

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
КРИШКИ ЦИЛІНДРА 317-49.2043-01

Здобувача групи **ТМ-91/1**

Одінцова Дмитра Романовича

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

Дмитро ОДІНЦОВ

(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)

РЕФЕРАТ

Записка: 70 с., 15 рисунків, 9 таблиць, 6 джерел посилання.

Кришка циліндра 317-49.2043-01 входить до складу компресорної установки 4ГМ2,5-1,2/10-250, призначеної для стискання природного газу від тиску 0,4–1,25 МПа до 1,5 МПа. Стиснутий природний газ використовують як паливо в двигунах внутрішнього згорання, для заправки легкових автомобілів, пасажирського та легкого вантажного транспорту, комунальної техніки, що визначає актуальність досліджень, спрямованих на підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення компонентів компресорних установок.

Об'єкт роботи – кришка циліндра 317-49.2043-01, технологічний процес її виготовлення.

Предмет роботи – структура та параметри технологічного процесу виготовлення кришки циліндра 317-49.2043-01.

Мета роботи – підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення кришки циліндра 317-49.2043-01.

Для підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення кришки циліндра проаналізовано її службове призначення, технічні вимоги, регламентовані кресленням деталі, обґрунтовано вибір способу одержання заготовки, схеми базування та закріплення заготовки, моделі верстатного устаткування, технологічного оснащення, режимів різання та норм часу для двох багатоцільових технологічних операцій.

Для стабілізації параметрів точності оброблюваних поверхонь заготовки, підвищення продуктивності виготовлення деталі, покращання умов праці робочих, спроектовано спеціальний верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на багатоцільових операціях з ЧПК.

КРИШКА ЦИЛІНДРА, ВИЛИВОК, СХЕМА БАЗУВАННЯ, БАГАТОЦІЛЬОВА ОПЕРАЦІЯ З ЧПК, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі	5
2 Аналіз технічних вимог виготовлення деталі	11
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	17
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	21
5 Обґрунтування вибору способу одержання заготовки й розроблення технічних вимог на її конструкцію.....	26
6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	31
6.1 Визначення припусків на оброблення поверхні обертання аналітичним способом	31
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки	33
6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування	43
6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристосування, ріжучого та вимірювального інструменту	44
6.5 Визначення режимів різання.....	50
6.6 Технічне нормування технологічних операцій.....	52
7 Проектування верстатного пристрою	57
Висновки	69
Перелік джерел посилання	70
Додаток А Кришка циліндра 317-49.2043-01 (робоче креслення деталі)	71
Додаток Б Розрахунок припусків на діаметральні розміри	72
Додаток В Визначення режимів різання аналітичним способом.....	73
Додаток Г Пристрій верстатний (специфікація)	75
Додаток Д Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	78

					<i>ТМ 17510044–00.ПЗ</i>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення кришки циліндра 317-49.2043-01</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Одінцов						3	70
Перевір.	Євтухов							
Н. контр.	Дегтярьов					<i>СумДУ</i>		
Затверд.	Іванов							

ВСТУП

Кришка циліндра 317-49.2043-01 входить до складу компресорної установки 4ГМ2,5-1,2/10-250, призначеної для стискання природного газу від тиску 0,4–1,25 МПа до 1,5 МПа. Стиснутий природний газ використовують як паливо в двигунах внутрішнього згорання, для заправки легкових автомобілів, пасажирського та легкого вантажного транспорту, комунальної техніки.

Компресорна установка входить до складу автомобільної газонаповнювальної компресорної станції АГНКС БКИ 250, до складу якої входить комплекс обладнання для забезпечення автономної роботи станції для стиснення природного газу та заправки в автомобілі.

Все вище зазначене визначає актуальність досліджень, спрямованих на підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення компонентів компресорних установок.

Для підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення кришки циліндра проаналізовано її службове призначення, технічні вимоги, регламентовані кресленням деталі, аналітичним способом визначено тип виробництва, проаналізовано технологічність конструкції деталі за якісними ознаками, вибір способу одержання заготовки обґрунтовано за технічними та економічними показниками, проаналізовано та вибрано схеми базування та закріплення заготовки, моделі верстатного устаткування, технологічного оснащення, режимів різання та норм часу для двох багатоцільових технологічних операцій. Для базування та закріплення заготовки на багатоцільових операціях з ЧПК спроектовано спеціальний верстатний пристрій з механізованим приводом.

					<i>ТМ 17510044–00.ПЗ</i>	Арк.
						4
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ.

ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ

Практично жодна галузь промисловості не обходиться без застосування різноманітних компресорних машин. Широке розповсюдження вони отримали зокрема на підприємствах нафтопереробної та нафтохімічної промисловості.

У цій роботі розглядається установка компресорна 4ГМ2,5-1,2/10-250 призначена для стискування природного газу від тиску 0,4–1,25 МПа до 1,5 МПа. Стиснутий природний газ використовують як паливо в двигунах внутрішнього згоряння, для заправки легкових автомобілів, пасажирського та легкого вантажного транспорту, комунальної техніки.

Компресорна установка входить до складу автомобільної газонаповнювальної компресорної станції АГНКС БКИ 250, до складу якої входить комплекс обладнання для забезпечення автономної роботи станції для стиснення природного газу та заправки в автомобілі.

Установка компресорна 4ГМ2,5-1,2/10-250 складається із встановлених на рамі опозитного компресора і приводного електродвигуна, з'єднаних за допомогою пружної втулково-пальцевої муфти, газових комунікацій із запірною, регулювальною та запобіжною арматурою, допоміжних систем.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика установки компресорної 4ГМ2,5-1,2/10-250

Тип компресора	Горизонтальний, крейцкопфний, чотирьох-рядний, чотирьох-ступінчастий на опозитній базі 4ГМ2,5
Кількість ступенів стискування	4
Кількість циліндрів	
I ступеня	1
II ступеня	1
III–IV ступенів	2
Діаметри циліндрів, м	
I ступеня	0,140
II ступеня	0,095
III–IV ступенів	0,052

										Арк.
										5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМ 17510044–00.ПЗ

Компресор за своєю схемою є чотирирядною поршневою опозитною машиною. У двох взаємно протилежних рядах розташовані циліндри подвійної дії I і II ступені, у двох інших рядах розташовані однакові циліндри III-IV ступенів.

Установка компресора з приводним електродвигуном на рамі виконана для зручності їх обслуговування. У раму вбудований бак для охолоджувальної рідини, збоку рами розміщують моноблочний електронасос системи охолодження. Крім того, в рамі під компресором розташовані вузли системи підготовки мастила.

«Приєднувальний пристрій» входить до складу системи газових комунікацій з міжступеневою апаратурою. Ця система виконує функції забору газу, що стискається з вихідного сепаратора АГНКС, транспортування його послідовно по сходах і видачі в блок осушення АГНКС. Одночасно проводиться охолодження газу в СПОК і відокремлення від нього олії та вологи у вологовідділювачах, які за допомогою продувних вентилів збираються у відповідні ємності. Вузол «приєднувальний пристрій», встановлений в задній частині компресора, в цій системі газових комунікацій служить для нагнітання газу в робочу порожнину, а також виконує роль дублюючого пристрою, що захищає компресор від надлишкових навантажень.

«Приєднувальний пристрій» складається з таких деталей і складальних одиниць. Вимикач кінцевий ВКГМ з'єднаний за допомогою чотирьох шпильок, шайб і гайок з пневматичним приводом ПП-0,5-3/3 10, який за допомогою штифтів і гайок встановлюється на кришці. Для запобігання розкручування гайки остання фіксується за допомогою стопорної шайби. Кришка, у свою чергу, встановлюється в розточування кришки циліндра за допомогою восьми шпильок і закріплюється гайками. Безпосередньо в кришку циліндра встановлений вентиль з прокладкою, призначений для продування порожнин, а також пробка з прокладкою, призначена для цієї мети. У середині кришки циліндрів у різьбовий отвір М39×2-7Н встановлений регульовальний механізм, що складається з двох зафіксованих за допомогою двох буксів на валу тарілчастих пружин, а також сідла та гільзи, з'єднаних за допомогою гвинтів. У розточування кришки циліндра встановлена

										Арк.
										7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ТМ 17510044-00.ПЗ

в) ступінчастий різьбовий отвір M14×1,5-7H з розточуванням під прокладку Ø22 призначений для встановлення та закріплення продувного вентиля. До цього з'єднання також пред'являють вимогу підвищеної герметичності;

г) ступінчастий різьбовий отвір M12×1,25-7H з розточуванням під ущільнення Ø21 призначений для встановлення пробки.

Внутрішні фаски 1×45°, 2×45° й 1,6×45° в різьбових отворах відповідно M39×2-7H, M14×1,5-7H й M12×1,25-7H є направляючими («західними») елементами деталі. Ці різьби виконані з дрібним кроком для збереження герметичності з'єднання та забезпечення герметичності вузла загалом. У ступінчастий різьбовий отвір M8-7H встановлюється рим-болт. Це різьблення витримує навантаження, що виникають при переміщенні, установці та демонтажі вузла масою 28,6 кг.

Галтелі служать для зменшення концентраторів напружень і збільшення терміну служби деталі.

Інші поверхні не несуть функціонального призначення, а лише формують загальну конфігурацію деталі.

Як уже зазначалося вище на основі деталі «кришка циліндра» встановлюються та координуються з достатньою точністю і кріпляться інші деталі та механізми вузла, а також забезпечується їх правильне відносне переміщення та взаємодія. Під час експлуатації «кришка циліндра» залишається нерухомою, однак сприймає високий внутрішній тиск до 5 МПа (50 кг/см²). Зовнішні поверхні не закриті від впливу довкілля. Надмірне забруднення та попадання особливо активних середовищ на поверхні деталі неприпустимі.

Особливу увагу слід звернути на рівномірність рівня затягування кріпильних елементів, що кріплять деталі та вузли до «кришки циліндра», а також гайок, що кріплять саму кришку до компресорної установки. Нерівномірне або недостатнє затягування кріпильних елементів може призвести до виникнення неприпустимих значень вібрацій та передчасного виходу з ладу вузла та установки загалом.

					TM 17510044-00.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

«Кришка циліндра 317-49.2043-01» входить до складу «приєднувального пристрою» та є однією з найбільш відповідальних деталей, отже до неї пред'являються жорсткі вимоги на виготовлення.

Деталь є корпусною і має складну конфігурацію, під час експлуатації сприймає значні зовнішні навантаження. Реакцією на зовнішні навантаження є знакозмінні внутрішні напруження в матеріалі деталі. Тому цілком обґрунтованим є вибір матеріалу – сірий чавун СЧ 20. Деталь виходить литтям, тому формування зміни поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Проте навіть при цьому формування вилівка повинне проводитися із застосуванням стрижнів, що формують внутрішні порожнини. Ці елементи визначаються конструктивними міркуваннями, та їх зміни є небажаними.

