МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«____» _____ 20*22* р.

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДИСКА РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОГО Н05.136.120.07

Кваліфікаційна робота (проєкт) бакалавра

Спеціальність – *131 «Прикладна механіка»*

Освітня програма – *«Технології машинобудування»*

Студент *Дмитро СОЛОВЙОВ*

Керівник *Павло КУШНІРОВ*

Нормоконтроль *Артем ЄВТУХОВ*

Суми – 20*22*

РЕФЕРАТ

Записка: 57 с., 7 рис., 10 табл., 9 джерел.

Відцентрові насоси секційні ЦНС 180 та насосні агрегати на їх основі призначені для живлення водою парових котлів малої продуктивності та використання їх у водопідготовчому обладнанні. Сфера застосування цих насосів – котельні та водопідготовчі установки, миючі установки, басейни, системи водопостачання та охолодження пожежні установки тощо. Диск розвантажувальний є робочим органом насоса, призначений для зниження осьових навантажень роторного вузла. Тож удосконалення технології його виготовлення є актуальним завданням.

В роботі обґрунтовано вибір раціонального пособу виготовлення заготовки, вибір раціональних схем базування заготовки під час її оброблення на верстатах, вибір металорізального устаткування, технологічної оснастки, режимів різання та технічних норм часу.

Для підвищення продуктивності виробництва, стабілізації параметрів точності деталі, поліпшення умов праці оператора, в роботі запропоновано спеціальну конструкцію токарного патрона з пневмоприводом.

НАСОС, ДИСК РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИЙ, ПОКОВКА, ДОВБАННЯ, СВЕРДЛІННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.

ЗМІСТ

Вступ 4

1 Аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі 5

2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі 11

3 Визначення типу та форми організації виробництва 15

4 Аналіз технологічності конструкції деталі 19

5 Вибір способу отримання вихідної заготовки 23

6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі 27

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання 27

6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки 28

6.3 Обґрунтування вибору технологічного обладнання 33

6.4 Обґрунтування вибору технологічного оснащення 37

6.5 Визначення режимів різання 38

6.6 Технічне нормування операцій 44

7 Проєктування верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки 47

Перелік джерел посилань 57

ВСТУП

Відцентрові насоси секційні ЦНС 180 та насосні агрегати на їх основі призначені для живлення водою парових котлів малої продуктивності та використання їх у водопідготовчому обладнанні. Сфера застосування цих насосів – котельні та водопідготовчі установки, миючі установки, басейни, системи водопостачання та охолодження пожежні установки тощо. Диск розвантажувальний є робочим органом насоса, призначений для зниження осьових навантажень роторного вузла. Тож удосконалення технології його виготовлення є актуальним завданням.

В представленій роботі розглянуті технологічні рішення, спрямовані на удосконалення технологічного процесу диска розвантажувального Н05.136.120.07 з метою підвищення продуктивності виробництва за умови забезпечення технічних вимог, регламентованих кресленням деталі.

В роботі обґрунтовано вибір раціонального пособу виготовлення заготовки, вибір раціональних схем базування заготовки під час її оброблення на верстатах, вибір металорізального устаткування, технологічної оснастки, режимів різання та технічних норм часу.

Для підвищення продуктивності виробництва, стабілізації параметрів точності деталі, поліпшення умов праці оператора, в роботі запропоновано спеціальну конструкцію токарного патрона з пневмоприводом.

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ

Опис виробу. Виріб – відцентровий насос секційний ЦНС 180. Насоси та агрегати призначені для живлення водою парових котлів малої продуктивності та використання їх у водопідготовчому обладнанні. Насоси та агрегати електронасосні виготовляють у корозійностійкому виконанні.

Умовне позначення ЦНС 180:

- ЦН – відцентровий насос, багатоступінчастий;
- С – секційний;
- 180 – подача, $м^3$/год.

Електронасосний агрегат складається з насоса, електродвигуна, фільтра та зворотного клапана.

Привід насоса здійснюється через сполучну муфту. Напрям обертання ротора – проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку двигуна.

Відцентровий насос, вертикальний, багатоступінчастий, секційний, однокорпусний з робочими колесами одностороннього входу. Положення робочих коліс на валу фіксується шпонкою. У секції встановлено напрямні апарати.

Ротор насоса складається з валу, робочих коліс, втулок та гільз. Насос ущільнюється торцевим ущільненням.

Радіальні зусилля сприймаються підшипниками, встановленими у корпусі. Осьові зусилля сприймаються вузлом розвантаження.

Вал насоса з'єднаний з електродвигуном муфтою, що складається з двох півмуфт, болтів із шайбами та штифта. Муфта закрита кожухом.

Корисна потужність насосного агрегату витрачається на збільшення енергії рідини.

Робота насоса заснована на силовій взаємодії лопат робочого колеса з потоком рідини.

Середовище, що перекачується – проточна вода, технічна вода температурою до 105°С максимально об'ємною концентрацією твердих частинок до 0,1%, максимальним лінійним розміром твердих частинок – до 0,1%.

Принцип роботи та сфера застосування насоса. Принцип роботи насоса полягає в перетворенні механічної енергії, що підводиться до нього, від зовнішнього джерела (двигуна) в гідравлічну енергію потоку рідини. Робоча рідина через вхідний патрубок надходить у проточну частину насоса. В результаті взаємодії лопатей коліс, що обертаються, з потоком рідини відбувається перетворення енергії приводу в енергію потоку. З колеса останнього ступеня рідина надходить через внутрішню порожнину напірної кришки до напірного патрубку.

Призначення нерухомих каналів проточної частини агрегату – забезпечити підведення рідини, що перекачується, до першого ступеня, переведення зі ступеня в ступінь і відведення в напірний трубопровід з найменшими втратами.

Сфера застосування цих насосів – котельні та водопідготовчі установки, миючі установки, басейни, системи водопостачання та охолодження пожежні установки тощо.

Основні технічні характеристики насосу ЦНС 180 наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики насосу ЦНС 180

Найменування характеристики	Величина
Подача, $м^3$ /с ($м^3$/ч)	0,05 (180)
Тиск на вході в насос, МПа ($кгс/см^2$)	0,05–3,04(0,5–31)
Температура середовища, що перекачується°С	не більше 60
Потужність, кВт	1260
Допустимий кавітаційний запас, м	7,0
Частота обертання (синхр.) $с^{-1}$ (об/хв.)	50 (3000)

Опис та призначення диска розвантажувального. Основою врівноважуючого пристрою є дві послідовно розташовані щілини та

розвантажувальний диск. Диск розвантажувальний є робочим органом насоса, призначений для зниження осьових навантажень.

Циліндрична щілина має постійний гідравлічний опір, а опір щілини торцевої змінюється при осьових переміщеннях ротора внаслідок зміни торцевого зазору.

У граничних випадках, коли торцевий зазор дорівнює нулю і протікання немає, тиск у камері гідроп'яти досягає найбільшого значення і дорівнює тиску за останнім ступенем насоса. При цьому на розвантажувальний диск діє максимальна осьова сила, спрямована у бік нагнітання.

В іншому крайньому випадку, коли торцевий зазор збільшений, майже весь перепад тиску дроселюється в циліндричній щілини, і тиск у камері гідроп'яти падає. При цьому осьова сила, що діє на розвантажувальний диск, зменшується до нуля.

Робоча торцева поверхня диска має бути строго перпендикулярна до осі. Допустима перпендикулярність при цьому не повинна перевищувати 0,02–0,03 мм, шорсткість – 1,25–0,63 мкм за критерієм Ra.

Торцева поверхня диска має високу твердість завдяки спеціальному термічному обробленню. Розвантажувальний диск має власний упор на валу, до якого він притискається за допомогою круглої гайки. Для запобігання перетіканню рідини під диском передбачають спеціальне ущільнення. Диск посаджений на вал по посадці ковзання, і має власний упор. На валу диск фіксується за допомогою шпонки, причому паз також виконується на всю довжину маточини. Розвантажувальний диск може бути виконаний як одне з втулкою або окремо. В останньому випадку диск та втулка посаджені на загальну шпонку.

Диск розвантажувальний, див. рисунок 1.1, відноситься до деталей типу «диск» і складається з маточини з центральним наскрізним отвором ∅95H7. У лівій частині деталі виконаний фланець з діаметром 232 мм і шириною 30 мм. Загальна довжина деталі – 66 мм. Таким чином, деталь є досить жорсткою.

Класифікуючи поверхні «диска розвантажувального» можна відзначити, що його основними виконавчими поверхнями є внутрішній торець фланця з розмірами

∅232/∅180, який спільно з лівим торцем «опорного кільця» гідроп'яти створює торцеву та циліндричну дросельні щілини. До виконавчих поверхонь деталі слід віднести і зовнішню циліндричну поверхню фланця 232 мм, яка спільно з внутрішньою поверхнею «втулки», що встановлюється на зовнішню циліндричну поверхню «опорного кільця», утворюють розвантажувальну циліндричну щілину торцевого задросельного простору.

Функціональне призначення поверхонь:

- виконавчі поверхні: 3, 5, 6 (торцева поверхня, бере участь у базуванні кільця, що безпосередньо сприймає осьове навантаження), 11 (бічна поверхня шпонкового паза бере участь у передачі крутного моменту від валу через шпонку);

- основні конструкторські бази (ОКБ), що визначають положення розвантажувального диска щодо інших деталей вузла: 11, 13, 15;

- допоміжні конструкторські бази (ДКБ), що визначають положення деталей вузла, що приєднуються до диска розвантажувального: 4 (отвір служить для установки штифтів для монтажу кільця на диску розвантажувальному), 7 (радіальна канавка служить для установки ущільнення), 20 (отвір служить для установки пристрою для монтажу та демонтажу вузла);

- вільні поверхні: усі інші.

Базування деталі. Диск розвантажувальний встановлюється на валу за центральним отвором діаметром 95Н7 (подвійна опорна база) з упором по правому торцю (установча база). Бічна поверхня паза шпонки фіксує обертання деталі навколо центральної осі (опорна база).

Таблиця відповідності та матриця зв’язків наведені в таблицях 1.2 та 1.3.

