pi} = 100$ об/хв.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 25,12 \text{ м/хв.}$$

6 Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_x = S_z \cdot Z \cdot n_{\pi} = 0,06 \cdot 10 \cdot 100 = 60 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата:

$$S_x = 63 \text{ мм/хв – поздовжня подача.}$$

Перераховуємо подачу S_z :

$$S_z = \frac{S_x}{Z \cdot n_{\pi}} = \frac{63}{10 \cdot 100} = 0,063 \text{ мм/зуб.}$$

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

7 Визначаємо силу різання P_z (Н):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} =$$
$$= \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 5,5^{0,95} \cdot 0,063^{0,8} \cdot 56^{1,1} \cdot 10 \cdot 0,84}{80^{1,1} \cdot 100^0} = 2600 \text{ Н,}$$

де $C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0$ [6, 10].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{412}{750}\right)^{0,3} = 0,84,$$

де $n = 0,3$ [6, 10].

8 Визначаємо складові сили різання P_z [6, 10]:

$$P_h = P_z \cdot 0,4 = 2600 \cdot 0,4 = 1040 \text{ Н; } P_v = P_z \cdot 0,95 = 2600 \cdot 0,95 = 2470 \text{ Н;}$$

$$P_y = P_z \cdot 0,4 = 2600 \cdot 0,4 = 1040 \text{ Н; } P_x = P_z \cdot 0,55 = 2600 \cdot 0,55 = 1430 \text{ Н;}$$

9 Визначаємо крутний момент $M_{кр}$ (Н · м) на шпинделі верстата:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{2600 \cdot 80}{2 \cdot 1000} = 104 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

10 Визначаємо потужність різання N_e , кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{2600 \cdot 25,12}{1020 \cdot 60} = 1,07 \text{ кВт.}$$

Якщо $N \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0 \text{ кВт} > N_e = 1,07 \text{ кВт}$, то обробка можлива.

11 Визначаємо T_o основний час фрезерування двох поверхонь, хв:

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + D) \cdot m \cdot i}{S_x} = \frac{(56 + 1,5 + 1,5 + 80) \cdot 2 \cdot 1}{63} = 4,5 \text{ хв,}$$

де $l = 56$ мм – довжина поверхні; $m = 2$ – кількість поверхонь;
 $l_{вр} = l_{пер} = 1,5$ мм – величина врізання та перебігу фрези; $D = 80$ мм – діаметр фрези; $i = 1$ – кількість ходів інструменту.

Операція 045 «Круглошліфувальна». Обробка виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3М163В, потужність верстата $N = 13$ кВт. На операції оброблюється поверхня сфери діаметром $160,1h8(0; -0,063)$ мм методом врізаного шліфування із радіальною подачею S_t , припуск на діаметр $2\Pi = 0,5$ мм. Шорсткість поверхні $Ra = 0,8$ мкм. Структура операції складається із одного

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

установа. Заготовка базується на жорстких центрах, передача крутного моменту відбувається хомутиком.

Вихідні дані: частота обертів шпинделю шліфувального круга $n_{кр} = 1260$ об/хв; частота обертання шпинделю заготовки $n_d = 55-620$ об/хв; швидкість подачі врізання шліфувальної бабки $0,1-4,5$ мм/хв.

1 Вибираємо розміри і характеристику шліфувального круга. За паспортними даними верстата беремо площинний круг прямого профілю на керамічній в'язці [6]: тип ПП500×170×305 ГОСТ 2424–88, маса круга 16,0 кг. Допустима швидкість круга $[V_{кр}] = 35$ м/с. Характеристика круга 24A12C25K6 ГОСТ 2424–88.

Перевіряємо швидкість круга $V_{кр}$ за його максимальними обертами $n_{кр}$:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1260}{1000 \cdot 60} \approx 33 \text{ м/с.}$$

Якщо $[V_{кр}] = 35 \text{ м/с} > V_{\phi} = 33 \text{ м/с}$, то використання круга із такими розмірами допустимо.