Сірий чавун СЧ 25 ГОСТ 1412-85 знайшов широке поширення у верстатобудуванні (станини, корпуси, супорти, бабки, люки, кришки), у виробництві двигунів, авто- та тракторобудуванні (блоки циліндрів, гільзи, головки, розподільні вали, сідла клапанів, напрямки втулки, штовхачі, гальмівні барабани, диски зчеплення, картери коробок швидкостей та зчеплення), у хімічному машинобудуванні, електромашинобудуванні, при виробництві компресорів, насосів, повітродувок, для виготовлення санітарно-технічних виробів. У заготовок із сірого чавуну спостерігається хороша оброблюваність, покращені ливарні властивості, що полегшують отримання виливків найбільш складної конфігурації, та найнижча собівартість. Механічні властивості та склад сірого чавуну зазначені у таблиці 2.1. Матеріалами-замінниками СЧ 25 можуть бути сірі чавуни СЧ 24, СЧ 30.

Таблиця 2.1 – Механічні властивості й хімічний склад сірого чавуну СЧ 25

Чавун	σ _B , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ МПа	Масова доля елементів, %				
			C	Si	Mn	P	S
						не більше	
СЧ 25	245	180–250	3,2–3,4	1,4–2,2	0,7–1,0	0,2	0,15

									Арк.
									11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМ 17510044–00.ПЗ				

Цей матеріал задовольняє технологічним, конструкційним та експлуатаційним вимогам, що висуваються до конструкції деталі.

Робоче креслення «кришки циліндра 317-49.2043-01» (див. додаток А) дає повне уявлення про конфігурацію деталі, розміри всіх її поверхонь і точність їх виготовлення, шорсткість, точність форми та взаємного розташування поверхонь. На кресленні деталі всі розміри проставлені відповідно до чинних норм та правил і є легкочитаними.

Враховуючи важкі умови експлуатації і те, що деталь є корпусною і на її основі встановлюються та координуються з достатньою точністю інші деталі та механізми вузла, а також забезпечується їх правильне відносне переміщення та взаємодія, до неї пред'являються досить жорсткі вимоги щодо розмірної точності, точності форми та взаємного розташування поверхонь, чистоти поверхонь.

Розглянуту деталь відносять до типу корпусних, вона є тілом обертання з максимальним діаметром 262 мм при довжині 187 мм і характеризується досить жорсткою конструкцією.

Аналізуючи високі вимоги щодо точності до внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 105H9^{(+0,087)}$ слід визнати їх обґрунтованими, оскільки при складанні вузла, точність за IT9 квалітетом забезпечує величину мінімального зазору $S_{\min} = 36$ мкм і максимального зазору $S_{\max} = 158$ мкм при посадці в розточку кришки H9/f7. Таким чином досягається достатня точність центрування кришки щодо розточування кришки циліндра при хорошій технологічності щодо складання виробу загалом. До внутрішньої циліндричної поверхні пред'явлено вимогу розташування поверхні: допуск співвісності отвору $\varnothing 105H9$ щодо зовнішньої циліндричної поверхні $L \varnothing 0,05$, що відповідає 7–8 ступеням точності з найближчими стандартними величинами допусків 40 мкм і 50 мкм відповідно. Цей допуск запропонований з конструктивних міркувань з метою координації з достатньою точністю регулювального механізму вузла щодо кришки циліндра, а згодом відповідно щодо передбаченого для нього місця в корпусі компресора. Таким чином, досягається достатня точність центрування деталей вузла щодо

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Елементи, що ускладнюють конструкцію деталі: вісім глухих отворів різьбових М16-7Н, глухий ступінчастий радіальний різьбовий отвір М8-7Н. При виготовленні отворів утруднений вільний вихід стружки, що може призвести до заклинювання інструменту, і призводить до необхідності встановлення спеціальних пристроїв, що оберігають його від поломки. Також утруднена вільна подача ЗОР, що обмежує можливість застосування високопродуктивних методів оброблення.

Також ускладнюють конструкцію ступінчастий радіальний різьбовий отвір М12×1,25-7Н і ступінчастий радіальний різьбовий отвір М14×1,5-7Н, оскільки вони розташовані на циліндричній поверхні буртика, і для їх отримання необхідно застосування додаткового переходу зацентровки, або використання спеціальних кондукторних пристроїв.

При виготовленні радіусної проточки R1 та R1,6 необхідне проектування та застосування спеціального різального інструменту.

Значно ускладнюють конструкцію галтелі радіусом R2, R3. Наявність великої кількості сполучень вимагає застосування копіювального обладнання або обладнання з ЧПК, однак це вимушений захід, оскільки саме така конфігурація галтелей і радіусних переходів знижує ризик утворення концентраторів напружень в матеріалі деталі.

Власне деталь проста за конструкцією, має хороші базові поверхні для початкових операцій. Як базові поверхні можуть служити як зовнішні, так і внутрішні поверхні деталі. За необхідності позбавлення деталі шести ступенів свободи (забезпечення повного базування) додатково можуть використовуватися як технологічна база фасонні виступи на торці деталі.

До деталі пред'являють вимоги щодо точності вилівка 8-5-15-8 зм. 1,2 ГОСТ 26645-85: клас розмірної точності – 8, ступінь короблення – 5, ряд припусків – 15, клас точності маси – 8. Зміщення за площиною роз'єму форм – 1,2 мм.

До заготовки висувається вимога проведення термічної обробки. Графітуючий відпал використовують для розкладання карбідів (усунення

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Визначення типу виробництва та форми організації робіт згідно з завданням визначимо за методикою [1]. Відповідно до [1] тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, що показує «відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до робочих місць».

1. Згідно з методикою [1] визначимо кількість необхідного обладнання за формулою

$$m_p = (N_{річ} \cdot T_{шт}) / (60 \cdot F_{\delta} \cdot \eta_{з.н}), \quad (3.1)$$

де $N_{річ} = 200$ шт. – річний обсяг випуску деталей згідно з завданням на проектування;

$T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв.;

$F_{\delta} = 4029$ год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (для дрібносерійного виробництва).

Результати розрахунків наведемо в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$, хв.	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
025	Токарно-гвинторізна	28,20	0,0311	1	0,0311	24,11
035	Токарно-гвинторізна	22,20	0,0245	1	0,0245	30,63
045	Багатоцільова на обробному центрі з ЧПК	31,51	0,0348	1	0,0348	21,58
055	Горизонтально-фрезерна	10,40	0,0115	1	0,0115	65,37
060	Багатоцільова на обробному центрі з ЧПК	16,71	0,0184	1	0,0184	40,69
Сума:				5		182,37

Визначимо кількість необхідного устаткування за відповідними операціями. Для операції 025 токарно-гвинторізної маємо:

$$m_p = (200 \cdot 28,2) / (60 \cdot 4029 \cdot 0,75) \approx 0,0311.$$

Округляємо одержане значення до «цілих» в більшу сторону – $P = 1$ верстат. Аналогічно обчислюємо кількість обладнання для інших технологічних операцій.

2. Для кожної операції обчислюємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою [1]:

$$\eta_{з.ф} = m_p / P. \quad (3.2)$$

Для операції 025 маємо $\eta_{з.ф} = 0,0311 / 1 = 0,0311$.

3. Кількість операцій, виконуваних на робочому місці, визначимо за формулою [1]:

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф}. \quad (3.3)$$

Для операції 025 маємо $O = 0,75 / 0,0311 \approx 24,11$.

4. Коефіцієнт закріплення операцій визначимо за формулою [1]:

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 182,37 / 5 \approx 36,48.$$

Отже виконується умова

$$20 < K_{з.о} = 36,48 < 40,$$

що згідно з [1] відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Для дрібносерійного типу виробництва вибираємо групову форму організації робіт.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дрібносерійним називають виробництво, в якому вироби виготовляють партіями (для деталей) чи серіями (для складальних виробів), які складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускають у виробництво одночасно [2]. Основним принципом цього типу виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком. Кількість деталей у партії та кількість машин у серії може бути різною.

У серійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто поділений на окремі технологічні операції, закріплені за окремими робочими місцями (верстатами). В цьому разі застосовують верстати різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегатні. Верстатний парк повинен бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва іншої, яка дещо відрізняється від першої конструктивно.

Під час використання універсальних верстатів широко використовують спеціальні та спеціалізовані пристрої, спеціалізований та спеціальний різальний інструмент і, нарешті, вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних та спеціальних) калібрів та шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Все це обладнання та оснащення в серійному виробництві можна застосовувати досить широко, тому що за повторюваності процесів виготовлення тих самих деталей зазначені засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, який з великою вигодою окупає витрати на них [2].

Вважають, що серійне виробництво є значно економічнішим, ніж одиничне, оскільки краще використання устаткування, спеціалізація робітників, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Кількість деталей у партії для одночасного запуску допускають визначати спрощеним способом за формулою [1]:

$$n = (N_{pic} \cdot a) / 259,$$

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $a = 24$ – періодичність запуску, в днях [1];

259 – кількість робочих днів на рік.

В такому разі маємо:

$$n = (200 \cdot 24) / 259 = 18,5.$$

Беремо величину партії запуску з округленням в більшу сторону: $n = 19$ шт.

					<i>ТМ 17510044–00.ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Під час конструювання деталей необхідно дотримуватись як експлуатаційних вимог, так і вимог їх економічного й продуктивного виготовлення [1, 2].

Чим менша трудомісткість і собівартість виготовлення деталі, тим більше технологічною є її конструкція. Отже, основним критерієм оцінювання технологічності конструкції деталі є трудомісткість та собівартість її виготовлення.

«Кришку циліндра» можна віднести до корпусних деталей циліндричної форми з буртиком діаметром 262 мм та маточиною діаметром 141f9, максимальним діаметром східчастого центрального отвору 150H9 за загальної довжини деталі 187 мм. Загалом деталь є компактною, але має відносно складну конфігурацію. Нагадаємо, що під час експлуатації деталь сприймає значні зовнішні навантаження, тож цілком обґрунтованим є вибір матеріалу деталі – сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85. У заготовок із сірого чавуну спостерігається хороша оброблюваність різанням, покращені ливарні властивості, що полегшують отримання виливків найбільш складної конфігурації, та найбільша дешевизна. Механічні властивості та хімічний склад сірого чавуну наведені у таблиці 2.1. Матеріалами-замінниками марки СЧ 20 можуть бути сірі чавуни марок СЧ 24, СЧ 30. Загалом цей матеріал задовольняє технологічним, конструкційним та експлуатаційним вимогам, що висуваються до деталі.

Аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками показав такі нетехнологічні ознаки, які наведені нижче.