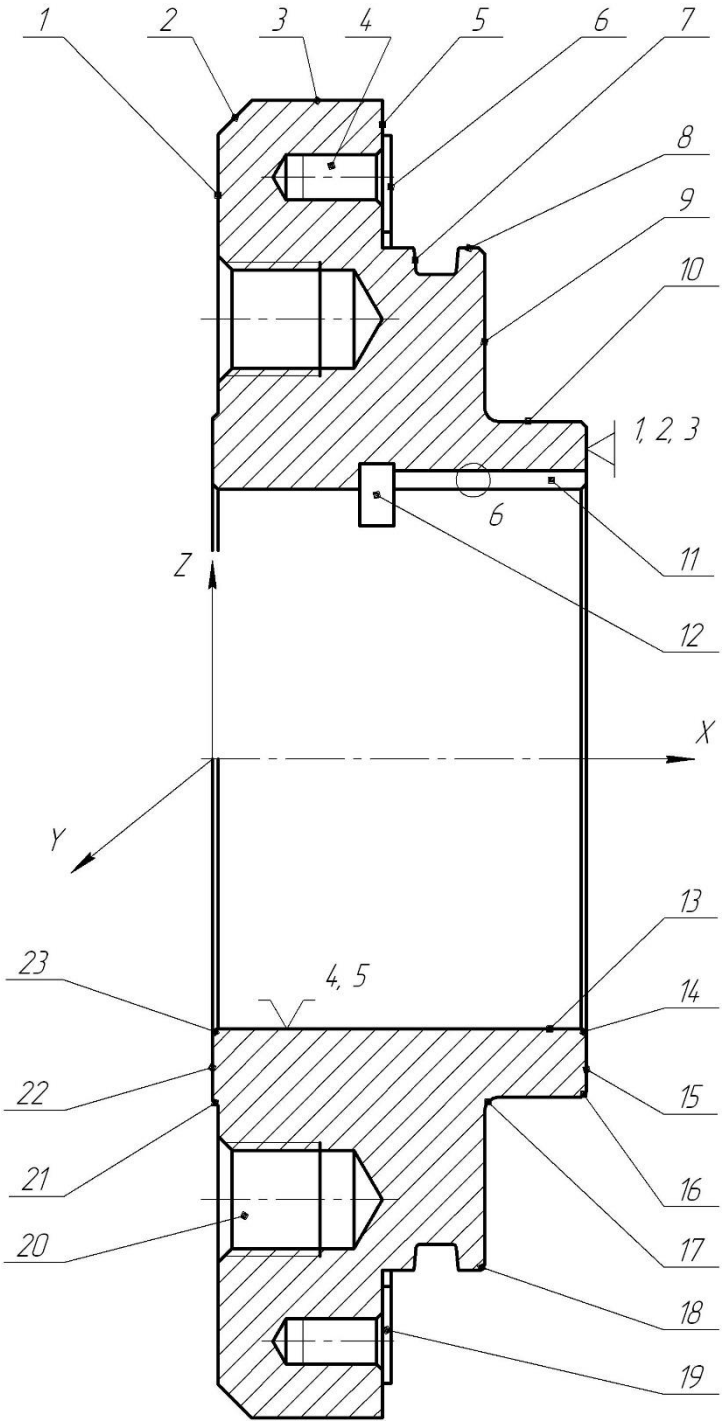

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв’язок	Ступінь свободи	Найменування бази
1, 2, 3	I, V, VI	Установча база
4, 5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	Опорна база

Таблиця 1.3 – Матриця зв’язків

	X	Y	Z	Найменування бази
l	1	0	0	Установча база
α	0	1	1	
l	0	1	1	Подвійна опорна база
α	0	0	0	
l	0	0	0	Опорна база
α	1	0	0	

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення виробу або складальної одиниці характеризують основні параметри якості, що перевіряються під час остаточного контролю або випробування. Тому важливо правильно визначити технічні вимоги деталі.

Креслення деталі дає повне уявлення про конфігурацію, конструкцію, розміри, їх точність форми всіх поверхонь деталі, матеріал і його властивості, і відповідає стандартам на оформлення конструкторської документації, і зокрема креслень (ГОСТ 2.109-73, ГОСТ 2.305-68, ГОСТ 2.307- 68). Наведених на кресленні видів, проєкцій, перерізів, виносних елементів цілком достатньо для розуміння загального виду виробу. На кресленні наведено достатню інформацію про матеріал, та спосіб отримання заготовки.

Деталь «диск розвантажувальний» виготовлена з високолегованої, корозійностійкої, жаростійкої, жароміцної сталі 20Х13 ГОСТ 5632-72 (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 20Х13 ГОСТ 5632-72, у відсотках

C	Si	Mn	S	P	Cr
0,16–0,25	≤ 0,80	≤ 0,80	≤ 0,025	≤ 0,030	12,0–14,0

Клас сталі 20Х13 – мартенситний. Сталь має такі механічні властивості при діаметрі поковок суцільного перерізу від 200 мм до 500 мм:

- межа текучості $\sigma_{0,2}$, МПа 441;
- тимчасовий опір розриву $\sigma_в$, МПа 647;
- відносне подовження δ_5 , % 15;
- відносне звуження Ψ, % 45;
- ударна в’язкість KCU, Дж/м^2×10^4 49;

- твердість, НВ (без термооброблення) 197–248.

Зі сталі 20Х13 виготовляють клапани гідравлічних пресів, лопатки парових турбін, тарілки та сідла клапанів, поршневі кільця та інші деталі, що піддають ударним навантаженням та працюють при температурі до 450–500°С.

Відповідно до ГОСТ 25054-81 група поковок І застосовується для деталей, розміри яких приймаються з конструктивних міркувань, та які не піддаються впливу середовища, що викликає міжкристалічну корозію. Партія комплектується за поковками однієї плавки сталі без перевірки та вибірки. Поковки повинні мати маркування відповідно до креслення на конкретну поковку. Маркувати позначення креслення, марку матеріалу електропером.

Матеріал для виготовлення деталі повинен відповідати вимогам державних та галузевих стандартів та повинен відповідати вимогам, наведеним на кресленні.

Деталь має низку допусків на виготовлення. Розглянемо деякі з них.

Вимоги щодо точності розмірів: найбільш точними поверхнями деталі є циліндричні поверхні отвору ∅95H7 та зовнішня поверхня маточини ∅180g6.

Базування диска на валу за посадкою H7/g6 забезпечує високий рівень центрування виробу, що дозволяє більш точно сумістити осі диска та ротора, у результаті зменшуються інерційні навантаження під час їх обертання. При цьому має місце гарантований зазор.

Поверхня маточини ∅180g6 сполучається з обоймою, забезпечуючи при цьому необхідний гарантований зазор.

Також на деяких поверхнях проставлено жорстку вимогу щодо радіального биття. Такі жорсткі вимоги обґрунтовані тим, що торкання з обоймою під час обертання з великою частотою можуть призвести до появи задирок, можуть виникати поштовхи, що призведе до підвищеного рівня зношення та поніевечення цих поверхонь. Для компенсації ударів ставиться кільце ущільнювача.

Незазначені граничні відхилення розмірів: H14, h14; ±t2/2 бажано, щоб частина розмірів була виконана за вищим квалітетом.

Вимоги щодо шорсткості поверхонь: шорсткість забезпечує ступінь прилягання, контактну жорсткість сполучених поверхонь. Чим більша шорсткість, тим менша площина контакту і опорна поверхня. Шорсткість основних та базових поверхонь відповідає рівню Ra = 1,6 мкм. Шорсткість усіх інших поверхонь становить Ra = 6,3 мкм.

Вимоги щодо форми та взаємного розташування поверхонь: усі необхідні допуски форми та розташування поверхонь позначені на кресленні (допуски радіального та торцевого биття, симетричності).

Так, креслення регламентує радіальне биття зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 232 мм, вільної за призначенням, на рівні 0,1 мм щодо поверхні центрального циліндричного отвору (база «Г»). Зазначену вимогу встановлено для забезпечення мінімального дисбалансу, що може мати критичне значення під час обертання деталі з високою швидкістю з точки зору виникнення вібрацій.

Кресленням також регламентовані допуски торцевих битті зовнішніх та внутрішніх торцевих поверхонь диска в розмірі 0,02 мм щодо поверхні центрального циліндричного отвору (база «Г»). Зазначені допуски можна пояснити необхідністю забезпечення перпендикулярності торцевих поверхонь щодо осі обертання деталі, забезпеченням рівномірного розподілення площі контакту зі сполученими поверхнями інших деталей вузла.

Згідно з загальними рекомендаціями робоча торцева поверхня диска має бути строго перпендикулярна щодо центральної осі деталі. Допустиме відхилення від перпендикулярності не повинне перевищувати 0,02–0,03 мм, а шорсткість поверхні Ra = 1,25–0,63 мкм.

Допуски симетричності 0,04 мм та паралельності 0,02 мм для бокових поверхонь шпонкового пазу також призначені для забезпечення рівномірного розподілення площі контакту між поверхнями паза та поверхнями шпонки. При цьому будуть усунені фактори, що можуть сприяти зминанню шпонки та поламці вузла в цілому.

Невказані допуски форми та розташування поверхонь згідно необхідно забезпечити згідно з ГОСТ 25069-81 інструментом.

Кресленням регламентовані вимоги щодо твердості матеріалу деталі: 32–37 за шкалою HRC. Замір твердості необхідно виконувати на опорній поверхні з боку маточини до чистового оброблення поверхні. У зоні шпонкового паза допускається рівень твердості 26–33 HRC. Робочу поверхню диска піддають термообробленню. Твердість робочої поверхні розвантажувального диска повинна бути не менше ніж на 50 одиниць (НВ) більше твердості робочої поверхні п'яти. При цьому зменшується можливість виникнення задирок при металевому контакті деталей під час експлуатації машини.

Виходячи з функціонального призначення деталі, аналізу технічних вимог можна зробити такі висновки: призначені конструктором розмірна та геометрична точність забезпечать нормальну роботу механізмів. Зниження вимог до точності та взаємного розташування поверхонь може призвести до появи додаткових динамічних навантажень, зниження довговічності та надійності роботи насоса.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Відповідно до ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризують коефіцієнтом закріплення операцій $К_{з.о}$, що визначається як відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до загальної кількості робочих місць.