2 Беремо частоту обертів заготовки $n_d = 55$ об/хв [6]. Потім визначаємо швидкість обертання деталі V_d :

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 55}{1000} = 27,6 \text{ м/хв.}$$

3 Визначаємо табличну хвилинну подачу $S_t^T = 0,48$ мм/хв [6]. Вибрану подачу S_t^T коригуємо поправочними коефіцієнтами:

$K_{st1} = 1,0$ [6] – вплив обробленого матеріалу, якості точності і шорсткості поверхні;

$K_{st2} = 0,9$ [6] – вплив розміру і швидкості шліфувального круга;

$K_{st3} = 1,0$ [6] – вплив способу шліфування і контролю розмірів поверхонь (скоба активного контролю);

$K_{st4} = 0,8$ [6] – вплив форми поверхні і жорсткості заготовки;

$K_1 = 1,0$ [6] – вплив твердості шліфувального круга;

$K_{ж} = 1,0$ [6] – вплив точності і жорсткості верстата.

$$S_t = S_t^T \cdot K_{st1} \cdot K_{st2} \cdot K_{st3} \cdot K_{st4} \cdot K_{ж} \cdot K_1 = 0,48 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,35 \text{ мм/хв.}$$

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 Визначаємо потужність різання $N^n = 2,6$ кВт [6] із урахуванням коефіцієнта $K_N = 1,16$, який залежить від твердості і швидкості шліфувального круга [6]:

$$N = N^n \cdot K_N = 2,6 \cdot 1,16 = 3,016 \approx 3,1 \text{ кВт.}$$

Вибираємо допустиму питому потужність $[N_n] = 0,125$ кВт/мм, за межами якої при шліфуванні з'являються прожоги поверхонь [6]

Перевіряємо визначену N потужність шліфування залежно від ширини круга за умов обробки сталі без прожогу:

$$N_n = \frac{N}{H} = \frac{3,016}{50} \approx 0,06 \text{ кВт/мм.}$$

Якщо виконується умова $[N_n] = 0,125 \text{ кВт/мм} > N_n = 0,06 \text{ кВт/мм}$, то шліфування заготовки без прожогу можлива.

5 Перевіряємо потужність різання N із потужністю N_B верстата:

$$N = 3,1 \text{ кВт} < N_B = 13 \text{ кВт} - \text{обробка можлива.}$$

6 Визначаємо основний (машинний) час T_0 обробки сфери [6]:

$$T_0 = \frac{2\Pi \cdot m}{2 \cdot S_t^T \cdot K_{ж} \cdot K_{stm} \cdot K_1} = \frac{0,5 \cdot 1}{2 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 0,72 \cdot 1,0} \approx 0,8 \text{ хв,}$$

де $K_{stm} = K_{st1} \cdot K_{st2} \cdot K_{st3} \cdot K_{st4} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,72$;

$m = 1$ – кількість оброблених поверхонь.

6.6 Технічне нормування операцій

Операція 035 «Горизонтально-фрезерна». В дрібносерійному виробництві розраховується штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ [7, 9]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_n} + T_0 + T_d + T_{об} + T_{пер},$$

де $T_{п-з} = 18 + 2 + 10 = 30$ хв, який складається із налагодження верстата і установки пристрою 18 хвилин; установки фрези 2 хвилини; отримання пристрою і інструменту до початку роботи та їх повернення після обробки партії заготовок на склад 10 хвилин [9];

$N_n = 31$ шт – кількість заготовок в налагоджувальній партії;

						Арк.
					ТМ 21510029-00.ПЗ	35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$T_o = 4,5$ хв – основний час операції;

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_d = 1,85(T_{уз} + T_{зв} + T_{кер} + T_{вим}),$$

де $T_{уз} = 0,47$ хв – час установки и зняття заготовки [9];

$T_{зв} = 0,154$ хв – час закріплення і відкріплення заготовки [9];

$T_{кер} = 0,36$ хв – час керування верстатом (вмикання і вимикання 0,02 хвилин, установка і зняття інструмента в патроні 0,06 хвилин, підведення і відведення фрези в повздовжньому і поперечному напрямках 0,28 хвилин) [9];

$T_{вим} = 0,22$ хв – час вимірювання розмірів калібр-скобою [9];

$$T_d = 1,85(0,47 + 0,154 + 0,36 + 0,22) = 2,23 \text{ хв};$$

Оперативний час визначається зв формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 4,5 + 2,23 = 6,73 \text{ хв}.$$

Час обслуговування робочого місця $T_{об}$ і час відпочинку і особистих потреб працюючого $T_{від}$ визначається за формулою:

$$T_{об} + T_{від} = \frac{\Pi \cdot T_{оп}}{100\%} = \frac{9\% \cdot 6,73}{100\%} = 0,61 \text{ хв},$$

де $\Pi = 9\%$ – процент часу на обслуговування робочого місця і відпочинок.

$$T_{ш-к} = \frac{30}{31} + 4,5 + 2,23 + 0,61 = 8,3 \text{ хв}.$$

Операція 045 «Круглошліфувальна».