Наявність виступаючого буртика, діаметр якого значно відрізняється від діаметру маточини є нетехнологічною ознакою, бо потребує під час оброблення заготовки додаткового підналагодження установчих елементів верстатних пристроїв.

Масу деталі – 24,1 кг також можна віднести до нетехнологічних ознак, оскільки заготовку з такою масою потрібно транспортувати та установлювати на верстат з використанням механізованих транспортно-підйомних пристроїв.

										Арк.
										21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

специфічних методів, реалізація яких зазвичай потребує застосування специфічного устаткування та оснастки.

Загалом, не дивлячись на відносну складність конструкції деталі, вона має розвинуті базові поверхні, що можуть бути використані на чорнових операціях. Як базові поверхні можуть служити як зовнішні, так і внутрішні поверхні деталі. За необхідності позбавлення деталі шести ступенів свободи (забезпечення повного базування) додатково можуть використовуватися як технологічна база фасонні виступи на торці деталі.

«Кришка циліндра» загалом є технологічною деталлю. Конструкція деталі раціональна (крім низки нетехнологічних елементів) і передбачає використання штучних технологічних баз. Нетехнологічні особливості розглянутої деталі є допустимими, тому що їх усунення ще більше ускладнить процес отримання деталі або негативно вплине на експлуатаційні характеристики виробу.

Отже, оцінка технологічності конструкції деталі за якісними показниками – «задовільно».

					<i>ТМ 17510044–00.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		25

5 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ Й РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ЇЇ КОНСТРУКЦІЮ

Від правильності вибору способу одержання заготовки залежить собівартість виготовлення деталі. Вибір методу залежить від низки чинників: типу виробництва, маси деталі, складності форми, вимог креслення. Водночас під час вибору способу одержання заготовки необхідно враховувати новітні тенденції в технології машинобудування щодо скорочення витрат матеріалу, зменшення обсягів механічного оброблення, точності та якості поверхонь, оскільки для оброблення заготовок широко застосовують верстати з ЧПК, автомати та автоматичні лінії. Остаточний вибір варіанта проводиться порівнянням собівартості деталі після різних методів одержання заготовки. Собівартість деталі визначають підсумовуванням собівартості одержання заготовки та вартості її подальшого механічного оброблення.

На діючому підприємстві заготовку для деталі «кришка циліндра» одержують литтям в піщано-глинисті форми. Такий метод характеризують низькою точністю, значною шорсткістю й великими припусками на механічне оброблення. З іншого боку вартість виготовлення таких виливків мінімальна, але вартість їхнього механічного оброблення більша, ніж для заготовок, одержуваних іншими способами лиття.

Коефіцієнт використання заготовки, одержуваної литтям у піщані форми, як ознаку технологічності, визначимо за формулою

$$K_3 = \frac{M_0}{M_3}, \quad (5.1)$$

де M_0 – маса деталі (24,1 кг);

M_3 – маса заготовки (34,22 кг).

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$K_3 = 24,1 / 34,22 = 0,70.$$

Пропонується замінити цей спосіб одержання заготовлі методом лиття за випалюваними моделями. Сутність методу полягає в тому, що модель (виготовлену з полістиролу, що спінюється) з форми не витягують перед заповненням її металом. Метал через литникову систему заливають безпосередньо в модель, яка під дією теплоти вигоряє, звільняючи порожнину форми. Отримана вилівка точно відповідає конфігурації моделі, що вигоріла.

Спосіб лиття за випалюваними моделями має ряд особливостей в результаті застосування нероз'ємної моделі. Завдяки нероз'ємній формі точність виливків збільшується через відсутність зсувів, перекосів, задирок, ухилів; можна виготовити складні виливки, не використовуючи стрижнів; вибивання форм і виливків значно спрощується, оскільки сухі сипучі формувальні матеріали легко вибиваються і не пригорають до виливки; скорочується цикл підготовки виробництва. Вартість традиційних дерев'яних моделей для виготовлення великих виливків у 5 разів вища, ніж вартість моделей із пінополістиролу.

Розміри виливка, одержуваного за випалюваними моделями, визначимо відповідно до ГОСТ 26645-85 (див. таблицю 5.1).

Маса заготовки за попередніми розрахунками (за густини матеріалу $\rho = 2,2 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³) становить 29,48 кг.

Коефіцієнт використання заготовки, одержуваної литтям за випалюваними моделями, обчислимо за формулою (5.1):

$$K_3 = 24,1 / 29,48 = 0,82.$$

Порівнявши коефіцієнти використання матеріалу для наведених способів одержання заготовки бачимо, що коефіцієнти для лиття за випалюваними моделями, вище, ніж для лиття в піщані форми. Отже запропонований метод одержання заготовки економніший, ніж заводський.

					ТМ 17510044-00.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.1 – Припуски й допуски на механічне оброблення, в міліметрах

Номинальний розмір	Допуск на розмір	Допуск форми	Загальний допуск	Вид механічного оброблення	Ряд припусків	Половина загального допуску	Величина припуску	Остаточний розмір
Зовнішній								
d141f9	1,6	0,4	1,6	Чистове	8	0,8	3,1	d147±0,8
d173	1,8	0,5	2,2	Півчистове	8	1,1	3,1	d179±1,1
d153,6	1,6	0,4	1,6		8	0,8	3,1	d160±0,8
d262	2,0	0,8	2,2		8	1,1	3,6	D270±1,1
Внутрішній								
D105H9	1,6	0,32	1,6	Чистове	8	0,8	3,1	D99±0,8
D55	1,2	0,32	1,2	Півчистове	8	0,6	2,7	D50±0,6
D37	1,1	0,32	1,2		8	0,6	2,7	D32±0,6
Лінійні								
187	1,8	0,5	2,2	Півчистове	8	1,1	3,4	194±1,1
43,5	1,1	0,32	1,2		8	0,6	2,7	46±0,6
36	1,1	0,32	1,2		8	0,6	2,7	39±0,6
33	1,1	0,32	1,2		8	0,6	2,7	34±0,6

Сформулюємо технічні вимоги, що пред'являють до виливка, одержуваного за випалюваними моделями:

1. Точність виливка 8-5-15-8 Зм. 1,2 ГОСТ 26645-85.
2. Формувальні й стрижневі ухили згідно з ГОСТ 3212-80.
3. Незазначені ливарні радіуси – 5 мм.
4. Виливок піддати відпалюванню.
5. Виливок дробострумити.
6. Пригари та інші забруднення на внутрішніх поверхнях не допускаються.
7. Інші вимоги до виливка згідно з ТУ 26-12-739-86.
8. Допускаються ливарні дефекти в межах 2/3 припуску на механічне оброблення.
9. Поверхні, що не піддають механічному обробленню, ґрунтувати ФЛОЗК ГОСТ 9109 -*.

Економічне обґрунтування методу одержання заготовки.

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

ТМ 17510044-00.ПЗ

6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Визначення припусків на оброблення поверхні обертання аналітичним способом

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок припусків та операційних розмірів на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні $d141h9$. Визначимо маршрут оброблення й квалітети розмірної точності, що досягаються на технологічних операціях.

Таблиця 6.1 – Маршрут механічного оброблення поверхні $d141h9$

Найменування операції (переходу)	Дотримуваний квалітет розмірної точності IT
1. Заготовча	(+0,8; -0,8)
2. Точіння чорнове	14 – (0; -1,0)
3. Точіння півчистове	12 – (0; -0,4)
4. Точіння чистове	9 – (0; -0,1)

В основі розрахунку припусків та операційних розмірів за методом проф. Кована В. М. знаходиться формула розрахунку мінімального припуску [1]:

$$2z \min_i = 2 \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon y_i^2} \right),$$

де Rz_{i-1} – шорсткість, утворювана на попередньому переході ($i-1$);

H_{i-1} – дефектний шар, утворювана на попередньому переході ($i-1$);

εy_i – похибка установлення заготовки на поточному переході (i);

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, утворювана на попередньому переході ($i-1$).

Елементи мінімального припуску визначимо за переходами:

Висота мікронерівностей Rz й глибина дефектного шару H [3]:

а) для заготовок виливків $(Rz+H) = (32 + 170)$ мкм;

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

б) за переходами:

- після чорнового точіння $Rz = 25$ мкм, $H = 50$ мкм;
- після півчистового точіння $Rz = 15$ мкм, $H = 25$ мкм.

Величина просторових відхилень форми ρ :

а) для заготовок виливків [3]: $\rho_{заг} = \rho_{кор} = \Delta_k$, де $\rho_{кор}$ – величина короблення, Δ_k – короблення корпусних деталей.

$$\rho_{заг} = \rho_{кор} = \Delta_k = 141 \cdot 1,0 = 141 \text{ (мкм)}.$$

б) за переходами: $\rho_i = \rho_{кор} \cdot K_y$, де K_y – коефіцієнт уточнення ($K_{yчор} = 0,06$, $K_{yn/4} = 0,05$, $K_{yч} = 0,04$):

$$\rho_{чор} = 141 \cdot 0,06 \approx 8,46 \text{ мкм},$$

$$\rho_{n/4} = 141 \cdot 0,05 \approx 7,05 \text{ мкм},$$

$$\rho_{ч} = 141 \cdot 0,04 \approx 5,64 \text{ мкм}.$$

Похибка установлення заготовки Σ_y :

а) за установлення заготовки за необробленою поверхнею: $\Sigma_y = 140$ мкм;

б) за переходами похибка установлення $\Sigma_y = 0$, оскільки оброблення поверхні відбувається в межах одного установа.