Виконаємо розрахунок $К_{з.о}$ відповідно до методики [1]. Визначимо кількість необхідного обладнання за формулою

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{з.н}}, \qquad (3.1)$$

де $N_р = 200$ шт. – річний обсяг випуску деталей відповідно до завдання на проєктування;

$Т_{шт}$ – штучний час операцію, хв;

$F_д = 4029$ год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

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

Результати проміжних обчислень наведемо в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	*Найменування операції*	$T_{шт}$	$m_р$	*Р*	$\eta_{з.ф}$	*О*
1	*Токарно-гвинторізна*	*18,50*	*0,0204*	*1*	*0,0204*	*36,75*
2	*Токарно-гвинторізна*	*16,80*	*0,0185*	*1*	*0,0185*	*40,47*
3	*Токарно-гвинторізна*	*12,40*	*0,0137*	*1*	*0,0137*	*54,83*
4	*Вертикально-фрезерна*	*12,80*	*0,0141*	*1*	*0,0141*	*53,12*
5	*Довбальна*	*24,31*	*0,0268*	*1*	*0,0268*	*27,97*
6	*Радіально-свердлильна*	*22,00*	*0,0243*	*1*	*0,0243*	*30,90*
			Сума:	**6**		**213,14**

Округливши отримане значення $m_р$ до цілих у більшу сторону отримуємо остаточне значення – Р = 1 верстат.

Для кожної операції обчислюємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою

$$\eta_{з.ф} = m_р / Р. \quad (3.2)$$

Кількість операцій, що виконують на робочому місці, визначимо за формулою

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

Просумувавши значення Р та О по всіх механічних операціях визначимо значення коефіцієнта закріплення операцій:

$$К_{з.о} = \Sigma О / \Sigma Р = 213,14 / 6 \approx 35,52.$$

Умові $20 < К_{з.о} = 35,52 < 40$ відповідає дрібносерійний тип виробництва [1].

Для дрібносерійного типу виробництва характерним є поняття партії або серії запуску. Визначимо її величину за формулою [2]:

$$n_п = (N \cdot а) / 259, \quad (3.4)$$

де $а$ = 24 – періодичність запуску в днях [2];

259 – количество рабочих дней в году.

$$n_п = (200 \cdot 24) / 259 = 18,53.$$

Остаточно беремо величину партії запуску n_n = 19 шт.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляють періодично повторювальними партіями (серіями) і порівняно великим річним обсягом випуску [1, 2].

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють партіями або дрібними серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією та однакових за розмірами виробів, що запускають у виробництво одночасно. Основним принципом цього типу виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілісно як під час оброблення заготовок, так і під час складання машин [1, 2].

Використовується універсальне та спеціалізоване та частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК, багатоцільові обробні центри, і навіть гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, об’єднаних загальними системами керування та транспортування, керованими від центральної ЕОМ. Обладнання розміщують за технологічними групами з урахуванням напряму основних вантажопотоків цеху (дільниці), або формують предметно-замкнені дільниці.

Як вихідні заготовки використовується гарячий і холодний прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки та точні поковки одержувані штампуванням.

Необхідна точність оброблення поверхонь досягається як методами автоматичного одержання розмірів, так і методами пробних проходів з частковим застосуванням розмічування (зокрема для складних корпусних деталей).

Кваліфікація робітників вища, ніж у масовому виробництві, але нижча ніж у одиничному. Поряд із робочими універсалами та наладчиками, що працюють на складному універсальному обладнанні, використовуються робітники-оператори, що працюють на налаштованих верстатах.

Відповідно до даного типу виробництва та порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання вибираємо групову форму організації робіт, що характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками

виробів, єдністю засобів технологічного оснащення (формується так звана предметно-замкнена дільниця).

Дрібносерійне виробництво є найпоширенішим видом виробництва у загальному та середньому машинобудуванні.

Ріжучий інструмент, що застосовується: універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент: нормалізований та стандартний шкальний інструмент, калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, закріплені за окремими певними верстатами. Верстати використовуються універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегати.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, оскільки краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Виконаємо аналіз технологічності конструкції деталі «диск розвантажувальний», який спрямований на підвищення продуктивності праці, зниження витрат та скорочення часу на проектування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт виробу при забезпеченні необхідної його якості, дотриманні безпечних умов праці та екології виробництва. Чим простіше конструкція виробу, чим менша трудомісткість і собівартість його виготовлення, тим більше його технологічність.

Аналіз матеріалу аналізованої заготовки показує, що вона виготовляється із сталі 20Х13 ГОСТ 5632-72. Це порівняно недорога, високолегована корозійностійка сталь, що відноситься до І групи корозійностійких нержавіючих сталей, що володіють стійкістю проти електрохімічної та хімічної корозії (атмосферної, ґрунтової, лужної, кислотної, сольової). З такої сталі виготовляють деталі з підвищеною пластичністю, що зазнають ударних навантажень, а також вироби, що зазнають впливу слабоагресивних середовищ. Для таких сталей найбільша корозійна стійкість досягається після термічного оброблення (загартування з відпусканням) та полірування. Сталь 20Х13 має середній вміст вуглецю – 0,20%, до 12–14% хрому і має порівняно високі фізико-механічні властивості після термооброблення, див. розділ 2 цієї роботи.

Оброблюваність такої сталі різанням – гарна, що є технологічним фактором. При використанні однокарбідних твердих сплавів типу ВК можна отримати необхідну розмірну точність по IT7 та необхідну шорсткість поверхонь – 1,6 мкм Ra лезовим інструментом без застосування оброблення абразивним інструментом.

Заготовка «диска розвантажувального» виходить у заводських умовах у вигляді поковки вільним куванням на молотах за І групою згідно з ГОСТ 25054-81. Загалом отримання заготовки куванням на молотах даних умов виробництва вважатимуться раціональним. Крім того, значний перепад зовнішніх ступенів

деталі дещо знижує технологічність отримання заготовки, оскільки вимагатиме застосування додаткового спеціального оснащення, зокрема підкладних кілець.

Маса заводської заготовки досить велика – 24 кг, маса деталі – 10,8 кг, $К_{в.м} = 0,45$ – за цим показником деталь (заготовка) є нетехнологічною.

За геометричною формою поверхонь «диска розвантажувального», його конструкція досить проста і порівняно технологічна і є тілом обертання типу «диск» з відношенням довжини до її діаметра $L/D_{max} < 0,5$. Деталь у лівій частині має ступінь з діаметром 232 мм шириною 28 мм і скосом по зовнішній поверхні фланця під кутом 45° на відстані 6 мм від його лівого торця. У правій частині деталі розташовані два ступені ∅180g6 та ∅119 мм. У центральному отворі ∅95H7 розташований технологічний паз для виходу довбаха та шпонковий паз шириною 8js9 на довжину 40 мм від правого торця. Таким чином «розвантажувальний диск» можна вважати досить жорсткою і компактною деталлю, що є технологічним фактором, дозволяючи вести багатоінструментальну, високопродуктивну механічну обробку заготовки на підвищених режимах різання.

Технологічним слід вважати виконання в деталі безступінчастого центрального гладкого отвору ∅95H7, що дозволяє виконувати його розточування напрохід з однієї установки на високих швидкостях різання. На деталі відсутні різкі переходи між циліндричними та торцевими зовнішніми та внутрішніми ступенями, для чого між ними виконуються фаски, радіусні переходи, що усуває концентратори напружень, підвищує її експлуатаційну надійність і, отже, технологічність.

Простановлення розмірів деталі виконане правильно, дозволяє поєднати технологічні та вимірювальні бази і, тим самим, усунути похибки базування під час механічного оброблення заготовки, підвищити точність оброблення поверхонь деталі, що також є технологічним фактором.

Загалом, порівняно раціональна конфігурація поверхонь «диска розвантажувального», їх якість дозволяє в процесі як отримання заготовки, так і під час механічного оброблення використовувати високопродуктивне обладнання та

інструмент, багаторізцеві налагодження, проводити оброблення ряду поверхонь напрохід.

Разом з тим, у конфігурації «диска розвантажувального» є і ряд нетехнологічних елементів. Насамперед, це відноситься до великого перепаду зовнішніх діаметрів ступенів, що унеможливлює при переустановках заготовки в межах однієї операції використовувати одне і теж верстатне пристосування, що, в кінцевому підсумку призводить до розділення такої операції на дві операції, а значить, знижує точність і продуктивність оброблення, що підвищує її собівартість. При цьому, для досягнення необхідної якості поверхонь необхідно використовувати різноманітне, спеціальне технологічне оснащення, що дозволяє забезпечувати необхідну кількість переустановок заготовки.

До нетехнологічних конструктивних елементів деталі слід віднести обробку скосу шириною 6 мм на фланці деталі на діаметрі ∅232 мм під кутом 45°. Це ускладнює механічне оброблення, оскільки вимагатиме застосування або верстатів з ЧПК, або спеціальних інструментів. В результаті знижується продуктивність оброблення, зростає її собівартість.

З умов застосування малопродуктивних методів оброблення, нетехнологічним слід вважати оброблення закритого з одного боку внутрішнього шпонкового паза шириною 10js9. Для його оброблення необхідно використовувати малопродуктивний метод довбання, а враховуючи відносно високу точність паза – можливо, буде потрібно оброблення паза в 2 етапи: чорнове і чистове довбання. При цьому для виходу (перебігу) довбача в кінці паза необхідно в заготовці виконати секторну канавку, що вимагатиме введення в технологічний процес механічного оброблення «розвантажувального диска» додаткової фрезерної операції. У результаті знижується продуктивність оброблення, підвищується її собівартість.

Підвищує трудомісткість механічної обробки заготовки висока розмірна точність внутрішньої циліндричної поверхні 95H7, низька шорсткість поверхонь в межах 1,6 мкм Ra при загальній шорсткості поверхонь деталі в межах 3,2 мкм Ra,

а також високі вимоги щодо точності взаємного розташування поверхонь, такі як радіальне биття зовнішньої циліндричної поверхні ∅232 мм з допуском 0,1 мм щодо центрального отвору ∅95Н7, торцеві биття внутрішнього торця фланця та зовнішнього торця маточини з допусками 0,02 мм щодо отвору ∅95Н7. Для забезпечення зазначених вимог при механічній обробці необхідно використовувати додаткові чистові етапи, що вимагає застосування точнішого обладнання, технологічного оснащення, а в результаті зростають трудовитрати, час оброблення, що знижує продуктивність оброблення та підвищує її собівартість.

Нетехнологічними слід вважати глухі різьбові отвори М20-7Н (Ra = 3,2 мкм), глухі гладкі циліндричні отвори ∅8Н12 (Ra = 1,6 мкм), радіальну канавку під ущільнення 7Н13 (Ra = 1,6 м), для оброблення якої потрібен спеціальний канавковий різець.

В іншому за своєю конфігурацією деталь технологічна і труднощів під час її механічного оброблення не передбачається.

На кресленні деталі використовується комбінований метод проставляння розмірів, що забезпечує зручність у їх вимірюванні у процесі механічного оброблення. У загальному випадку розмірні ланцюги забезпечують однозначне визначення всіх конструктивних елементів деталі.