Для умов дрібносерійного виробництва розрахунок штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ виконується за формулою:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{N_{п}} + T_o + T_d + T_{тех} + T_{орг} + T_{від},$$

де $T_o = 0,8$ хв – основний (машинний) час;

$N_{п} = 31$ шт – кількість деталей в налагоджувальній партії;

$T_{п-з} = 7$ хв – підготовче-завершальний час (встановлення повідкового пристрою) [9];

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ

Обґрунтування мети операції та завдання для проектування.

На операції 035 «Горизонтально-фрезерна» фрезеруються послідовно дві поверхні розміром $\varnothing 56$ мм. Основна вимога креслення – забезпечити на операції два однакових розміру $75(0; -0,12)$ мм, які пов'язують вісь отвору $\varnothing 96H11$ з двома паралельно розташованими поверхнями $\varnothing 56$ мм.

Аналіз технічних вимог креслення показав, що точність заданих розмірів досягається без утруднень. Уточнимо умови операції. Верстат моделі 6P82Г, потужність привода $N = 7,5$ кВт, розміри стола 1250×320 мм; розмір середнього паза стола $18H8$ мм, двох крайніх – $18H11$ мм, відстань між трьома пазами 70 мм.

Різальний інструмент: торцева фреза 2214-0151 P6M5 ГОСТ 9304-69. Режим різання розрахований в розділі 6.5 пояснювальної записки:

$$S_x = 63 \text{ мм/хв}; t = 5,5 \text{ мм}; B = 56 \text{ мм}; V_\phi = 25,12 \text{ м/хв}; n_\pi = 125 \text{ об/хв};$$

$$P_z = 2600 \text{ Н}; P_h = 1040 \text{ Н}; P_v = 2470 \text{ Н}; P_y = 1040 \text{ Н}; P_x = 1430 \text{ Н}.$$

Визначимо напрямок дії складових сил різання при симетричному торцевому фрезеруванні (див. рис. 7.1) [6].

Сила P_h направлена уздовж подачі фрези і спромагається повернути заготовку навколо осі отвору $\varnothing 96H11$ та оправки. Ця складова сили різання компенсується силами тертя, які виникають під дією нормальних сил закріплення P_z трьох висувних кулаків.

Сила P_v направлена до низу, діє на опорну поверхню УБ і притискує заготовку до цієї поверхні.

Сила P_x направлена радіально до поверхонь сфери і оправки. Ця складова сила спромагається зсунути заготовку по площині торцевої поверхні $\varnothing 100/\varnothing 96H11$.

Таким чином, розрахунок сили закріплення будемо вести за величиною складової сили $P_h = 1061$ Н.

Зазначені умови дозволили поставити задачі, які потрібно вирішити при проектування верстатного пристрою.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