Розрахунок припусків за вказаними вихідними даними виконаємо на ЕОМ. Результати розрахунку представлені у додатку Б. Схема розміщення полів припусків й допусків за результатами розрахунку на ЕОМ представлена на рисунку 6.1.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

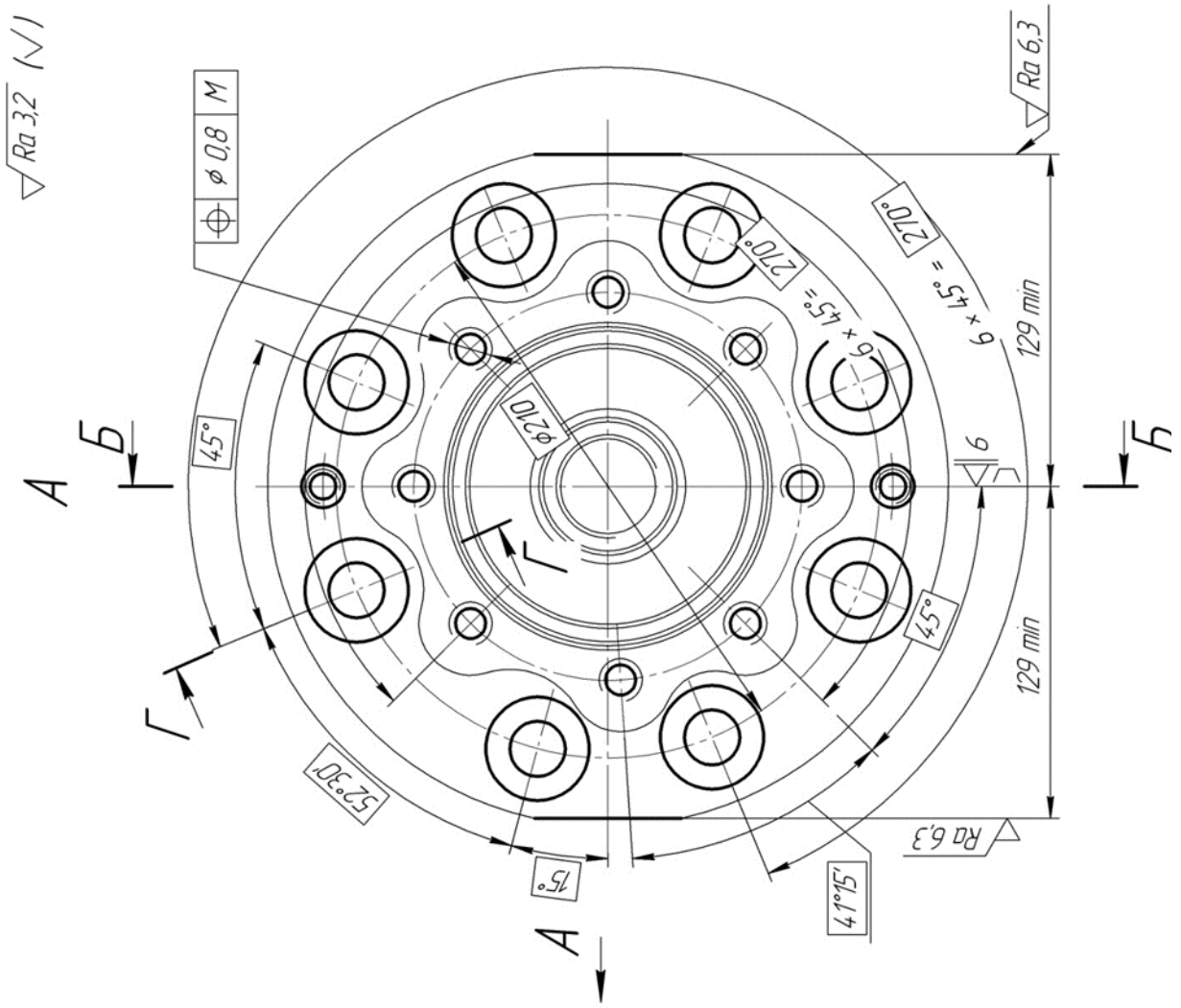


Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 030

					ТМ 17510044-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

Пропонована схема базування реалізується за допомогою спеціального верстатного пристрою та здійснюється накладенням на деталь системи із трьох технологічних баз:

1. Установча база – торець на розмірі 111 позбавляє деталь трьох ступенів свободи – поступального переміщення вздовж однієї осі та обертання щодо двох інших осей.

2. Подвійна опорна база – зовнішня циліндрична поверхня d_{141f9} , позбавляє деталь двох ступенів свободи – двох поступальних переміщень щодо двох осей.

3. Опорна база – фасонна поверхня виступу, що позбавляє деталь останнього ступеня свободи – обертання деталі навколо своєї центральної осі.

Аналізуючи розглянуту схему базування слід зауважити, що в якості технологічних баз були вибрані поверхні з достатньою площею, що не мають будь-яких значущих дефектів, що мають достатню точність (d_{141f9} з шорсткістю за критерієм Ra 1,6 мкм і торець на розмірі 111h12 оброблений з Ra 3,2 мкм), що мають координатний зв'язок з іншими поверхнями, обробленими на попередніх операціях технологічного процесу. Щоб уникнути попадання елемента пристосування, що забезпечує накладення на деталь опорної бази, в зону різання необхідно передбачити його рухливість під час налагодження.

Така схема базування використовується і на наступних операціях технологічного процесу, отже, дотримується принцип сталості баз.

За такої схеми базування також виконується принцип суміщення баз, оскільки поверхні, що використовуються як бази, є також вимірювальними базами та основними конструкторськими, що визначають положення цієї деталі у виробі.

При схемі базування, похибка базування в радіальному напрямку відсутня, а похибка базування для лінійних розмірів 14^{+1} , 20^{+1} , 25^{+1} і 34_{-1} дорівнює сумі допусків розмірів, що пов'язують вимірювальну і технологічну бази $E_{6180, 111} = 0,5 + 0,35 = 0,85$ мкм, що менше ніж допуски на будь-який із виконуваних на цій операції розмірів. Отже, використання цієї системи технологічних баз можна здійснити стосовно цієї операції.

										Арк.
										37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

Беручи до уваги аналіз розглянутих схем базування можна дійти висновку, що заводська (базова) та запропонована альтернативна схеми базування заготовки є досить ефективними. Але забезпечує найбільш просте використання верстата, пристосування і не викликає труднощів під час оброблення та контролю поверхонь все ж запропонована альтернативна схема базування (див. рисунок 6.3).

Операція 040 – свердлильно-фрезерно-розточувальна (багатоцільова) з ЧПК.

В результаті аналізу конфігурації деталі та базового технологічного процесу, запропоновано для підвищення рівня продуктивності та економії, замінити операцію заводського технологічного процесу свердлильну та слюсарну. На свердлильно-фрезерно-розточувальній операції з ЧПК пропонується використовувати верстат з ЧПК з горизонтальним розташуванням шпинделя. Така заміна дозволяє підвищити точність оброблення поверхонь, оскільки вони будуть оброблятися за один установ. Завдяки використанню верстатів з ЧПК необхідність у розмічувальних операціях відпадає.

У базовому технологічному процесі для аналізованої операції, запропоновано базування збоку столу, мають місце дві технологічні бази:

1. Установча – торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи – одного поступального переміщення щодо однієї осі та двох переміщень навколо двох інших осей.

2. Подвійна опорна база – зовнішня циліндрична поверхня d141f9, позбавляє деталь двох ступенів свободи – двох поступальних переміщень щодо двох осей.

Аналізуючи розглянуту схему базування слід зауважити, що в якості технологічних баз були вибрані поверхні з достатньою площею, які не мають будь-яких значущих дефектів, що мають достатньо високу точність (d141f9 з шорсткістю за критерієм Ra 1,6 мкм і торець 187_{-0,5} оброблений з шорсткістю за критерієм Ra 3,2 мкм), що мають координатний зв'язок з іншими поверхнями, обробленими на попередніх операціях технологічного процесу.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Використання зазначеної схеми базування дає змогу дотриматися принципу сталості баз (ця система технологічних баз використовується і на операції токарній з ЧПК), що підвищує точність виготовлення деталі.

Частково виконується принцип суміщення баз, оскільки поверхня d141f9, що використовується як технологічна база, є також вимірювальною базою «Л» і основною конструкторською базою для цієї деталі.

За такої схеми базування похибка базування на розміри, задані в радіальному напрямку відсутня. Визначимо похибку базування на лінійний розмір $17 \pm 0,09$ (див. рисунок 6.4):

$$\varepsilon_{617} = T_{111} = 0,35 \text{ (мм)}.$$

Похибка базування E_{617} перевищує допуск T_{17} , що неприпустимо: така схема базування є прийнятною для оброблення заготовки за попереднім розмічуванням, але не прийнятна для оброблення за методом автоматичного досягнення точності.

У зв'язку з використанням на проєктованій свердлильно-фрезерно-розточувальній операції верстата з ЧПК, необхідно замінити базування, що використовується в базовому технологічному процесі, на систему технологічних баз, що здійснюють повне базування. У зв'язку з тим, що шпиндель верстата розташований горизонтально, виникає необхідність зміни базових поверхонь, які б забезпечили систему баз, зручнішу для базування, встановлення та закріплення заготовки на столі верстата (у верстатному пристрої). Альтернативну схему базування заготовки для цієї операції зображено на рисунку 6.5.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