Враховуючи досить високу розмірну точність оброблюваних поверхонь і точність їх взаємного розташування, під час механічного оброблення заготовки слід максимально дотримуватися принципів єдності і сталості баз, а також намагатися обробляти максимально можливу кількість поверхонь з однієї установки.

З точки зору складання необхідно відзначити, що деталь «диск розвантажувальний» знаходиться у вузлі «ротора» відцентрового насоса і може легко зніматися і встановлюватися під час експлуатації і ремонту, що підвищує її технологічність.

У результаті проведеного аналізу можна дійти висновку, що у цілому «диск розвантажувальний» є технологічним виробом.

5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Від правильності вибору способу отримання заготовки залежить собівартість отримуваної деталі. Вибір методу залежить від багатьох чинників: типу виробництва, маси деталі, складності форми, вимог креслення. При цьому необхідно враховувати новітні тенденції в технології машинобудування зі скорочення витрат матеріалу, зменшення обсягу механічного оброблення, зменшення допусків, так як для оброблення заготовок все частіше застосовуються верстати з ЧПК, верстати-автомати та автоматичні лінії. Остаточний вибір варіанта проводиться порівнянням собівартості виготовлення деталі з урахуванням альтернативних методів одержання заготовки. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготовки та вартості подальшого механічного оброблення.

В умовах дрібносерійного виробництва найбільш раціональним будуть методи одержання заготовки вільним куванням на молотах і штампуванням на КГШП.

Порівняємо собівартість отримання заготовок за варіантами відповідно до методики [2].

Собівартість поковок визначимо за формулою

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_в \cdot k_м \cdot k_п \right) - (Q - q)\left(\frac{S_{вдх}}{1000} \right), \qquad (5.1)$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

k_m – коефіцієнт, що залежить від класу точності;

k_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$k_в$ – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

$k_м$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_п$ – коефіцієнт, що залежить від об’єму виробництва заготовок;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

Дані для розрахунків собівартості поковок за варіантами заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Первинні дані для розрахунку собівартості заготовки

Вид заготовки	Поковка штампуванням на КГШП	Поковка вільним куванням на молотах
Коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки (нормальна точність)	1,0	
Коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки (2 група складності)	0,84	
Коефіцієнт, що залежить від маси заготовки	0,73	
Коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу	1,0	
Коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок	1,0	
Маса деталі	10,8	
Маса заготовки, кг	16,8	20,4
Вартість 1 т заготовок, що використовують як базові C_i, грн	60800	48700
Вартість 1 т відходів $S_{вдх}$, грн	6400	

В такому випадку вартість заготовок за варіантами становить:

- поковка штампуванням на КГШП:

$$S_{пок.1} = \left(\frac{60800}{1000} \cdot 16,8 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1\right) - (16,8 - 10,8) \cdot \left(\frac{6400}{1000}\right) = 587,95 \text{ грн},$$

- поковка вільним куванням на молотах:

$$S_{пок.2} = \left(\frac{48700}{1000} \cdot 20,4 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1\right) - (20,4 - 10,8) \cdot \left(\frac{6400}{1000}\right) = 547,76 \text{ грн}.$$

Техніко-економічне обґрунтування показує, що з економічної точки зору найбільш вигідним варіантом є отримання заготовки у вигляді поковки вільним куванням на молотах.

Припуски та граничні відхилення на розміри поковки визначимо згідно з ГОСТ 7829-70 [3].

Призначення припусків та граничних відхилень для поковки:

1) Розміри обробленої заготовки вказані у дужках на рисунку 5.1.

2) Призначення основних та додаткових припусків та граничних відхилень:

а) основні припуски й граничні відхилення на розміри деталі призначимо згідно з [3]:

- на діаметр фланця 232 мм припуск й граничні відхилення становлять (12±3) мм;
- на діаметр маточини 119 мм припуск й граничні відхилення становлять (10+4,–2) мм;
- на внутрішній діаметр 95 мм припуск й граничні відхилення становлять (18±3) мм;
- на загальну висоту 66 мм припуск й граничні відхилення становлять (10±3) мм;
- на висоту фланця 30 мм припуск й граничні відхилення становлять (10±3) мм;

б) додатковий припуск на відхилення від співвісності S = 6 мм призначають згідно з [3] на діаметр маточини, так як виконується умова:

$$D'_1 h' > D'_2 (H' - h'), \text{ т.е. } 244 \cdot 58 > 129 \cdot (76 - 58).$$

Отвір в поковці виконується, так як виконується умова $\frac{l}{d} = \frac{76}{77} = 0,98 < 2,5$.

Остаточні розміри поковки наведені на рисунку 5.1.

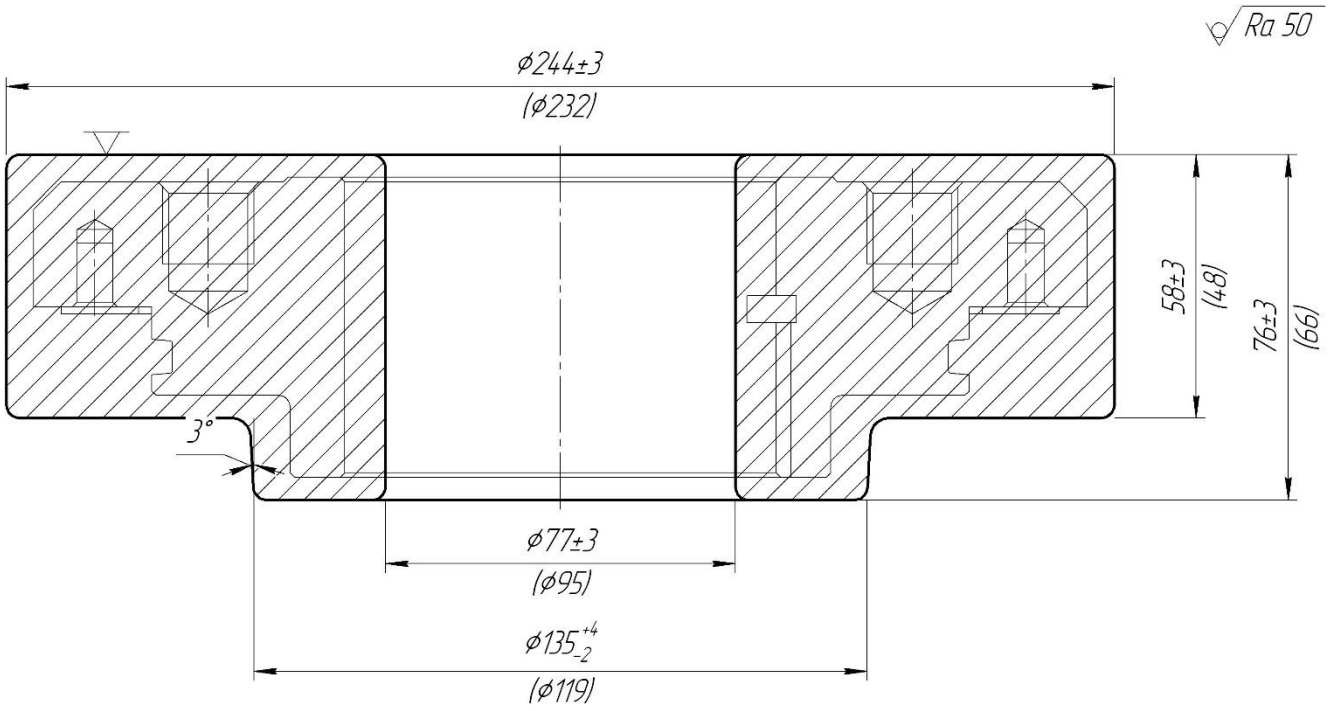

Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок операційних припусків та розмірів на механічне оброблення циліндричного отвору ∅95H7($^{+0,035}$) мм за методом проф. Кована В. М. Цю поверхню оброблюють за технологічним процесом, що складається з трьох механічних операцій та операції кування:

- поковка куванням на молотах (R_z = 700 мкм, H = 700 мкм);
- чорнове розточування (H12, R_z = 50, H = 50 мкм);
- чистове розточування (H9, R_z = 30 мкм, H = 30 мкм);
- тонке розточування (H7, R_a = 1,6 мкм).

У дужках вказано розмірну точність та інші параметри якості, що формуються на операціях технологічного процесу. Як відомо, крім параметрів шорсткості R_z та величини дефектного шару H, до складу мінімального припуску входять величина просторових відхилень ρ та похибка установки заготовки ε_y [2]

$$2Z\min_i = 2\left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\varepsilon\acute{o}_i^2 + \rho_{i-1}^2}\right). \qquad (6.1)$$

Величину просторових відхилень для поковки визначають за формулою

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}{}^2 + \rho_{зм}{}^2}\,, \qquad (6.2)$$

де $\rho_{кор} = \Delta_к \cdot l$ – величина короблення заготовки, де $\Delta_к$ = 3 мкм на 1 мм довжини заготовки, l = 66 мм – довжина поверхні [2];

$\rho_{зм}$ = 3,0 мм – величина зміщення (ексцентричності) прошиваного отвору щодо зовнішніх поверхонь.

$$\rho_{заг} = \sqrt{(3 \cdot 66)^2 + 3000^2} = 3006 \text{ мкм.}$$

Величину просторових відхилень для інших переходів визначаємо з урахуванням коефіцієнта уточнення K_y [1]:

$$\rho_{черн.р} = \rho_{заг} \cdot 0{,}06 = 3006 \cdot 0{,}06 = 180 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{чист.р} = \rho_{заг} \cdot 0{,}05 = 3006 \cdot 0{,}05 = 150 \text{ мкм.}$$

При обточуванні заготовки на токарних операціях застосовуємо самоцентрувальний патрон, тому похибка базування, як частина похибки установки заготовки приймаємо рівною нулю. Похибка закріплення заготовки при закріпленні заготовки в патроні також приймаємо нулю.

Розрахунок припусків виконуємо на ЕОМ у програмі "Припуск". Результати розрахунку представлені у додатку Б.

6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Виконаємо аналіз *операції довбальної 050*, на якій виконується оброблення паза 8js9.

На наш погляд, раціональним у даному випадку є базування заготовки по зовнішньому торцю ∅120 мм заготовки (установча база) та центральному отвору ∅95H7 (подвійна опорна база), див. рисунок 6.1. Зазначені поверхні до даного етапу технологічного процесу оброблені остаточно і мають досить високі показники якості.