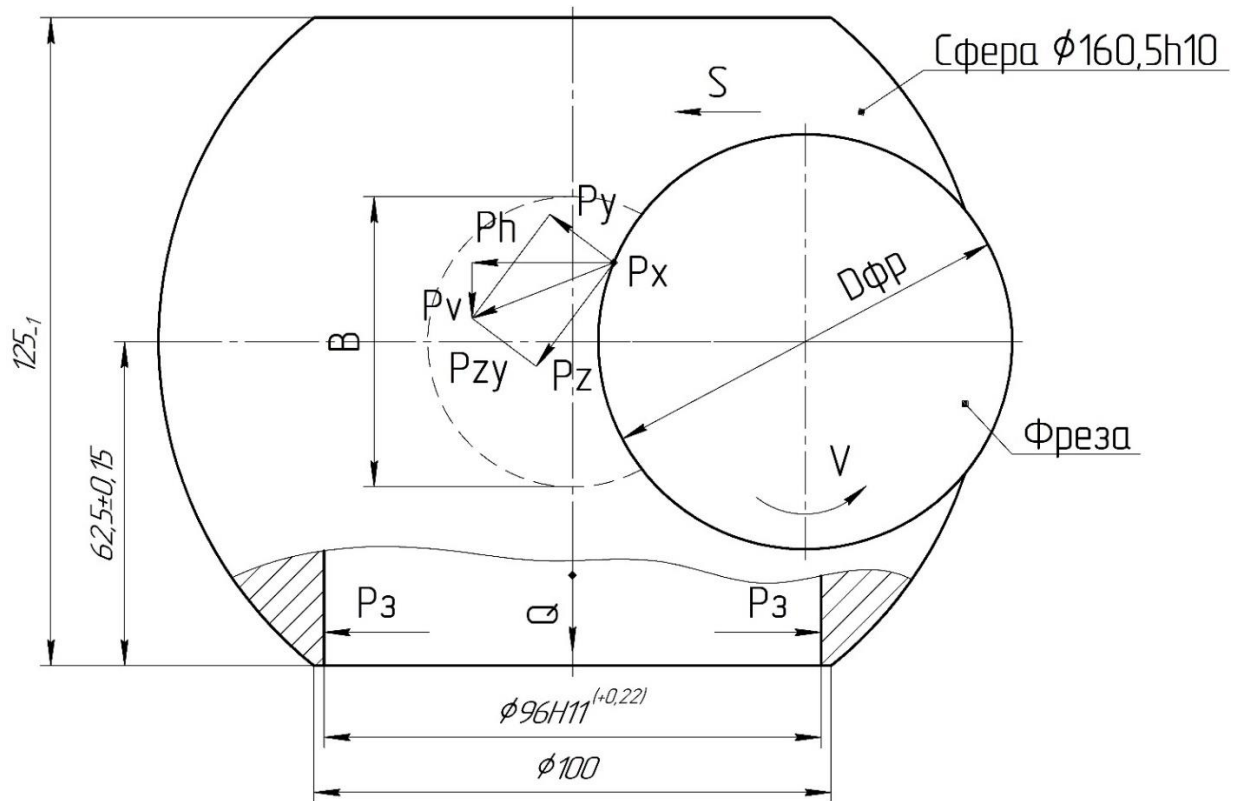


Рисунок 7.1 – Схема сил різання при обробці площин торцевою фрезою

1. Забезпечити постійне базування заготовки при обробці.
2. Забезпечити постійну силу закріплення за час виконання операції.
3. Забезпечити точність установки пристрою на столі верстата для забезпечення технічних вимог креслення.

Розроблення схем базування і закріплення заготовки.

Заготовка базується по торцевій поверхні $\varnothing 100/\varnothing 96H11$ і отвору $\varnothing 96H11$ довжиною 125 мм. Закріплення заготовки виконується трьома висувними кулаками, розташованими по колу в радіальних пазах оправки під кутами 120° . При наведеному закріпленню і базуванню заготовки виникає різний напрямок дії сил різання і закріплення відносно зазначених поверхонь (див. рис. 7.2).

Сила закріплення P_3 визначається за формулою [11]:

$$P_3 = \frac{K P_h}{f_1 + f_2} = \frac{4,6 \cdot 1040}{0,16 + 0,16} = 1495 \text{ Н,}$$

де $P_h = 1040 \text{ Н}$ – складова сили різання;