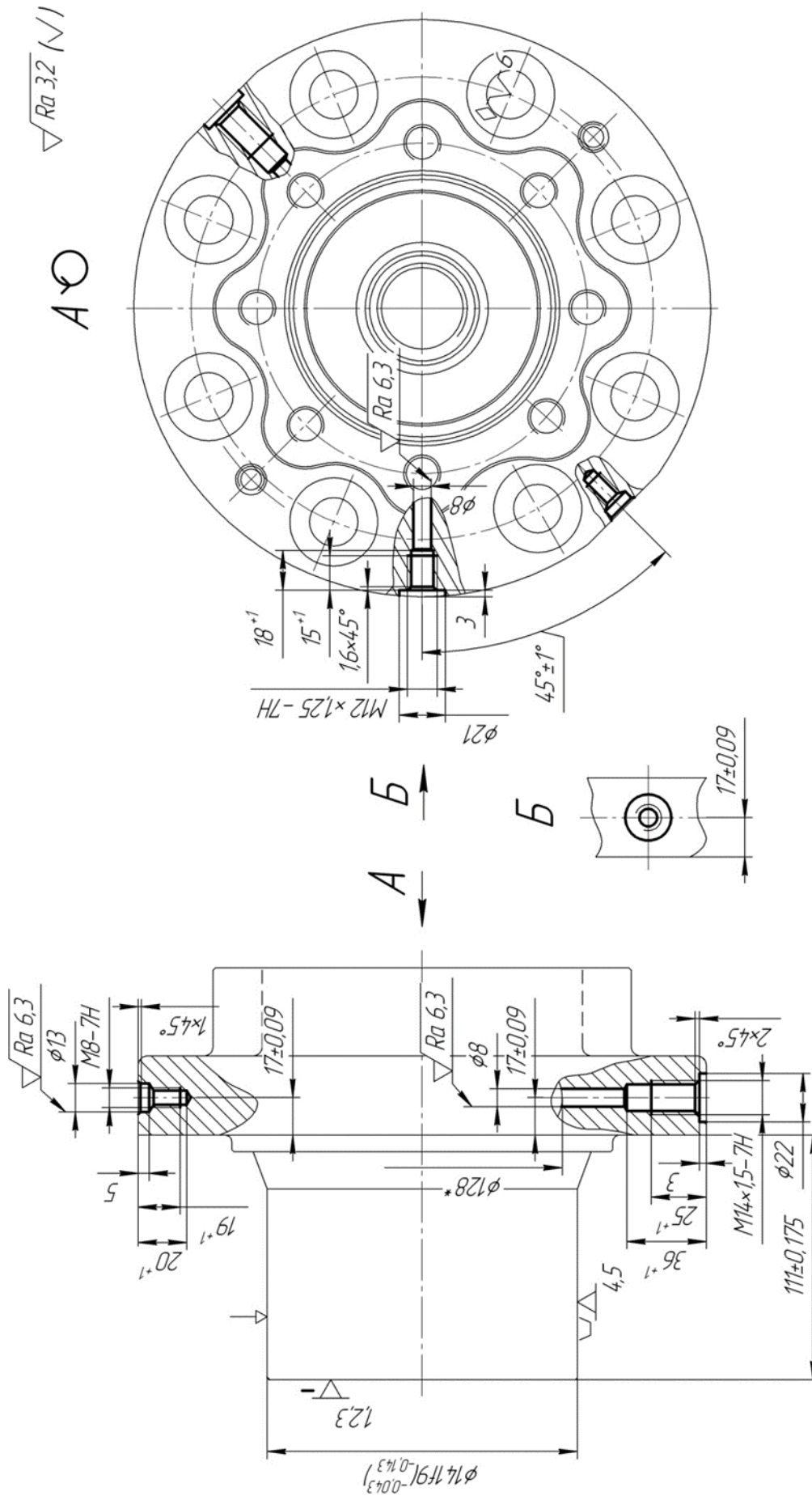


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на операції 040

					TM 17510044-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

У базовому технологічному процесі оброблення заготовки на свердлильних операціях здійснювалось на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н55. Зазначений верстат характеризується як універсальний. Його габарити та потужність, використовувані методи оброблення поверхонь є прийнятними для виготовлення «кришки циліндра». Водночас засоби автоматизації в його системі як такі відсутні, що визначає неможливість підтримування високої точності оброблення поверхонь та продуктивності виготовлення деталей.

Для підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «кришки циліндра» пропоную для оброблення поверхонь заготовки в умовах серійного виробництва використовувати горизонтальний фрезерний верстат з ЧПК моделі ЕС-500 HAAS [3]. Зазначений верстат призначений для оброблення поверхонь свердлінням, зенкеруванням, розточуванням, фрезеруванням, нарізанням різьблення мітчиками тощо. Верстат обладнаний пристроєм для автоматичної заміни столів-супутників з габаритами 500×500 мм, який забезпечує орієнтацію та фіксацію столів-супутників та його завантаження-розвантаження. Переміщення (X, Y, Z) – 813×635×711 мм. Ємність пристрою для автоматичної заміни різальних інструментів на 30+1 позиції. Максимальна швидкість обертання робочого шпинделя – 8100 об/хв. Максимальна швидкість подачі – 21,2 м/хв. Високий ступінь автоматизації верстата дозволяє вбудовувати його у автоматизовані лінії та автоматизовані виробництва з управлінням від центральної ЕОМ.

Зазначені характеристики верстата ЕС-500 HAAS дають змогу підвищити точність оброблення поверхонь заготовки, зокрема, через зменшення кількості її переустановлень. Водночас це дає змогу підвищити продуктивність виробництва через зменшення витрат допоміжного часу, пов'язаного з переустановленням заготовки. Зменшенню часу автоматичного циклу роботи також сприяє можливість автоматичної заміни різального інструменту.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристосування, ріжучого та вимірювального інструменту

Операція 030 – свердлильно-фрезерно-розточувальна (багатоцільова) з ЧПК.

Як пристрій для базування та закріплення заготовки на операції використовуємо спеціальний верстатний пристрій. Зовнішня циліндрична поверхня $d141/9$ встановлюється в лещатах із призматичними губками та пневматичним затискачем з упором торцем буртика на розмірі $l = 111$ мм на три нерухомі опори, а фасонним виступом, отриманим у процесі лиття, на одну рухливу призматичну опору. Використання даного пристрою дозволяє уникнути похибки базування в радіальному напрямку та забезпечує достатню точність і надійність установа.

Як ріжучий інструмент приймаємо універсальний стандартизований інструмент, який вибирається залежно від:

- методів оброблення поверхонь;
- етапів обробки (чорнова, чистова ін.);
- використання ЗОР;
- габаритів верстата;
- матеріалу заготовки.

Визначимо маршрут обробки поверхонь, що формуються на операції (див. таблицю 6.2).

Таблиця 6.2 – Маршрут оброблення отворів

M16-7H	d14; M12-7H	D22; D40
1. Зацентровка (t=2,5 мм)	1. Зацентровка (t=2,5)	1. Свердління (t=11)
2. Свердління (t=7 мм)	2. Свердління (t=7)	2. Цекування (t=9)
3. Зенкування	3. Свердління (t=5,1)	
4. Різьбонарізання (t= 1,28)	4. Різьбонарізання (t=1,12)	

Маршрут оброблення отворів вибираємо залежно від їх діаметра, точності та шорсткості. Маршрути оброблення отворів на операції зведемо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Маршрути оброблення отворів на операції 040

Східчастий отвір М8-7Н	Східчастий отвір М14х1,5-7Н	Східчастий отвір М12х1,25-7Н
1. Свердління (t=6,5 мм)	1. Свердління (t=6,25 мм)	1. Зацентровка (t=2,5 мм)
2. Свердління (t=3,4 мм)	2. Свердління (t=4 мм)	2. Свердління (t=5,4 мм)
3. Зенкування (t=1x45° мм)	3. Цекування (t=5 мм)	3. Свердління (t=4 мм)
4. Різьбонарізання (t= 0,8)	3. Зенкування (t=2x45° мм)	4. Цекування (t=5,1 мм)
	4. Різьбонарізання (t= 0,96)	5. Зенкування (t=1,6x45° мм)
		6. Різьбонарізання (t= 0,8)

Різальний та допоміжний інструмент:

Для зацентрування отворів використовуємо свердло центрувальне $d5$ з циліндричним хвостовиком: свердло 035-2317-0101 ОСТ 2И20-5-80, Р6М5; патрон 191113050 ТУ 2-035-986-85 (зовнішній конус – 50).

Для виготовлення отвору під різь $M14 \times 1,5-7H$ застосовуємо свердло спіральне $d12,5$ с конічним хвостовиком (Морзе 1): свердло 035-2301-1027 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5; втулка 191831431 (зовнішній конус – Морзе 3, внутрішній конус – Морзе 1); втулка 191831073 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 3).

Для виготовлення отвору $D13$ застосовуємо свердло спіральне $d13$ с конічним хвостовиком (Морзе 1): свердло 035-2301-1029 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5; втулка 191831431 (зовнішній конус – Морзе 3, внутрішній конус – Морзе 1); втулка 191831073 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 3).

Для виготовлення отвору під різь $M8-7H$ застосовуємо свердло спіральне $d6,8$ з конічним хвостовиком (Морзе 1): свердло 035-2301-1004 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5; втулка 191831431 (зовнішній конус – Морзе 3, внутрішній конус – Морзе 1); втулка 191831073 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 3).

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для виготовлення отвору $D8$ застосовуємо свердло спіральне $d8$ з конічним хвостовиком (Морзе 1): свердло 035-2301-1009 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5; втулка 191831431 (зовнішній конус – Морзе 3, внутрішній конус – Морзе 1); втулка 191831073 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 3).

Для виготовлення отвору під різь $M12 \times 1,25-7H$ застосовуємо свердло спіральне $d10,8$ з конічним хвостовиком (Морзе 1): свердло 035-2301-1020 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5; втулка 191831431 (зовнішній конус – Морзе 3, внутрішній конус – Морзе 1); втулка 191831073 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 3).

Для виготовлення торцевої розточки $D22$ (замість $D21$ – для уніфікації різального та допоміжного інструмента) в східчастому отворі використовуємо зенківку циліндричну $d22$ з конічним хвостовиком (Морзе 2): зенківка 035-2350-0123 ОСТ 2И22-2-80, Р6М5; втулка 191831072 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 2).

Для виготовлення фасок $1,6 \times 45^\circ$ и $2 \times 45^\circ$ використовуємо зенківку конічну з конічним хвостовиком (Морзе 2): зенківка 2353-0134 ГОСТ 14953-80, Р6М5; втулка 191831072 ТУ 2-035-978-85 (зовнішній конус – 50, внутрішній конус – Морзе 2).

Для виготовлення різі $M8-7H$: мітчик 035-2620-0501 ОСТ 2И52-1-74, Р6М5. патрон 191221030А ТУ 2-035-975-85; державка 191112051 ТУ 2-035-763-80.

Для виготовлення різі $M12 \times 1,25-7H$: мітчик 035-2620-0528 ОСТ 2И52-1-74, Р6М5; патрон 191221030А ТУ 2-035-975-85; державка 191112051 ТУ 2-035-763-80.

Для виготовлення різі $M14 \times 1, 5-7H$: мітчик 035-2620-0537 ОСТ 2И52-1-74, Р6М5; патрон 191221030А ТУ 2-035-975-85; державка 191112051 ТУ 2-035-763-80.

Вимірювальний інструмент:

Для вимірювання лінійних та діаметральних розмірів застосовуються штангенциркулі: ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; ШЦ-III-400-0,1 ГОСТ 166-89.

					ТМ 17510044-00.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для вимірювання глибин оброблених отворів застосовується штангенглибиномір ШГ-І-160-0,05 ГОСТ 162-89.

Для контролю різьбового отвору М8-7Н використовуємо калібр-пробку М8-7Н ПР-НЕ ГОСТ 17756-72;

Для контролю різьбового отвору М12×1,25-7Н використовуємо калібр-пробку М12×1,25-7Н ПР-НЕ ГОСТ 17756-72;

Для контролю різьбового отвору М14×1,5-7Н використовуємо калібр-пробку М14×1,5-7Н ПР-НЕ ГОСТ 17756-72;

Для перевірки відповідності шорсткості оброблених поверхонь кресленню використовуються зразки шорсткості ГОСТ 9378-75.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

6.5 Визначення режимів різання

Визначення режимів різання на операцію 030 свердлильно-фрезерно-розточувальну (багатоцільову) з ЧПК.

Згідно з завданням визначимо режими різання на оброблення двох лисок в розмір 129mm аналітичним способом згідно з [4]. Для інших переходів операції режими різання визначимо табличним методом [5].

Вихідні дані для визначення режимів різання:

- зміст переходу: фрезерувати 2 лиски з дотриманням розміру 129mm напрохід;
- діаметр фрези – 40 мм;
- матеріал фрези – ВК6;
- кількість зубців фрези – 4;
- оброблюваний матеріал – СЧ25;
- ширина фрезерування – 36 мм;
- верстат – ЕС-500;
- потужність приводу головного руху – 22,4 кВт.

Послідовність та результати розрахунку режимів різання на оброблення двох лисок фрезеруванням з використанням пакету математичного аналізу MathCAD викладені в додатку В цієї роботи. Так, за результатами розрахунку маємо: глибина різання $t = 2$ мм, подача на зуб фрези $S_z = 0,15$ мм, швидкість різання $V = 95,5$ м/хв, частота обертання шпинделя $n = 760$ об/хв.