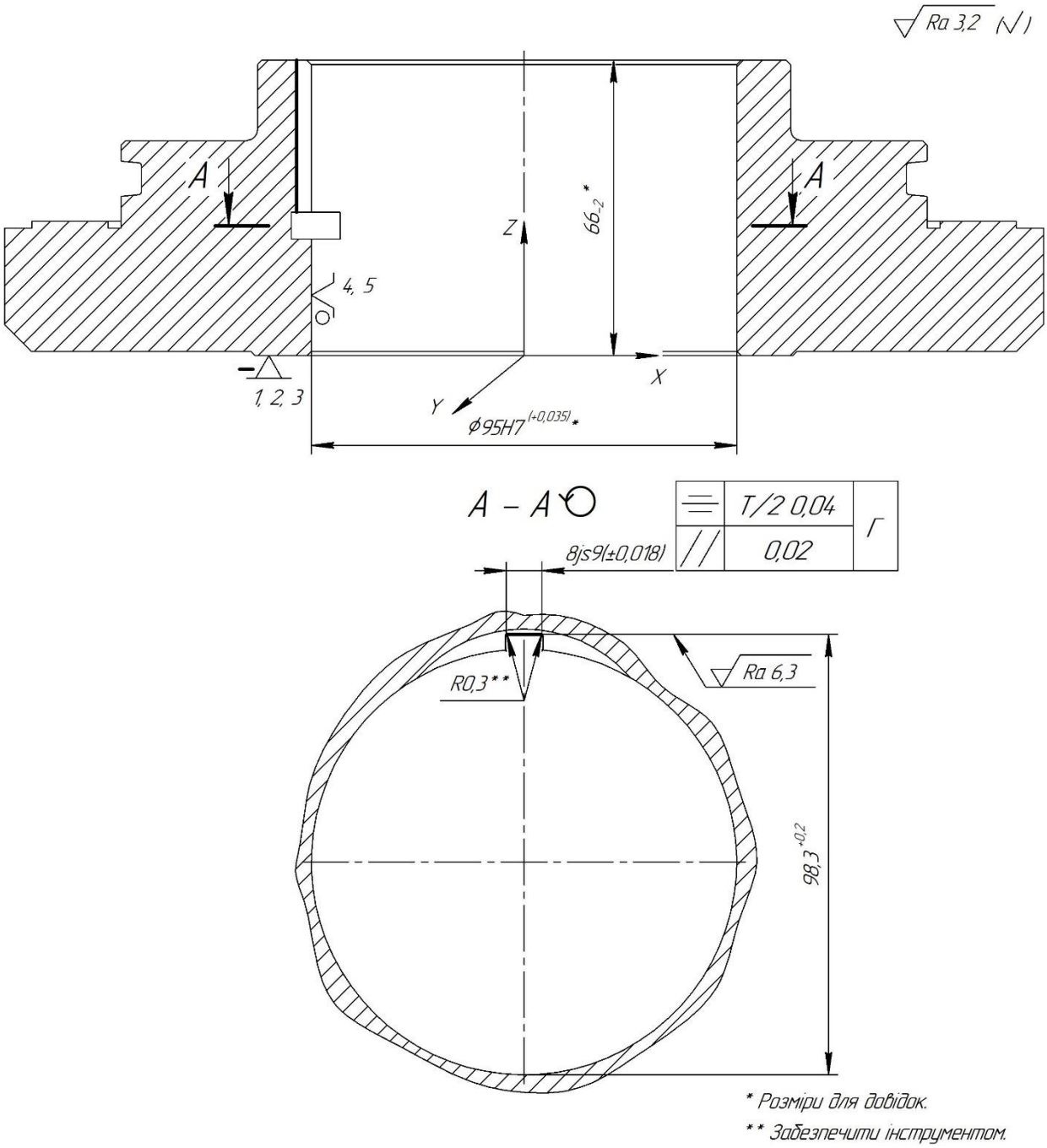

Рисунок 6.1 – Схема базування і закріплення заготовки
на операції 050 довбальній

За такої схеми базування заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи: поступального переміщення вздовж осі Z, обертання навколо X і У (установча база), переміщень вздовж осей X і У (подвійна опорна). Вакантним залишається обертання навколо осі Z.

При отриманні розміру $98{,}3(^{+0,2})$ мм має місце похибка базування: при базуванні заготовки на циліндричному пальці із зазором похибка базування заготовки в радіальному напрямку становить [4]:

$$\varepsilon_б = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta, \qquad (6.3)$$

де δ_1 – допуск на діаметр отвору ($T_{\varnothing 95H7} = 0{,}035$ мм);

δ_2 – допуск на діаметр пальця ($T_{\varnothing 95g6} = 0{,}022$ мм);

Δ – мінімальний радіальний зазор в посадці заготовки на палець ($Smin_{\varnothing 95H7/g6} = 0{,}012$ мм).

$$\varepsilon_б = 0{,}035 + 0{,}022 + 2 \cdot 0{,}012 = 0{,}081 \text{ мм}.$$

Таким чином, позиція основи паза може бути зміщена на 0,081 мм щодо центральної осі заготовки, що не перевищує допуску на операційний розмір (0,2 мм > 0,081 мм).

На забезпечення точності довжини паза похибка базування не впливає (паз обробляється напрохід), тож її можна не враховувати в цьому випадку.

Розмірна точність на ширину паза забезпечується геометрією інструменту (довбача), ступенем його зношення.

Операція 060 комплексна на обробному центрі з ЧПК. Виконаємо аналіз операції, на якій фрезерують 2 пази шириною 10Н14, свердлять 2 отвори 8Н12, обробляють 2 отвори М20-7Н. У базовому технологічному процесі обробка зазначених поверхонь виконується на 2-х механічних операціях: радіально-свердлувальній та вертикально-фрезерній. При цьому механічним операціям передує операція розмічування. В умовах дрібносерійного типу виробництва така технологія є малопродуктивною та відповідно не раціональною. Пропонується замінити зазначені операції однією, що виконується на обробному центрі з ЧПК.

Таке рішення дозволяє підвищити продуктивність обробки заготовки за рахунок скорочення часу на допоміжні переходи, що виключає малопродуктивну операцію розмічування.

Розглянемо схему базування заготовки на установі А, див. рисунок 6.2.

На рисунку 6.2 показано, що заготовка при обраній схемі базування позбавлена всіх 6-ти ступенів свободи: установча база (плоска опорна поверхня) позбавляє заготовку поступального переміщення вздовж осі Z та обертань навколо осей X та Y; подвійна опорна база (реалізується за допомогою циліндричного пальця) позбавляє заготовку поступальних переміщень вздовж осей X та Y; опорна база (реалізується за допомогою шпонки) позбавляє заготовку обертання навколо центральної осі деталі Z.

Виконаємо аналіз схеми базування з метою забезпечення розмірної точності.

Діаметральний розмір отвору 8Н12 забезпечується якістю мірного осьового інструменту (свердла) і в першу чергу залежить від ступеня його зношення.

Глибина отвору ∅8Н12, яка задана розмірами $14^{+0,215}$ та $17^{+0,215}$ мм визначається точністю позиціонування органів верстата (0,01–0,02 мм). Похибка базування $\varepsilon_{14,\ 17} = T_{30}+T_{1,5} = 0,3$ мм, що має місце у цьому випадку визначається сумою допусків на розміри $30_{-0,1}$ мм та $1,5^{+0,2}$ мм. Однак зазначена похибка базування у нашому випадку не є визначальною та компенсується попередньою обробкою поверхні паза розміром $1,5^{+0,2}$ мм. Похибка базування на оброблення поверхні паза розміром $1,5^{+0,2}$ мм при цьому відсутня за визначенням, так як вимірювальна та технологічна бази в даному випадку збігаються.

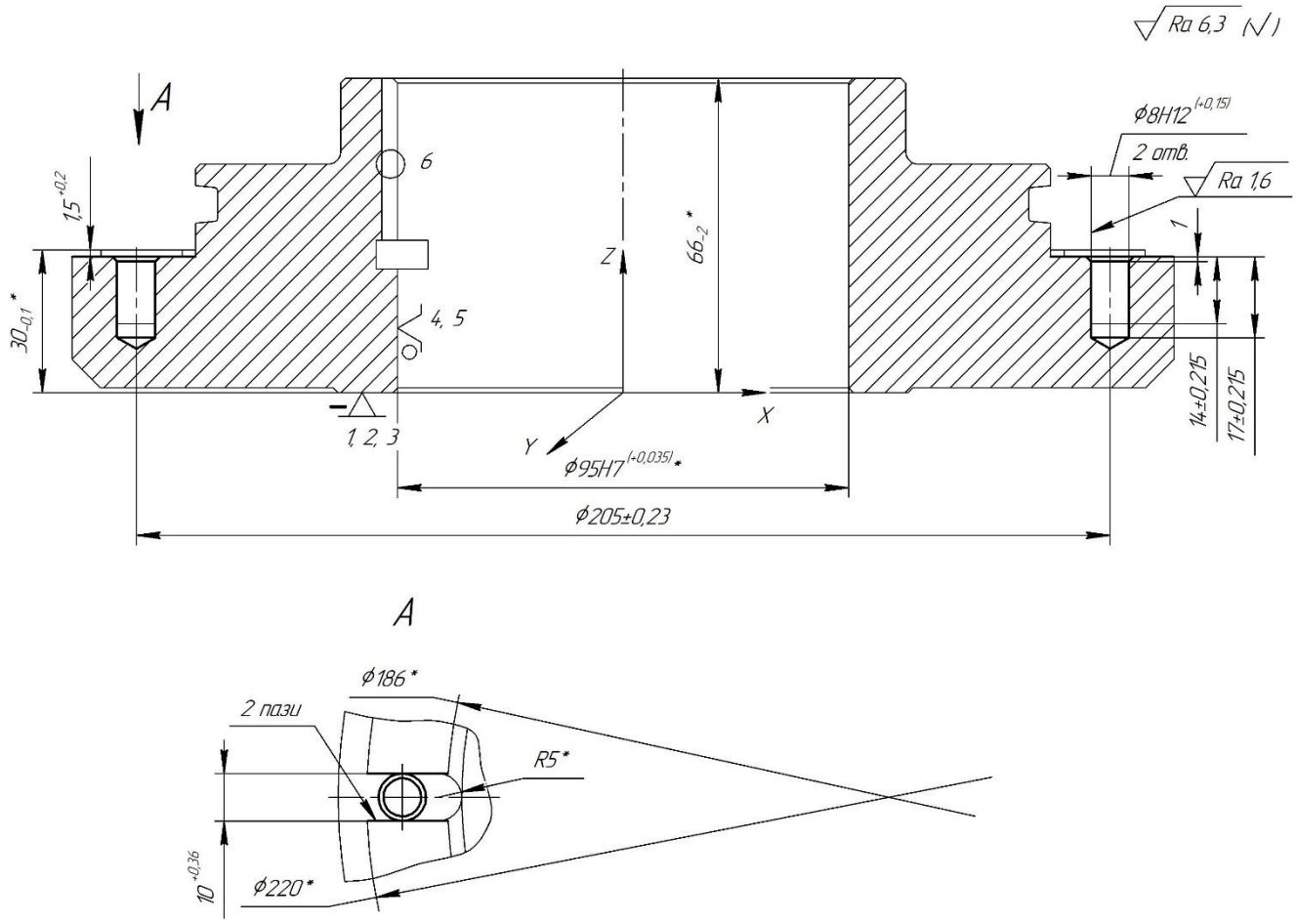

Рисунок 6.2 – Схема базування і закріплення заготовки на операції комплексній на обробному центрі з ЧПК, установ А

Розглянемо забезпечення точності розмірів у радіальному напрямку. При базуванні заготовки на циліндричному пальці із зазором (за аналогією з операцією 050 довбальною) похибка базування заготовки в радіальному напрямку становить 0,142 мм [4].