										Арк.
										39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

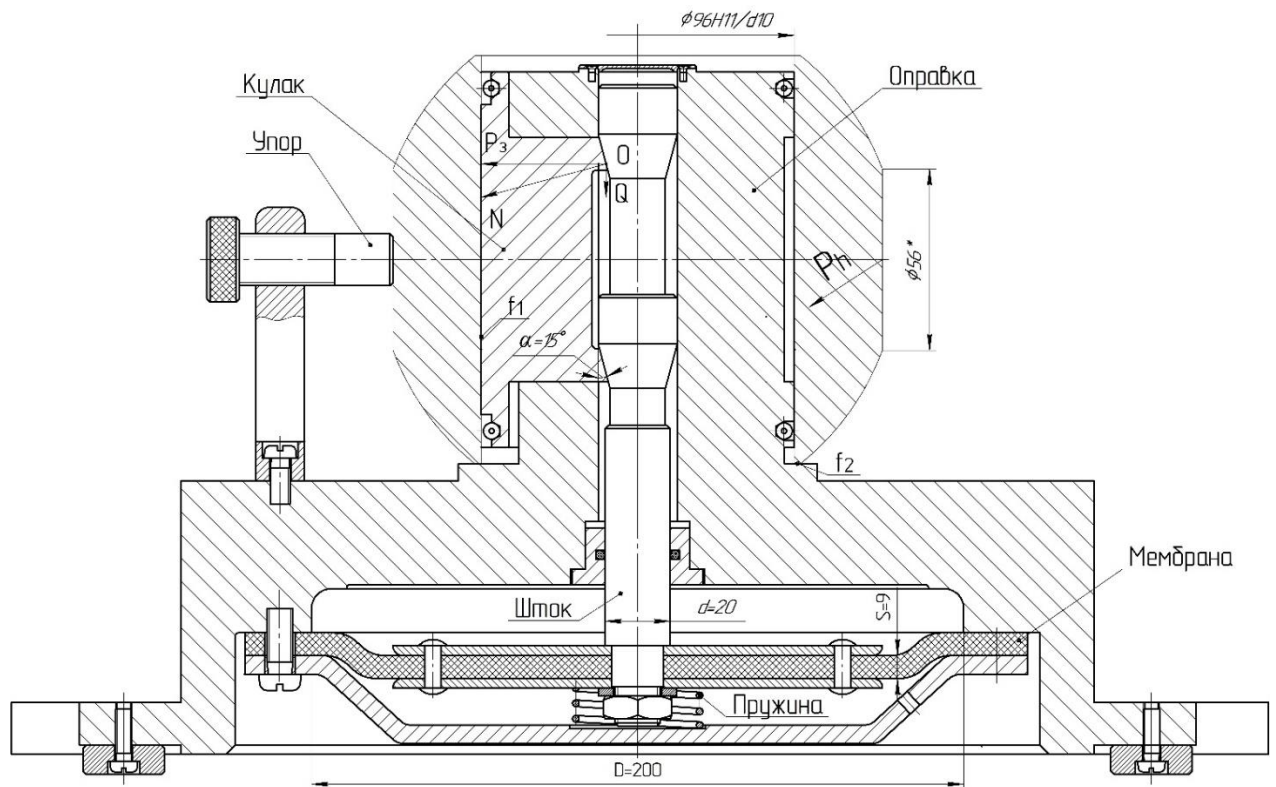


Рисунок 7.2 – Схема до розрахунку сили закріплення заготовки

$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 4,536$ – поправочний коефіцієнт, який враховує наступні фактори [11]: $K_0=1,5$ – похибку розрахунків; $K_1=1,2$ – наявність випадкових похибок на поверхні заготовки; $K_2=1,4$ – збільшення сили різання від затуплення інструменту; $K_3=1,2$ – збільшення сил різання при переривчастому різанні; $K_4=1$ – постійність затискних сил пневматичного пристрою; $K_5=1,0$ – зручність розташування рукояток у затискному пристрої; $K_6=1,5$ – наявність моментів, які прямують повернути заготовку. Приймаємо $K = 4,6$;

$f_1 = f_2 = 0,16$ – коефіцієнти тертя, які виникають в місцях контакту відповідно висувних кулаків та базової поверхні пристрою з заготовкою [11].

Визначимо силу на штоку мембранного приводу. Конструкція штока виконана із двома клинами, які взаємодіють з висувними кулаками вставлених у радіальні пази оправки. Коли шток із клинами рухається вниз одночасно відбувається радіальний рух висувних кулаків до поверхні отвору $\text{Ø}96H11$ і заготовка затискається.

						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначимо силу на штоку пневматичного приводу Q за формулою [11]:

$$Q = \frac{P_3}{i_c} = \frac{14950}{2,3} = 6500 \text{ Н,}$$

де $i_c = 2,3$ – передавальне відношення механізму «клин-кулак» під кутом 15° , яке визначається за даними джерела [11];

Визначимо діаметр діафрагми D за формулою [11]:

$$D = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{W}{0,196 \cdot p}} = \frac{1}{1,7} \sqrt{\frac{6700}{0,196 \cdot 0,4}} = 172 \text{ мм,}$$

де $W = Q + P_{\pi} = 6500 + 200 = 6700 \text{ Н}$ – сила, яку розвиває мембранний пневматичний привід;

$P_{\pi} = 200 \text{ Н}$ – сила, яка виникає від дії пружини повернення штока ввверх;

$p = 0,4 \text{ МПа}$ – тиск стислого повітря в порожнині пневматичної камери.