Для інших переходів операції 030 вибір режимів різання виконаємо відповідно до нормативів [5]. Результати визначення режимів різання з урахуванням коригувань, що враховують фактичні умови різання, наведені в таблиці 6.4.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.4 – Режими різання на операції 030

Виконуваний перехід	Режими різання						
	t, мм	S _{оф} , мм/об	V _ф , м/хв	N _ф , кВт	P _ф , Н	S _{хв} , мм/хв	n _ф , мм/об
M16-7H							
Зацентровка	2,5	0,18	23,9	0,27	1156	273,6	1520
Свердління	7	0,54	19,8	2,10	6168	243	450
Зенкування	2x45°	0,13	16,7	0,35	169	42,9	330
Різьбонарізання D14; M12-7H	1,28	2	8,5	0,46	55	340	170
Зацентровка	2,5	0,18	23,9	0,27	1156	273,6	1520
Свердління	7	0,54	19,8	2,10	6168	243	450
Свердління	5,1	0,42	21,4	1,34	3675	281,4	670
Різьбонарізання	1,12	2	8,2	0,42	58	434	217
D22; D40							
Свердління	11	0,60	18,2	3,40	10909	159	265
Цекування	9	0,18	10,5	4,34	1860	15,1	84

Визначення режимів різання на операцію 040 свердлильно-фрезерно-розточувальну (багатоцільову) з ЧПК.

Для переходів операції 040 вибір режимів різання виконаємо відповідно до нормативів [5]. Результати визначення режимів різання з урахуванням коригувань, що враховують фактичні умови різання, наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Режими різання на операції 040

Виконуваний перехід	Режими різання					
	S _{оф} , мм/об	V _ф , м/хв	N _ф , кВт	P _ф , Н	S _{хв} , мм/хв	n _ф , мм/об
1	2	3	4	5	6	7
M14×1,5-7H						
Свердління	0,54	19,8	2,10	6168	272,2	504
Свердління	0,13	23,4	0,37	1010	121,0	931
Цекування	0,27	11,0	4,20	967	94,5	350
Зенкування	0,13	16,7	0,35	169	49,4	380
Різьбонарізання	1,5	9,4	0,30	25	321	214
M8-7H						
Свердління	0,54	19,8	2,10	6168	261,9	485
Свердління	0,30	22,5	0,74	1770	315,9	1053
Зенкування	0,10	17,5	0,24	93	69,6	696
Різьбонарізання	1,25	5,7	0,15	16	283,8	227

Продовження таблиці 6.5

1	2	3	4	5	6	7
M12×1,25-7H						
Зацентровка	0,18	23,0	0,44	1060	263,5	1464
Свердління	0,42	21,4	1,34	3675	265,0	631
Свердління	0,13	23,4	0,37	1010	121,0	931
Цекування	0,18	10,5	4,34	1860	59,0	328
Зенкування	0,09	16,5	0,26	145	39,4	438
Різьбонарізання	1,25	8,8	0,2	14	291,3	233

6.6 Технічне нормування технологічних операцій

Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою. Довжину робочого ходу інструменту переходів визначають за формулою:

$$L_{p.x} = L_0 + L_1 + L_2 + L_3, \quad (6.1)$$

- де L_0 – глибина оброблюваного отвору;
 L_1 – довжина підведення інструменту;
 L_2 – довжина врізання;
 L_3 – довжина перебігу.

Так, під час свердління глухого отвору D22 довжина робочого ходу становить:

$$L_{p.x} = 36 + 2 + 7 = 45 \text{ (мм)}.$$

Для інших переходів та операцій довжину робочого ходу визначаємо аналогічно.

Основний час, що витрачається під час оброблення поверхні, визначають за формулою:

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_{m.f}} i, \quad (6.2)$$

де i – кількість поверхонь (отворів).

Операція 030 – свердлильно-фрезерно-розточувальна (багатоцільова) з ЧПК.

Фрезерування лисок:

$$T_o = (46/94) \cdot 2 = 0,98 \text{ (хв)}.$$

M16-7H:

$$\text{Зацентровка } T_o = (13/273,6) \cdot 8 = 0,38 \text{ (хв)};$$

$$\text{Свердління } T_o = (60/243) \cdot 8 = 1,98 \text{ (хв)};$$

$$\text{Зенкування } T_o = (6/42,9) \cdot 8 = 1,12 \text{ (хв)};$$

$$\text{Різьбонарізання } T_o = (25/340) \cdot 16 = 1,18 \text{ (хв)}.$$

D14;M12-7H:

$$\text{Зацентровка } T_o = (13/273,6) \cdot 2 = 0,10 \text{ (хв)};$$

$$\text{Свердління } T_o = (19/243) \cdot 2 = 0,16 \text{ (хв)};$$

$$\text{Свердління } T_o = (23/281,4) \cdot 2 = 0,16 \text{ (хв)};$$

$$\text{Різьбонарізання } T_o = (26/434) \cdot 4 = 0,24 \text{ (хв)};$$

D22; D40:

$$\text{Свердління } T_o = (45/159) \cdot 8 = 2,26 \text{ (хв)};$$

$$\text{Цекування } T_o = (4,5/15,1) \cdot 8 = 2,38 \text{ (хв)};$$

Сумарний основний час на операцію становить $T_o = \Sigma T_o = 10,94$ (хв).

Машинно-допоміжний час ($T_{мд}$) визначають за формулою:

$$T_{мд} = T_{мді} + T_{мд.пр.х}, \quad (6.3)$$

де $T_{мді}$ – машинний допоміжний час, що витрачається на заміну інструмента (для прийнятого верстата час «від різку до різку» становить $T_{мді} = 0,35$ хв):

					<i>TM 17510044–00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

$$T_{\text{мдi}} = 0,35 \cdot 11 = 3,85 \text{ (хв)}.$$

$T_{\text{мд.нр.х}}$ – машинний допоміжний час, що витрачається час прискореного ходу.

$$T_{\text{мд.нр.х}} = \frac{L_{\text{нр.х}}}{S_{\text{м.нр.х}}}, \quad (6.4)$$

де $L_{\text{нр.х}}$ – довжина прискореного ходу під час оброблення поверхні;

$S_{\text{хв.нр.х}}$ – хвилинна подача прискореного ходу.

$$T_{\text{мд.нр.х}} = 33744/8000 = 4,22 \text{ (хв)}.$$

$$T_{\text{мд}} = 3,85 + 4,22 = 8,07 \text{ (хв)}.$$

Час автоматичного циклу роботи верстата за програмою для цієї операції визначимо за формулою [5]:

$$T_{\text{ца}} = \sum T_o + \sum T_{\text{мд}}. \quad (6.5)$$

$$T_{\text{ца}} = 10,94 + 8,07 = 19,01 \text{ (хв)}.$$

Сумарний допоміжний час визначимо за формулою [5]:

$$T_{\delta} = T_{\delta \text{ вст}} + T_{\delta \text{ он}} + T_{\delta \text{ вим}}. \quad (6.6)$$

Допоміжний час на встановлення та зняття заготовки $T_{\delta \text{ вст}} = 0,32 \text{ хв}$.

Допоміжний час, пов'язаний з операцією $T_{\delta \text{ он}} = 2,50 \text{ (хв)}$.

Допоміжний час на контрольні вимірювання $T_{\delta \text{ вим}} = 6,73 \text{ (хв)}$.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_{\delta} = 0,32 + 2,50 + 6,73 = 9,55 \text{ (хв)}.$$

Остаточно норму штучного часу на операцію визначимо за формулою [5]:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{\delta}) \left(1 + \frac{a_{mex} + a_{орг} + a_{вон}}{100} \right), \quad (6.7)$$

де $K_{ТД}$ – поправочний коефіцієнт на час роботи, виконуваної вручну, залежно від об'єму роботи ($K_{ТД} = 1,23$).

$(a_{mex} + a_{орг} + a_{вон})$ – час на технічне й організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок й особисті потреби робочого, у відсотках від оперативного часу $(a_{mex} + a_{орг} + a_{вон}) = 14\%$.

$$T_{шт} = (19,01 + 9,55 \cdot 1,23) \cdot (1 + 0,14) = 35,06 \text{ (хв)}.$$

Штучно-калькуляційний час визначають за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{ПЗ} / n, \quad (6.8)$$

де $T_{ПЗ}$ – норма підготовчо-завершального часу:

$$T_{ПЗ} = 4,0 + 10,0 + 2,0 + 2,0 + 10 + 2,0 + 0,1 + 15 + 1,0 + 1,5 + 0,3 = 47,95 \text{ (хв)};$$

n – партія запуску (див. розділ 3 цієї роботи).

Отже, штучно-калькуляційний час на операцію становить

$$T_{шк} = 35,06 + 47,95 / 19 = 37,58 \text{ (хв)}.$$

										Арк.
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

Операція 040 – свердлильно-фрезерно-розточувальна (багатоцільова) з ЧПК.

Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою.

Основний час роботи верстата (T_o) обчислимо з урахуванням довжини робочого ходу та хвилинної подачі за переходами. Сумарний основний час становить $T_o = \Sigma T_o = 2,30$ хв.

Машинно-допоміжний час $T_{мд} = 3,02$ хв.

З урахуванням часу на зміну позицій столу та зміну інструменту «від різу до різу» маємо $T_{мд} = 8,27$ хв.

Час циклу автоматичної роботи верстата за програмою обробки деталі $T_{ца} = 11,29$ хв.

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі $T_{д вст} = 0,32$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний із операцією $T_{д он} = 2,50$ (хв).

Допоміжний час на контрольні вимірювання $T_{д вим} = 6,73$ (хв).

Сумарний допоміжний час на операцію $T_{д} = 0,32+2,50+6,73 = 9,55$ (хв).

Час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби наведено у відсотках від оперативного часу $a_{тех}+a_{орг}+a_{вдп} = 14\%$.

Норма штучного часу на операцію становить

$$T_{шт} = (11,29 + 9,55, 23) \cdot (1+0,14) = 26,26 \text{ (хв)}.$$

Норма підготовчо-завершального часу на операцію становить

$$T_{пз} = 4,0+10,0+2,0+2,0+10+2,0+0,1+15+1,0+1,5+0,3 = 47,95 \text{ (хв)}.$$

Штучно-калькуляційний час на операцію становить

$$T_{ш.к} = 26,26+47,95 / 19 = 28,78 \text{ (хв)}.$$

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Відповідно до завдання спроектуємо верстатний пристрій для встановлення та закріплення заготовки на операції 040 комплексної на обробному центрі з ЧПК.