Таким чином, позиція отворів, що обробляються, може бути зміщена на 0,081 мм відносно центральної осі заготовки.

При базуванні заготовки на установі Б див. рисунок 6.3, мають місце аналогічні похибки.

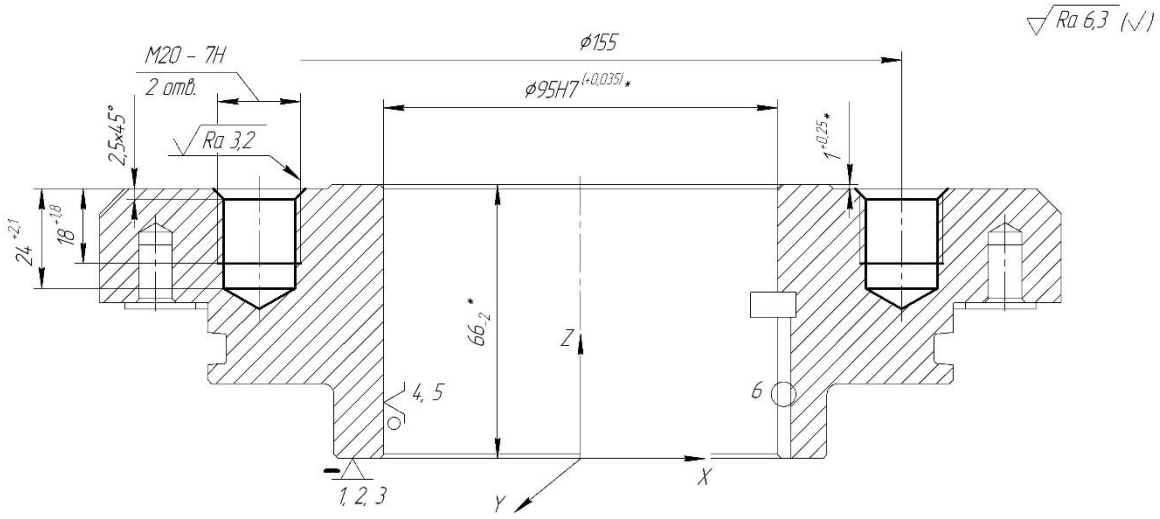

Рисунок 6.3 – Схема базування і закріплення заготовки на операції комплексній на обробному центрі з ЧПК, установ Б

Для забезпечення точності розміру $18^{+1,8}$ мм слід підвищити точність розміру 66_{-2} мм, що визначає висоту заготовки. Розмір 66_{-2} мм реалізується на токарній операції та відповідає 16 квалітету точності. Оброблення розміру 66 мм за 14 квалітетом розмірної точності (що є економічно обґрунтованим) зменшить допуск на розмір до 0,74 мм та дозволить виконати умову $T_{18} = 1,8$ мм > $T_{66} = 0,74$ мм. Так, похибка базування, що має місце, прийме допустиме значення.

6.3 Обґрунтування вибору технологічного обладнання

Операція 050 довбальна. При виборі верстата на довбальну операцію основними визначальними факторами будуть метод оброблення поверхонь та габарити робочого простору верстата, достатнього для розміщення заготовки разом з верстатним пристроєм. У зв'язку з цим зупинимо свій вибір на довбальному верстаті моделі 7Д430. Верстат 7Д430 призначений для оброблення довбанням

плоских і фасонних поверхонь, шпонкових пазів і канавок у циліндричних та конічних отворах з кутом конуса при вершині 20°, а також для оброблення похилих поверхонь під кутом до 10°. На верстатах можна обробляти вироби із чавуну, сталі та кольорових металів. Можливе оброблення деталей масою до 0,5 т. Характеристики верстата 7Д430 представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристики довбального верстата моделі 7Д430, в мм

№ з/п	Найменування параметра	Величина
1	Довжина ходу довбача	120×320
2	Відстань від поверхні столу до нижнього торця напрямних довбача	500
3	Відстань від зовнішньої поверхні різцевої головки до станини (виліт)	615
4	Відстань від нижнього торця довбача до столу	10x580
5	Висота виробу, що обробляється: - при обробці зовнішньої поверхні - при обробці внутрішньої поверхні	 500 250
6	Найбільший кут нахилу довбача, град	10°
7	Швидкість робочого ходу довбача, м/хв	3 - 38
8	Подача стола на один подвійний хід довбача: - поздовжня - поперечна - кругова, град	 0,1-2,5 0,1-2,5 0,1-1,4
9	Швидкість швидкого переміщення столу: - подовжнього, м/хв - поперечного, м/хв - кругового, $хв^{-1}$	 2,8 2,8 4,5
10	Діаметр робочої поверхні столу, мм	770
11	Найбільше переміщення столу: - поздовжнє - поперечне - кругове, град	 650 510 360°
12	Габарити	2850×2160×3010
13	Маса, кг	5660

Операція 060 комплексна на обробному центрі з ЧПК. Вибір верстата на операцію виконуємо з урахуванням застосовуваних методів оброблення

поверхонь, габаритів заготовки, запропонованої схеми базування заготовки, можливості розміщення верстатного пристрою, наявності магазину інструментів із системою автоматичної зміни інструменту, обсягу інструментального магазину, потужності верстата тощо.

З урахуванням вищесказаного вибираємо вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний обробний центр V-650 фірми LeaderWay. Характеристика верстата V-650 представлена у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Технічна характеристика верстата V-650

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Величина
Система ЧПК		Fanuc 0iM PB
Тип напрямних		кочення
Область оброблення		
За віссю X	мм	650
За віссю Y	мм	410
За віссю Z	мм	500
Відстань від торця шпинделя до столу	мм	125-625
Стіл		
Розміри столу	мм	770×400
Максимальне навантаження на стіл	кг	300
Т-подібні пази		3×18Т-125
Шпиндель		
Частота обертання шпинделя	об/хв	10000
Конус шпинделя		№40
Потужність шпинделя	кВт	7,5/11
Подача		
Швидкість прискореного переміщення по оси X	м/хв	24
Швидкість прискореного переміщення по оси Y	м/хв	24
Швидкість прискореного переміщення по оси Z	м/хв	20
Швидкість різання по осям XYZ		5
Потужність серводвигунів	кВт	1,2/1,2/1,2
Точність		
Повторюваність	мм	0,005
Позиціонування	мм	±0,003

Продовження таблиці 6.2

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Величина
Автоматична заміна інструмента		
Кількість інструментів		16 (24)
Час заміни «від інструмента до інструмента»	сек.	8
Час заміни «від різу до різу»	сек.	14
Різне		
Площа	$м^2$	2850×1900×2610
Вага верстата	кг	4200
Споживання енергії	кВт·А	20

Обробні центри Leaderway відрізняються високою швидкістю різання, точністю позиціонування, надійністю, достатньою потужністю для обробки навіть загартованих сталей. Що досягається за рахунок застосування прецизійних механічних та електронних комплектуючих таких фірм як Fanuc, Siemens, Heidenhain, Renishaw, та дозволяє забезпечити високу якість та надійність за низьких порівняно з європейськими аналогами цін.

Верстати Leaderway V-серії виконані на базі контролера Fanuc, з послідовним інтерфейсом RS-232 та функцією Look-ahead для високошвидкісного фрезерування. По осях XYZ також встановлені приводи Fanuc. Опціонально можливе постачання верстата на базі контролера Heidenhain, Siemens.

Стандартно на верстатах встановлюється шпиндель на 10 000 об/хв та піковою потужністю 11 кВт. Але якщо верстат використовується для обробки легкооброблюваних матеріалів або більшість робіт виконується дрібним інструментом, то можлива установка високооборотного шпинделя (до 12000/15000 об/хв). Для обробки глибоких отворів передбачена установка спеціального шпинделя, підготовленого для подачі ЗОР всередині інструменту.

Для досягнення плавності холостих та робочих переміщень на верстатах V-серії встановлені загартовані сталеві шліфовані фасонні напрямні кочення.

У стандартній комплектації V-серія поставляється з інструментальним магазином типу «парасолька» на 16 інструментів, однак опціонально можлива його

заміна на магазин барабанного типу на 24 інструменти. Причому, при роботі з магазином барабанного типу скорочується час зміни інструменту (3,5 сек. від інструменту до інструменту, 7 сек. від різу до різу).

6.4 Обґрунтування вибору технологічного оснащення

Операція 050 довбальна. Як верстатний вибираємо спеціальне механізоване пристосування, використання якого дозволить знизити витрати часу на допоміжні переходи, пов'язані із закріпленням та встановленням заготовки на верстаті.

Ріжучий інструмент: різець довбальний спеціальний b = 8 мм, Р6М5К5.

Вимірювальний інструмент: калібр 8js9 ПР-НЕ, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89, зразки шорсткості за ГОСТ 9378-93.

Операція 060 комплексна на обробних центрах з ЧПК. Для встановлення та закріплення заготовки на операції відповідно до запропонованої схеми базування використовуємо спеціальне верстатне пристосування з плоскою опорною поверхнею та циліндричним пальцем зі шпонкою.