Приймаємо $D = 200 \text{ мм}$ (із розмірного ряду діаметрів пневматичних приводів), тоді згідно паспортних даних сила на штоку пневматичного приводу $W = 9000 \text{ Н}$. Приймаємо діаметр штоку $d = 20 \text{ мм}$.

Визначимо товщину діафрагми S за формулою [11]:

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p}{\sigma_{max}}} = \frac{200}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} = 9 \text{ мм,}$$

де $\sigma_{max} = 40 \text{ МПа}$ – найбільше граничне напруження в матеріалі мембрани, яка виготовлена із гуми та тканини.

Визначаємо рух штоку L при плоскому розташуванні мембрани [11]:

$$L = \frac{3 \cdot p \cdot D^4 (1 - \mu^2)}{256 \cdot E \cdot S^3} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 200^4 (1 - 0,4^2)}{256 \cdot 6 \cdot 10^2 \cdot 9^3} = 15 \text{ мм,}$$

де $\mu = 0,4$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу мембрани;

$E = 6 \cdot 10^2 \text{ МПа}$ – модуль пружності матеріалу мембрани.

Визначаємо рух висувного кулака L_k [11]:

$$L_k = l_1 + l_2 + \frac{P_3}{J} + l_3 = 0,12 + 0,22 + \frac{14950}{3500} + 0,4 = 4,0 \text{ мм,}$$

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $l_1 = 0,12$ мм – гарантований зазор для вільної установки заготовки на оправку (мінімальний зазор посадки $\text{Ø}96H11/d10$);

$l_2 = 0,22$ – допуск розміру отвору заготовки [$\text{Ø}96H11(+0,22; 0)$] встановленої в пристрій;

$J = 4800$ Н/мм – жорсткість механізму «клин-кулак»;

$l_3 = 0,2$ мм – запас ходу кулака, який враховує знос і похибку виготовлення механізму «клин-кулак».

Визначаємо рух мембранного приводу (рух тяги) $S(P_T)$ за формулою [11]:

$$S(P_3) = L_K \cdot i_{\Pi} = 4 \cdot 3,732 = 15 \text{ мм},$$

де $i_{\Pi} = \cot \alpha = \cot 15^\circ = 3,732$ – передавальне відношення переміщення механізму «клин-кулак», яке залежить тільки від кута α .

За розрахованими елементами конструкції проектуємо пристрій для фрезерування двох площин пробки.

Розрахунок точності елементів конструкції пристрою.

До розрахункових параметрів точності можна віднести паралельність установчої бази стола пристрою відносно площини підвалини, яким він з'єднується із столом верстата.

Гранична похибка $T_{\text{пр}}$ виготовлення паралельності стола (установча база для пробки) відносно бази В підвалини пристрою визначається за формулою:

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{д}} - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3\text{н}}^2 + \varepsilon_{\Pi}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2},$$

де $T_{\text{д}} = 120$ мкм – допуск розміру $75(0; -0,12)$ мм;

$K = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує відхилення окремих складових від нормального закону розподілення;

$\varepsilon_{\delta} = 0$ – похибка базування заготовки у пристрої (співпадають конструкторська, технологічна і вимірювальна бази);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення заготовки (сили закріплення не змінюють положення заготовки в пристрої);

						Арк.
					ТМ 21510029-00.ПЗ	42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$\varepsilon_{zn} = 0$ – похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос елементів базування пристрою);

$\varepsilon_n = 10$ мкм – похибка перекосу інструмента (для фрезерної групи верстатів);

$\varepsilon_{уст} = 20$ мкм – похибка установки пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{обр} = K_2 \cdot \omega = 0,6 \cdot 100 = 60$ мкм – середня економічна точність фрезерування площин [2–4, 7]; $\omega = 100$ мкм (IT10); $K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує імовірність появи похибки обробки [11];

$\varepsilon_{поз} = 10$ мкм – похибка позиціювання шпиндельного вузла [11].

$$T_{пр} \leq 120 - 1,2\sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 20^2 + 60^2 + 10^2} = 42 \text{ мкм.}$$

Приймаємо $T_{пр} = 0,02$ мм і заносимо розраховану величину в технічні вимоги креслення пристрою для фрезерування.