Обґрунтування необхідності створення верстатного пристрою. У серійному виробництві завдання, стабілізації точності оброблення поверхонь заготовки, підвищення продуктивності та полегшення праці робітників є головними. Ці завдання виконуються зокрема через впровадження в конструкцію пристрою швидкодіючих, потужних та надійних механізованих приводів.

Поряд із цим у серійному виробництві до конструкцій пристроїв пред'являють низку додаткових вимог, що впливають із специфіки цього виробництва:

- скорочення термінів та вартості підготовки виробництва, що в умовах великої номенклатури та частоті зміни об'єктів виробництва має вирішальне значення;
- скорочення часу на переналагодження обладнання, що дуже важливо під час впровадження групових технологічних процесів;
- економічність пристроїв.

Виходячи з існуючого технологічного процесу виготовлення деталі, заготовку обробляють на універсальному обладнанні з використанням універсального налагоджувального пристрою з ручним приводом. Застосування спеціального пристрою дозволить знизити трудомісткість обробки, зменшити допоміжний час на операції, підвищити стабільність точності параметрів операції.

Уточнення мети технологічної операції. Згідно з операційним ескізом, див. рисунок 6.5 на цій операції повинні формуватися п'ятнадцять лінійних розмірів, п'ять діаметральних і один кутовий. Більшість виконуваних розмірів відповідають вільним поверхням, їх точність відповідає 12–14 квалітетам точності, шорсткість поверхонь – 6,3 мкм за критерієм Ra. Найбільш точними є поверхні різей з точністю розмірів за IT7 та шорсткістю 3,2 мкм за критерієм Ra. Жодні вимоги щодо точності

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

взаємного розміщення поверхонь та точності їх форми креслення деталі не регламентує: їх допуски знаходяться в межах допусків на відповідні розміри.

З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На свердлильно-фрезерно-розточувальну операцію з ЧПК заготовка «кришка циліндра» надходить остаточно обробленою. Ця операція є останньою механічною операцією технологічного процесу оброблення заготовки. Маса заготовки – 29,6 кг, маса готової деталі – 24,1 кг. Матеріал – сірий чавун СЧ 25 ГОСТ 1412-85. У заготовок з цього матеріалу спостерігається гарна оброблюваність, покращені ливарні властивості, що полегшують отримання виливків найбільш складної конфігурації. Цю деталь відносять до вигляду корпусних і є тілом обертання з максимальним діаметром 262 мм при довжині 187 мм і є досить жорсткою. Є досить розвинені поверхні, що беруть за базові, до яких можна віднести зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 141f9$, торець буртика на розмірі $l = 111$ мм та один з восьми отворів. Необхідно провести уточнення параметрів поверхонь, які можуть бути базовими.

Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 141f9$ виготовлена за 9 квалітетом точності з величиною поля допуску $T = 100$ мкм.

Так як розмір, що визначає положення торця буртика, $l = 111$ мм заданий вільним, тому беремо величину допуску на його виготовлення за 12 квалітетом $T = 350$ мкм.

Діаметр отвору $\varnothing 22$ заданий вільним, тому приймаємо величину допуску на його виготовлення за 12 квалітетом $T = 210$ мкм.

Точність взаємного розміщення зазначених поверхонь та точність їх форми кресленням деталі не регламентовано,

З креслення деталі видно, що параметри шорсткості зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 141f9$ становить 1,6 мкм за критерієм Ra. Шорсткість торця буртика на розмірі $l = 111$ мм та отвору $\varnothing 22$ становить 3,2 мкм за критерієм Ra.

Зазначені параметри точності та якості поверхонь повністю відповідають вимогам, що висуваються до базових поверхонь.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У проєктованому пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями тільки таких розмірів і з зазначеними параметрами точності та якості. Іншими словами, адаптивні властивості установчих елементів пристрою повинні знаходитися лише в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов, у яких виготовлятиметься та експлуатуватиметься проєктований пристрій. Річна програма випуску визначена у 200 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. За заданого періоду виробництва 3 роки пристрій має здійснити 600 циклів.

Операція буде виконуватись на горизонтальному свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті з ЧПК типу обробний центр ЕС-500. Верстат оснащений автоматичною системою заміни столів-супутників та різального інструменту (інструментальний магазин розрахований на 30+1 позиції).

Розроблення та обґрунтування схеми базування заготовки. Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки на операції 040 виконано у п. 6.2 цієї роботи. Згідно з прийнятою схемою базування (див. рисунок 6.5) заготовка позбавлена 6-ти ступенів свободи. Водночас реалізуються установча, подвійна опорна та опорна база.

Розроблення та обґрунтування схеми закріплення заготовки. Для визначення взаємного впливу поля збурювальних сил, побудуємо графічну модель збурювальних сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування (див. рисунок 7.1).

З рисунка 7.1 видно, що складова P_0 поля збурювальних сил, врівноважується реакцією опори R_X ($R_X = P_0$). Інші поля сил невірноважені, і вимагають додаткових сил закріплення.

За такої схеми базування варто визнати раціональним застосування лецат із призматичними губками, які створять поле врівноважувальних сил, представлених на рисунку 7.2.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

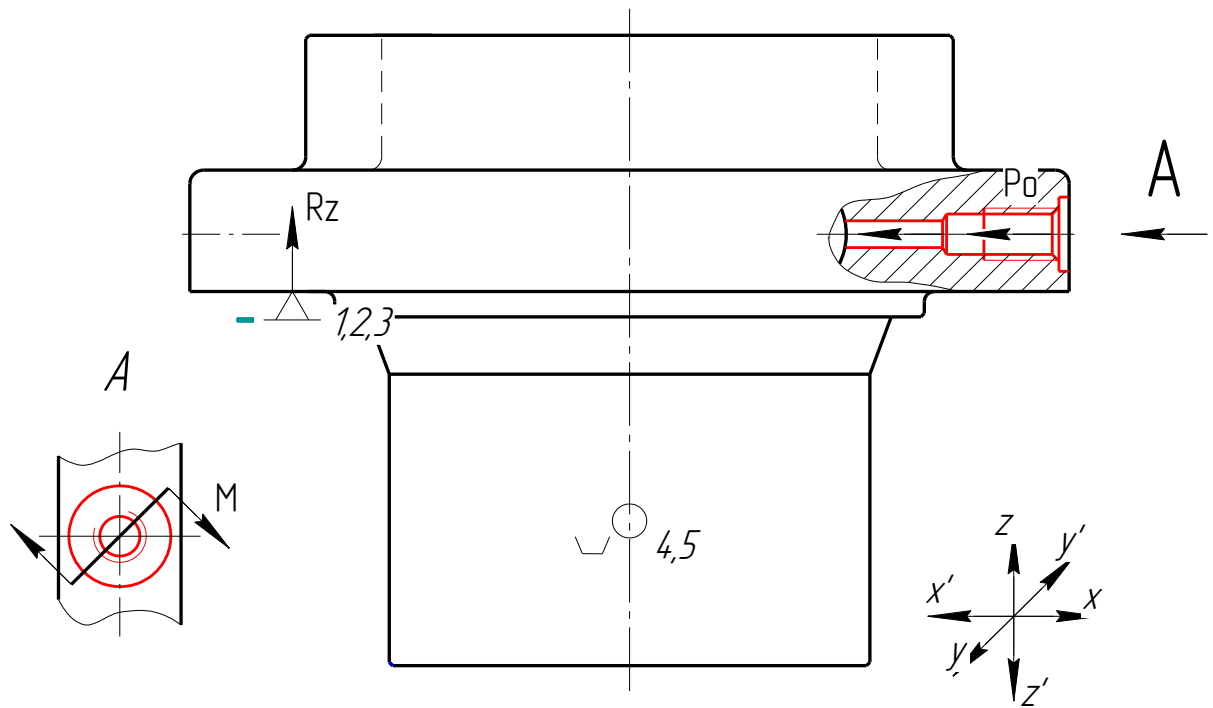


Рисунок 7.1 – Структура поля збурювальних сил за осью складовою сили різання P_o й моментом різання M_p

Величину сумарного зусилля закріплення необхідно визначати з урахуванням таких умов:

– невідрив заготовки від опори під дією сили P_o :

$$W = R_x \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} > P_o \cdot k, \quad (7.1)$$

						TM 17510044-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			60

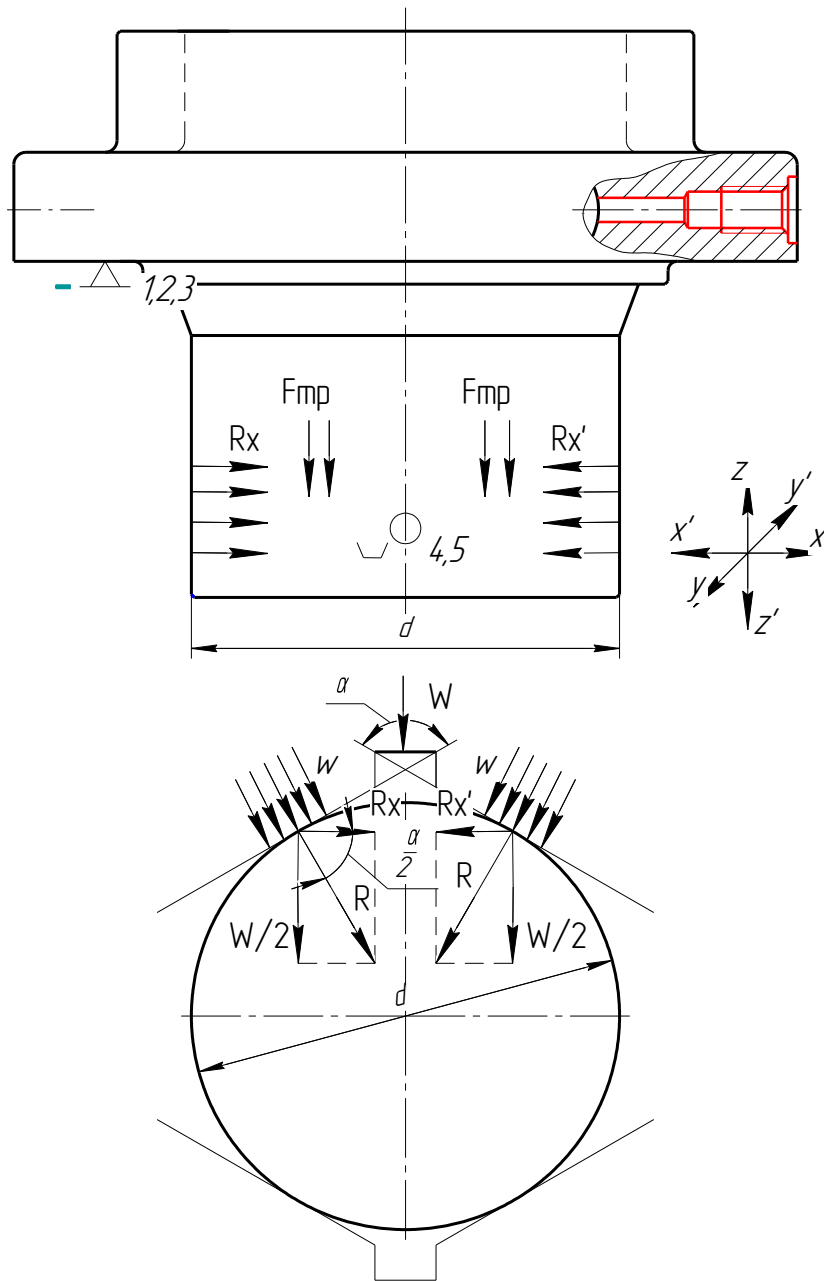


Рисунок 7.2 – Структура поля врівноважувальних сил, створювана затискним механізмом

– неопрокидування заготовки під дією моменту різання M_p :

$$F_{mp} \cdot d = R \cdot f \cdot d > M_p \cdot k, \quad (7.2)$$

де α – кут нахилу твірних призми;

										Арк.
										61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

k – коефіцієнт запасу закріплення;

f – коефіцієнт тертя.