При виборі різального, допоміжного та вимірювального інструменту перевагу надаємо стандартному оснащенню [5], див. таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Відомість технологічного оснащення

Зміст переходу	Найменування ріжучого інструмента	Найменування допоміжного інструмента	Найменування вимірювального інструмента
А.1 Фрезерувати 2 пази В = 10Н14 на глибину $1,5^{+0,2}$ мм	Фреза 2220-0335 ГОСТ 18372-72, тип 2, ВК8	Патрон 191113040 ТУ 2-035-986-85	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
А.2 Свердлити 2 отв. ∅7,6Н14 на глибину 17±0,215 мм, з дотриманням розміру ∅205 мм	Свердло 035-2300-1249 ОСТ 2И20-1-80, Р6М5	Патрон 191113040 ТУ 2-035-986-85	–

Продовження таблиці 6.3

Зміст переходу	Найменування ріжучого інструмента	Найменування допоміжного інструмента	Найменування вимірювального інструмента
А.3 Зенкувати 2 фаски 1×45°	Зенківка 2353-0134 ГОСТ 4953-80, Р6М5 (Морзе 2)	Втулка 191831062 ТУ 2-035-978-85	–
А.4 Розгорнути 2 отв. ∅8Н12 на глибину 14±0,215 мм, з дотриманням розміру ∅205 мм	Розгортка 2363-0071 ГОСТ 1672-80, тип 1, Р6М5	Патрон 191113040 ТУ 2-035-986-85	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89
Б.1 Свердлити 2 отв. ∅10Н14 на глибину 20Н14, з дотриманням розміру ∅155 мм	Свердло 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80, Р6М5	Патрон 191113040 ТУ 2-035-986-85	–
Б.2 Свердлити 2 отв. ∅17,5Н12 на глибину $24^{+2,1}$ мм	Свердло 035-2301-1049 ОСТ 2И20-2-80, Р6М5 (Морзе 2)	Втулка 191831062 ТУ 2-035-978-85	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
Б.3 Зенкувати 2 фаски 2,5×45°	Зенківка 2353-0138 ГОСТ 4953-80, Р6М5 (Морзе 3)	Втулка 191831063 ТУ 2-035-978-85	–
Б.4 Нарізати різь М20-7Н (2 отв.) на глибину $18^{+1,8}$ мм	Мітчик 035-2620-0568 ОСТ 2И52-1-74, Р6М5	Патрон 191221130А ТУ 2-035-975-80, державка 191112041 ТУ 2-035-763-80	Калібр-пробка М20-7Н ПР-НЕ

6.5 Визначення режимів різання

Операція 050 довбальна. Виконаємо розрахунок режимів різання для довбання паза В = 8js9 розмір $98,3^{+0,2}$ мм напрохід. У цьому випадку довжина паза становить L = 34 мм, глибина паза Н = 3,3 мм.

Режими різання на оброблення поверхні паза визначимо згідно з аналітичною методикою [6].

1. Глибина різання під час довбання дорівнює ширині різця: t = 8 мм.

2. Табличне значення подачі різця: $S_т$ = (0,18–0,20) мм/пдв.хід. Беремо найближче паспортне значення подачі: $S_п$ = 0,18 мм/пдв.хід.

3. Допустиму умовами оброблення швидкість різання визначимо за формулою

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V ,$$

де $C_V = 23,7$ – для довбання пазів різцями із швидкорізальної сталі [6];

$T = 60$ хв – період стійкості різця;

$m = 0,25$;

$y = 0,66$.

Поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, вплив інструментального матеріалу, вплив ударних навантажень та геометрії різальної пластини різця, дорівнює $К_V = 0,456$ [6].

В результаті маємо

$$V = \frac{23,7}{60^{0,25} \cdot 0,18^{0,66}} \cdot 0,456 = 12,03 \text{ м/хв.}$$

4. Кількість подвійних ходів різця становить:

$$n = (1000 \cdot V)/[L \cdot (1+k)] = (1000 \cdot 12,03)/[50 \cdot (1+0,7)] = 141,52 \text{ пдв. хід/хв.;}$$

де $L = l + l_{вр} + l_{пер} = 34 + 16 = 50$ мм;

$k = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує відношення швидкостей робочого й холостого ходів руху різця.

Беремо паспортне значення кількості подвійних ходів різця – 140 пдв. хід./хв.

В результаті фактична швидкість різання становить:

$$V_ф = [L \cdot n \cdot (1+k)]/1000 = [50 \cdot 140 \cdot (1+0,7)]/1000 = 11,9 \text{ м/хв.}$$

5. З урахуванням визначених елементів режиму різання, матеріалу заготовки, геометрії різальної частини різця тангенціальна складова сили різання становить $P_z = 3003$ Н.

6. Потужність різання становить $N_р = 0,58$ кВт. При цьому виконується умова:

$$N_{верст} = N_{дв} \cdot \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт} > N_р = 0,58 \text{ кВт},$$

де $N_{весрт}$ – потужність привода головного руху верстата.

Таким чином, оброблення поверхні з визначеними елементами режимів різання виконується.

7. Визначимо основний час на перехід оброблення паза. З урахуванням 3-х прохідного оброблення маємо:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \qquad (6.4)$$

де $L = (l_в+l+l_{пер})$ – загальна глибина оброблюваного паза заготовки з урахуванням величин врізання й перебігу інструмента;

i – кількість проходів; i = 3;

l = 3,3 мм – глибина паза заготовки, мм;

$l_в = 2$ мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 0$ мм – довжина перебігу.

В результаті маємо:

$$T_o = (3,3+2)\cdot 3/(0,18\cdot 140) = 0,63 \text{ хв.}$$

Операція 060 комплексна на обробному центрі з ЧПК. Визначимо елементи режимів різання переходу А.2, див. таблицю 6.3, аналітично.

Початкові дані:

- зміст переходу: свердлити 2 відп. ∅7,6Н14 на глибину 17±0,215 мм, з дотриманням розмірів ∅205js12 мм;

- оброблювана поверхня – глухий отвір ∅7,6Н14, глибина отвору – 17 мм;

- оброблюваний матеріал – сталь 20Х13, $\sigma_в$ = 650 МПа;

- матеріал інструменту – Р6М5;

- вид заготовки – поковка після точіння.

- обладнання – вертикальний обробний центр V650 (див. таблицю 6.2).

Відповідно до методики [6] маємо.

1. Глибина різання – t = 0,5D = 0,5·7,6 = 3,8 мм.

2. Швидкість подачі – S_o = 0,15 мм/об [4].

3. Період стійкості свердла – T = 30 хв. [4].

4. Швидкість різання визначимо за формулою

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y} K_V ,$$

де C_v = 7,0 коефіцієнт згідно з [6];

m = 0,20;

y = 0,7;

q = 0,40.

Поправочний коефіцієнт на умови оброблення, що враховує матеріал заготовки, інструментальний матеріал та глибину оброблюваного отвору, становить K_V = 1,137 [6].

В результаті маємо

$$V = \frac{7{,}0 \cdot 7{,}6^{0{,}40}}{30^{0{,}20} \cdot 0{,}15^{0{,}7}} \cdot 1{,}137 = 34{,}2 \text{ м/хв.}$$

5. Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34{,}2}{\pi \cdot 7{,}6} = 1435 \text{ об/хв.}$$

Беремо частоту обертання $n_ф$ = 1400 об/хв.

6. Тож фактична швидкість різання становить

$$V_ф = \frac{\pi D n_ф}{1000} = \frac{\pi \cdot 7{,}6 \cdot 1400}{1000} = 33{,}4 \text{ м/хв.}$$

7. Осьова складова сили різання під час свердління отвору з урахуванням вибраних режимів різання становить P_o = 1230 Н.

8. Крутний момент під час свердління становить $M_{кр}$ = 3,9 Н·м.

9. Потужність різання становить N_p = 0,563 кВт.

10. З урахуванням потужності привода головного руху верстата 7,5 кВт бачимо, що виконується умова $N_p \le N_{верст}$. Тож вибрані режими різання можуть бути реалізовані на верстаті V650.

11. Основний час на перехід виконаємо за формулою (6.4), де $L = l + l_{вр}$ = = 17 + 1 = 18 мм – довжина оброблення з урахуванням глибини оброблюваного отвору l = 17 мм й довжини врізання $l_{вр}$ = 1 мм.

$$T_o = \frac{17+1}{0{,}15 \cdot 1400} = 0{,}086 \text{ хв.}$$

З урахуванням кількості оброблюваних отворів маємо

$$T_o = 0{,}086 \cdot 2 = 0{,}172 \text{ хв.}$$

Режими різання на інші переходи операції визначаємо за нормативами [7] та наведемо в картах технологічної документації.

Таблиця 6.4 – Елементи режимів різання

Зміст переходу	D (B), мм	L, мм	t, мм	i	So, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	To, хв
А.1 Фрезерувати 2 пази B = 10H14 на глибину $1{,}5^{+0{,}2}$ мм	1,5	18	10	2	$S_м = 40$	800	25	0,90
А.2 Свердлити 2 отв. ∅7,6H14 на глибину 17±0,215 мм, з дотриманням розміру ∅205 мм	7,6	18	3,8	2	0,15	1400	33	0,17
А.3 Зенкувати 2 фаски 1×45°	10	4	1	2	0,05	500	15,7	0,32
А.4 Розгорнути 2 отв. ∅8H12 на глибину 14±0,215 мм, з дотриманням розміру ∅205 мм	8	18	0,2	2	0,6	600	15,1	0,10
Б.1 Свердлити 2 отв. ∅10H14 на глибину 20H14, з дотриманням розміру ∅155 мм	10	21	5	2	0,25	760	23,9	0,22
Б.2 Свердлити 2 отв. ∅17,5H12 на глибину $24^{+2{,}1}$ мм	17,5	26	3,75	2	0,8	330	18,1	0,20
Б.3 Зенкувати 2 фаски 2,5×45°	22	6	2,5	2	0,10	200	13,8	0,60
Б.4 Нарізати різь M20-7H (2 отв.) на глибину $18^{+1{,}8}$ мм	20	22	-	2	2,5	190	14,3	0,09
ToΣ								2,6

За попередніми розрахунками машинно-допоміжний час операції становить $T_{мд} = 4{,}2$ хв. Тоді час автоматичного циклу на операції становить

$$T_{ца} = T_{oΣ} + T_{мд} = 2{,}6 + 4{,}2 = 6{,}8 \text{ хв.}$$

6.6 Технічне нормування операцій

Норма часу на виконання операцій на верстатах з ЧПК під час роботи на одному верстаті складається з норми підготовчо-заключного часу $T_{пз}$ та норми штучного часу $T_{шт}$ [8]:

$$H_ч = T_{шт} + T_{п.з} / n, \quad (6.5)$$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_д \cdot K_{tд}) \cdot (1 + [a_{тех} + a_{орг} + a_{вдп}] / 100), \quad (6.6)$$

де $T_{ца}$ – час циклу автоматичної роботи верстата за програмою, хв;

$$T_{ца} = T_о + T_{мд}, \quad (6.7)$$

де $T_о$ – основний час на оброблення однієї деталі, хв;

$T_{мв}$ – машинно-допоміжний час за програмою (на підведення деталі або інструменту від вихідних точок у зони обробки та відведення; встановлення інструменту на розмір, зміну інструменту, зміну величини та напрямки подачі, час технологічних пауз (зупинок) тощо), хв;

$$T_д = T_{д.у} + T_{д.оп} + T_{д.вим}, \quad (6.8)$$

$T_{д.у}$ – час на встановлення та зняття деталі вручну або підйомником, хв;

$T_{д.оп}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (що не увійшов до програми), хв;

$T_{д.вим}$ – допоміжний неперекривний час на вимірювання, хв;

$K_{tд}$ – поправочний коефіцієнт на час виконання ручної допоміжної роботи залежно від величини партії деталей, що обробляються;

$a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{вдп}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби при одноверстатному обслуговуванні, % оперативного часу.