Опис конструкції та роботи пристрою.

Пристрій (див. креслення ТМ 21510029-07-01.00.00 СК) складається із мембранного пневматичного приводу односторонньої дії з пружиною повернення і крана керування 1, потрібного для подачі повітря у верхню порожнину пневматичної камери. У корпус 2 вбудований шток 3 з двома клиновими елементами, діафрагма (мембрана) 4, затиснутою двома дисками 5 і прикритою кришкою 6 з отвором для виходу залишкового повітря. Шток 3 з'єднаний з діафрагмою 4 гайкою 30 з шайбою 31. Між кришкою 6 і діафрагмою 4 встановлена пружина повернення 7. Верхня частина корпусу 2 виконана у вигляді оправки в якій прорізані три радіальних паза під кутами 120° . В пази встановлені висувні кулаки 8, які вверху і внизу стягнуті кільцевими пружинами 9. В підвалені корпусу 2 встановлені дві напрямні шпонки 20. При обробки поверхні сфери на установі Б (друга поверхня), її розташування забезпечується упором 10 з рукояткою 11, які встановлені у кронштейні 12. Для встановлення пристрою на столі верстата або його переміщення із робочої зони передбачені два рим-болта 25.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Пристрій працює наступним чином. У вихідному стані шток 3 знаходиться у верху, пружина повернення 7 розтиснута, стислого повітря в порожнині камери немає, висувні кулаки 8 зведені до центру оправки. Далі на оправку встановлюється заготовка, ручка розподільного крана становиться в положення «Відчинено» і стисле повітря поступає в порожнину пневматичної камери. Висувні кулаки розтискаються і закріплюють заготовку. Виконується обробка першої площини пробки. Після закінчення обробки, ручка розподільного крана повертається у положення «Зачинено», стисле повітря виходить в атмосферу, а пружина повернення розтискається, підіймає шток ввєрх і заготовка розтискається. Верстатник рукою повертає заготовку навколо оправки на кут 180°. Досягнуте розташування пробки фіксується висувним упором, який притискається до обробленої поверхні пробки (опорна база, яка позбавляє заготовку шостого ступеня свободи). Заготовка закріплюється і відбувається обробка другої площини пробки. Після її обробки цикл розтиснення заготовки повторюється і вона видаляється із пристроєм.

Робочі прийоми з пристроєм не потребують високої кваліфікації верстатника. Пристрій треба зберігати в сухій від вологи коморі, змастивши його мастилом, не допускати попадання сонячних промінів та великого коливання температури в приміщенні зберігання.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового призначення кульового крана та пробки, умов її експлуатації, технічних вимог на виготовлення деталі.
2. Визначений тип виробництва – дрібносерійний, запропонована форма організації виробництва – групова.
3. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками.
4. Визначений спосіб виготовлення заготовки для пробки – штамповка на КГШП, розроблені технічні вимоги на її виготовлення.
5. За програмою «rgr» на ЕОМ розраховані припуски на обробку поверхні сфери діаметром $160h7(0; -0,04)$ мм. Для двох операцій 035 «Горизонтально-фрезерна» та 045 «Круглошліфувальна» запропоновані схеми базування та закріплення заготовок, моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу.
6. Спроектований верстатний пристрій для обробки двох площинних поверхонь заготовки на операції 035 «Горизонтально-фрезерна».
7. Вирішені питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях для працюючих робітників.
8. Розроблена технологічна документація (карти КТП та КЕ) на технологічний процес виготовлення пробки.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	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. **Бойко, Ю. І.** Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
3. **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.
4. **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.
5. **Попович, В. В.** Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підруч. для вищ. навч. закл. / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
6. **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.
7. **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 дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
8. ДСТУ ГОСТ 7505-89. Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2003. – 52 с.

										Арк.
										46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМ 21510029-00.ПЗ

9. **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.

10. **Залога, В. О.** Робоча програма та методичні вказівки до обов'язкового домашнього завдання з дисципліни «Теорія різання» : для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. О. Залога. – Суми : СумДУ, 2017. – 43 с.

11. **Петров, О. В.** Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

					ТМ 21510029-00.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		