R – реакція опори під дією сили закріплення:

$$R = \frac{W}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}. \quad (7.3)$$

Недоліком цього способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат закріплення.

Силові потоки, що виникають під час оброблення, створюють напруження вигину. Однак значна маса заготовки та її значна жорсткість гасять ці напруження й не викликають деформацій, що спотворюють заготовку. Водночас в умовах немає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.

Лещата з призматичними губками загалом спроможні забезпечити точність форми й розташування поверхонь, обумовлені технічними вимогами на виготовлення деталі.

Оскільки пневмопривід гарантує сталість зусиль закріплення, а впливом неоднорідності шорсткості бази можна знехтувати, беремо похибку закріплення на розміри, що виконуються на операції, рівною нулю ($\varepsilon_3 = 0$).

У зв'язку з тим, що заготовка характеризується значною жорсткістю, можна не побоюватися відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь під час закріплення в пристрої.

Недоліком такої схеми є значний енергетичний рівень сил закріплення, оскільки врівноваження здійснюється непрямим методом – тертя. Однак цей недолік компенсується простотою силоперетворювального механізму лещат із призматичними губками.

Розрахунок сил закріплення. Силу закріплення необхідну для виконання умови невідриву заготовки від опори під дією сили P_0 визначимо за формулою:

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W_1 = P_o \cdot k \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (7.4)$$

де $k = 1,8$ – коефіцієнт запасу. Візьмемо $k = 2,5$ [6].

P_o – осьова складова сили різання (для свердління):

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot S^y K_p, \quad (7.5)$$

де $C_p = 42$; $q = 1,2$; $y = 0,75$ [5, табл. 32].

D – діаметр свердління ($D = 12$ мм);

S – осьова подача ($S = 0,42$ мм/об);

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу [4]:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6} = 1.$$

$$P_o = 10 \cdot 42 \cdot 12^{1,2} \cdot 0,42^{0,75} \cdot 1 = 4322 \text{ Н.}$$

$$W_1 = 4322 \cdot 2,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{120^\circ}{2} = 18715 \text{ Н.}$$

В такому разі силу закріплення необхідну до виконання умови неперекидання заготовки під впливом моменту різання M_p визначимо за формулою

$$W_2 = \frac{2M_p \cdot k \cdot \sin(\alpha/2)}{f \cdot d}, \quad (7.6)$$

де f – коефіцієнт тертя ($f = 0,16$) [6].

M_p – крутний момент різання (для свердління):

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$M_p = 10C_M \cdot D^q \cdot s^Y K_p, \quad (7.7)$$

де $C_p = 0,012$; $q = 2,2$; $y = 0,8$ [4].

$$M_p = 10 \cdot 0,012 \cdot 12^{2,2} \cdot 0,42^{0,8} \cdot 1 = 14,2 \text{ (Н}\cdot\text{м)} = 14200 \text{ (Н}\cdot\text{мм)}.$$

$$W_2 = \frac{2 \cdot 14200 \cdot 2,5 \cdot \sin(120^\circ/2)}{0,16 \cdot 141} = 2725 \text{ (Н)}.$$

Сумарна сила закріплення заготовки:

$$W = W_1 + W_2 = 18715 + 2725 = 21440 \text{ (Н)}.$$

Виходячи із схеми важільного механізму (рисунок 7.3), осьову силу на штоку приводу закріплення визначимо за формулою

$$Q = W \frac{l_2}{l_1}. \quad (7.8)$$

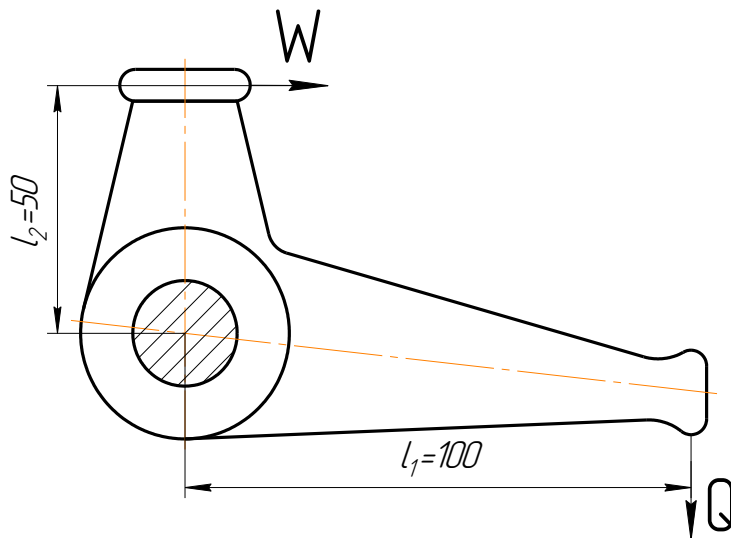


Рисунок 7.3 – Схема важільного механізму

						ТМ 17510044-00.ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

Сила на штоку привода

$$Q = 21440 \frac{50}{100} = 10720 \text{ (Н)}.$$

Затискання здійснюватиметься пружиною стиснення. За робочої деформації пружина забезпечує силу 110000 Н, яка перевищує необхідну силу затискання заготовки, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення заготовки під час оброблення. Сила затиску заготовки в пристрої дорівнює $W = 22000 \text{ Н}$.

Вибір та розрахунок силового приводу. Сила, що забезпечує розтискання заготовки визначається за формулою

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta, \quad (7.9)$$

де p – розрахунковий тиск в пневмережі, $p = 0,4 \text{ МПа}$;

$\eta = 0,9$ – ККД;

D – діаметр пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (7.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 11000}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 197 \text{ (мм)},$$

Беремо $D = 200 \text{ мм}$ по ГОСТ 15608-81.

Дійсна сила на штоку становить

$$Q = \frac{3,14}{4} 200^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 11309 \text{ (Н)}.$$

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

E_3 – похибка закріплення, $E_3 = 10$ мкм;

E_y – похибка установки пристрою на столі верстата, $E_y = 0$ мкм (не впливає на визначувану похибку);

E_{in} – похибка від зношення установчих елементів пристрою, $E_{zn} = 0$ мкм (за умови рівномірного зношення та можливості підналагодження обробної системи);

E_{in} – похибка установки й прекоосу інструмента на верстаті, $E_{in} = 5$ мкм;

$K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки оброблення;

$\omega = 20$ мкм [6] – середня економічна точність оброблення.

$E_{поз}$ – похибка позиціонування робочих органів верстата, $E_{п} = 0$ мкм (не впливає на визначувану похибку).

Для зазначених умов маємо

$$E_{np} \leq 50 - 1,2\sqrt{(0 \cdot 0)^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + 5^2 + (0,6 \cdot 20)^2 + 0^2} = 30,32 \text{ (мкм)}.$$

З урахуванням одержаних даних візьмемо допуск на паралельність загальної площини штирів щодо основи $E_{np} = 30$ мкм.

Опис будови та принципу дії пристрою. Пристрій спеціальний з механічним (пневматичним) приводом встановлюється на столі багатоцільового обробного центру з ЧПК ЕС-500. Закріплення корпусу пристрою 2 на столі верстата здійснюється двома болтами М20. Заготовка базується в лещатах із призматичними губками зовнішньою циліндричною поверхнею $\varnothing 141f9$ з упором торцем у три нерухомі опори 14. Кругове положення заготовки забезпечується зрізаним пальцем 15.

Помістивши заготовку на установчу позицію, її закріплюють переміщенням рухомої призматичної губки лещат за допомогою пружини 7 через важільний механізм 9. Водночас заготовка впирається в нерухому губку лещат, в результаті відбувається її затискання. Потім для забезпечення безпечної роботи пристрою

										Арк.
										67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

здійснюється його від'єднання від пневмомережі, водночас фіксоване положення заготовки забезпечується пружиною. Ці заходи необхідні, оскільки обробка заготовки проводиться на обробному центрі з поворотом столу, що може призвести до попадання пневмопроводу в зону різання. Плавність й тишу роботи пристрою забезпечує амортизатор 10.

Розкріплення оброблюваної заготовки здійснюється в такій послідовності: пристосування підключається до пневмомережі, і безштокову порожнину пневмоциліндра подається стиснене повітря. При цьому поршень 6, стискаючи пружину, переміщається вгору, а рухома губка через важільний механізм 9 переміщається вправо. Для зручності установки пристосування на столі верстата та його демонтажу передбачені рим-болти 16.

					<i>ТМ 17510044–00.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		68

ВИСНОВКИ

Відповідно до завдання в роботі вирішені такі питання:

1. Проаналізовано службове призначення деталі та технічні вимоги на її виготовлення.
2. Визначено тип виробництва – дрібносерійний, та форму організації робіт – групову.
3. Проаналізовано технологічність конструкції деталі за якісними ознаками.
4. Обґрунтовано вибір способу одержання заготовки за технічними та економічними ознаками – виливок за випалюваними моделями.
5. Проаналізовано дві багатоцільові операції технологічного процесу виготовлення «кришки циліндра» з обґрунтуванням вибору схем базування й закріплення заготовки, металорізального устаткування, технологічного оснащення, визначенням режимів різання й технічних норм часу.
6. Спроектовано спеціальний верстатний пристрій для базування й закріплення заготовки на багатоцільовій операції.
7. В додатку Д розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

					ТМ 17510044–00.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **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.

2. **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.

3. EC-500. Technical documents [Електронний ресурс]: WEB-сайт. – Режим доступу: <https://www.haascnc.com/machines/horizontal-mills/40-taper/models/ec-500.html>. – Назва з екрану.

4. **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.

5. **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.

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

					ТМ 17510044-00.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		