Операція 050 довбальна. З п. 6.5 роботи маємо основний час на операцію $T_о = 0,63$ хв.

Допоміжний час на операцію включає час на установку заготовки $T_{д.у} = 0,8$ хв, час на керування верстатом $T_{д.оп} = 0,4$ хв, час на вимірювання $T_{д.вим} = 0,4$ хв [9]:

$$T_д = 0,8+0,4+0,4 = 1,6 \text{ хв.}$$

Сумарний час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби складає 10% від оперативного часу, тоді штучний час за формулою (6.6) становитиме

$$T_{шт} = (0,63+1,6)\cdot(1+0,1) \approx 2,46 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час на операцію становить $T_{п.з} = 18,2$ хв [9]. Тоді штучно-калькуляційний час згідно з формулою (6.5) становитиме

$$T_{шт.к} = 2,46+18,2 / 19 \approx 3,42 \text{ хв.}$$

Операція 060 комплексна на обробному центрі з ЧПК. З п. 6.5 роботи маємо час автоматичного циклу на операцію $T_{ца} = 6,8$ хв.

Відповідно до [8] маємо: $T_{д.у} = 1,5$ хв., $T_{д.оп} = 0,5$ хв, $T_{д.вим} = 1,2$ хв, $K_{tд} = 1,0$.

$$T_д \cdot K_{tд} = (1,5+0,5+1,2) \cdot 1,0 = 3,2 \text{ хв.}$$

Сумарний час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби складає 14% від оперативного часу [8].

Підготовчо-заключний час $T_{пз}$ = 42,4 хв [8]. Тоді маємо:

$$T_{оп} = T_{ца}+T_{д} \cdot K_{тд} = 6,8+3,2 = 10 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 10 \cdot (1+14/100) = 11,4 \text{ хв.}$$

$$H_{вр} = 11,4+42,4/19 = 13,63 \text{ хв.}$$

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ БАЗУВАННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Відповідно до завдання необхідно спроектувати верстатний пристрій для установки та закріплення заготовки на операції 040 токарно-гвинторізній, яка реалізується на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20. Тут потрібно враховувати, що в перспективному технологічному процесі для обточування заготовок планується використовувати верстат з ЧПК. Для підвищення ефективності верстата з ЧПК зокрема рекомендується використання верстатних пристроїв з механізованим приводом закріплення заготовки.

На зазначеній операції проводиться півчистова та чистова обробка зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь та торців заготовки з одного установа. Зокрема, на цій операції проводиться підрізання напрохід правого торця заготовки у розмір $66{,}5_{-0{,}3}$ мм з наступним підрізанням зовнішнього торця фланця в розміри: 1±0,05 мм, $\varnothing 122_{-0{,}4}$ та утворенням кута ∠45°; проточування зовнішньої поверхні фланця напрохід у розмір ∅232h11 та проточуванням конуса у розміри: 6×45°; а також розточування напрохід внутрішньої циліндричної поверхні у розмір $\varnothing 95^{+0{,}035}$ мм зі зняттям фаски 1×45°. Шорсткість поверхонь: 1,6–3,2 мкм Ra, див. рисунок 7.1.

З метою зниження трудомісткості обробки та розряду верстатника на цій операції, а також підвищення стабільності точності параметрів операції, проектуємо спеціальний пневматичний пристрій – самоцентрувальний клиновий патрон.

На даний момент точність зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь заготовки забезпечена за 12-м квалітетом. Зокрема, зовнішню циліндричну поверхню фланця виконано за 12-м квалітетом точності розмірів: ∅234h12, а маточини – у розмір ∅121h12. Точність лінійних розмірів заготовки забезпечено за 12-м квалітетом у лінійні розміри: $67_{-0{,}3}$ мм, та $32_{-0{,}25}$ мм.

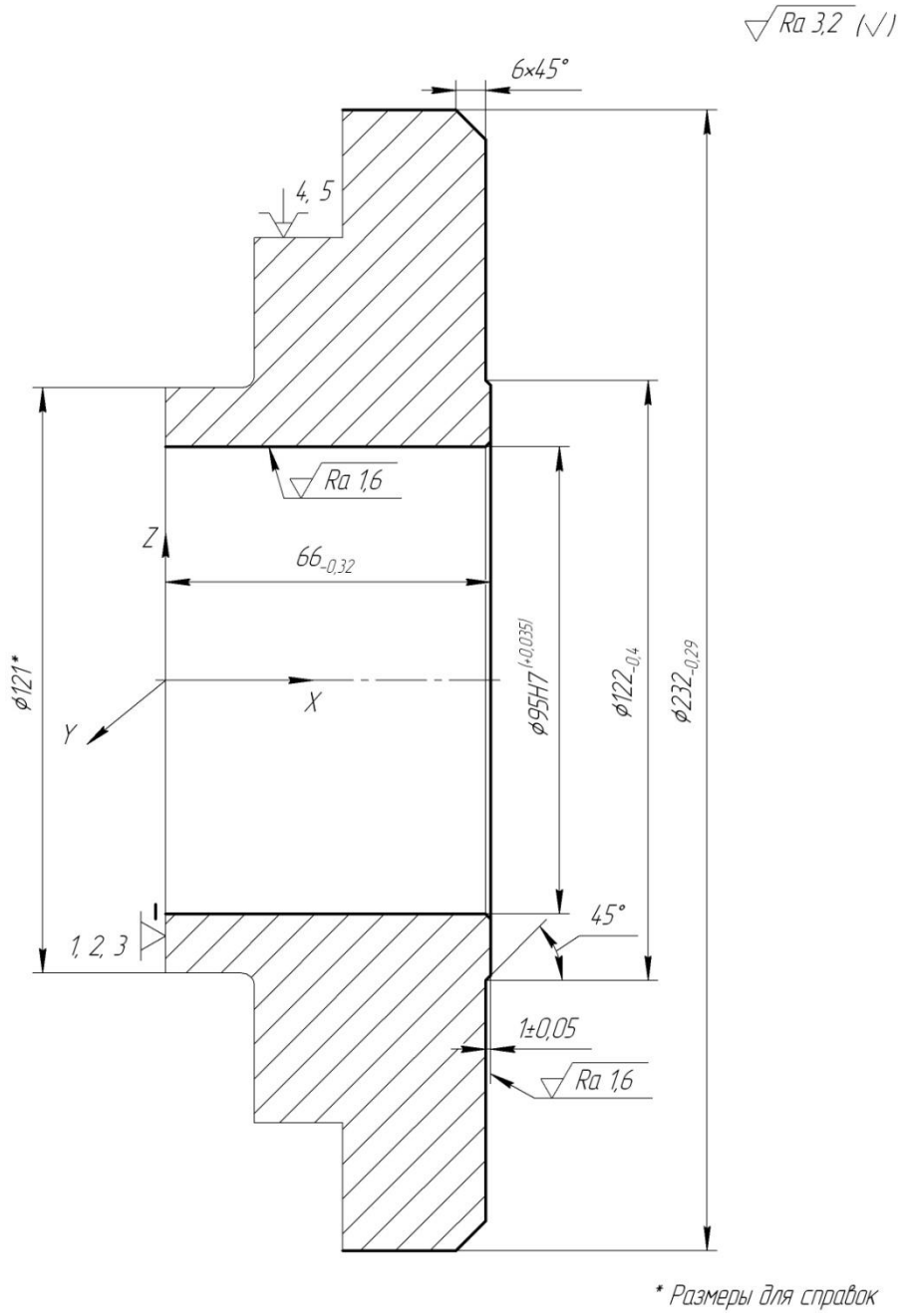

Рисунок 7.1 – Схема базування заготовки на операції токарній з ЧПК 040

Виходячи з цього, з усього комплекту поверхонь на роль базових поверхонь можуть претендувати лише зовнішня циліндрична ступінь маточини заготовки ∅121h12 і лівий торець.

При такій схемі базування (див. рисунок 7.1) торцева поверхня виконує роль установочної бази, позбавляючи заготовку трьох ступенів свободи: одного поступального переміщення вздовж осі X та двох обертальних переміщень навколо осей Y та Z (при горизонтальному розташуванні осі заготовки та осі X). Зовнішня циліндрична поверхня маточини виконує роль подвійної опорної бази, позбавляючи заготовки ще двох ступенів свободи: двох поступальних переміщень вздовж осей Y і Z. Таким чином, за такої схеми базування заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи. Вакантним залишається обертання заготовки навколо осі X.

Враховуючи, що під час оброблення заготовки на даній операції найбільш навантажені режими різання здійснюються при проточуванні зовнішньої поверхні фланця з максимальним діаметром 232h12, то подальші силові розрахунки пристрою здійснюємо для умов оброблення на зазначеному переході.

Сила різання під час обробки зазначеної поверхні за попередніми розрахунками не перевищує у P_z = 600 Н.

З урахуванням прийнятої величини сили різання P_z визначимо силу закріплення заготовки $P_з$.

Момент тертя від сил затиску повинен забезпечувати закріплення заготовки, перевищуючи момент різання (див. рисунок 7.2), тобто:

$$M_{тр} \geq M_{різ}, \qquad (7.1)$$

або

$$M_{тр} = K_{зап} \cdot M_{рез}, \qquad (7.2)$$

де $M_{тр}$ – момент тертя, що визначається силами закріплення;

$M_{різ}$ – момент різання від сил різання;

$K_{зап}$ – коефіцієнт запасу.

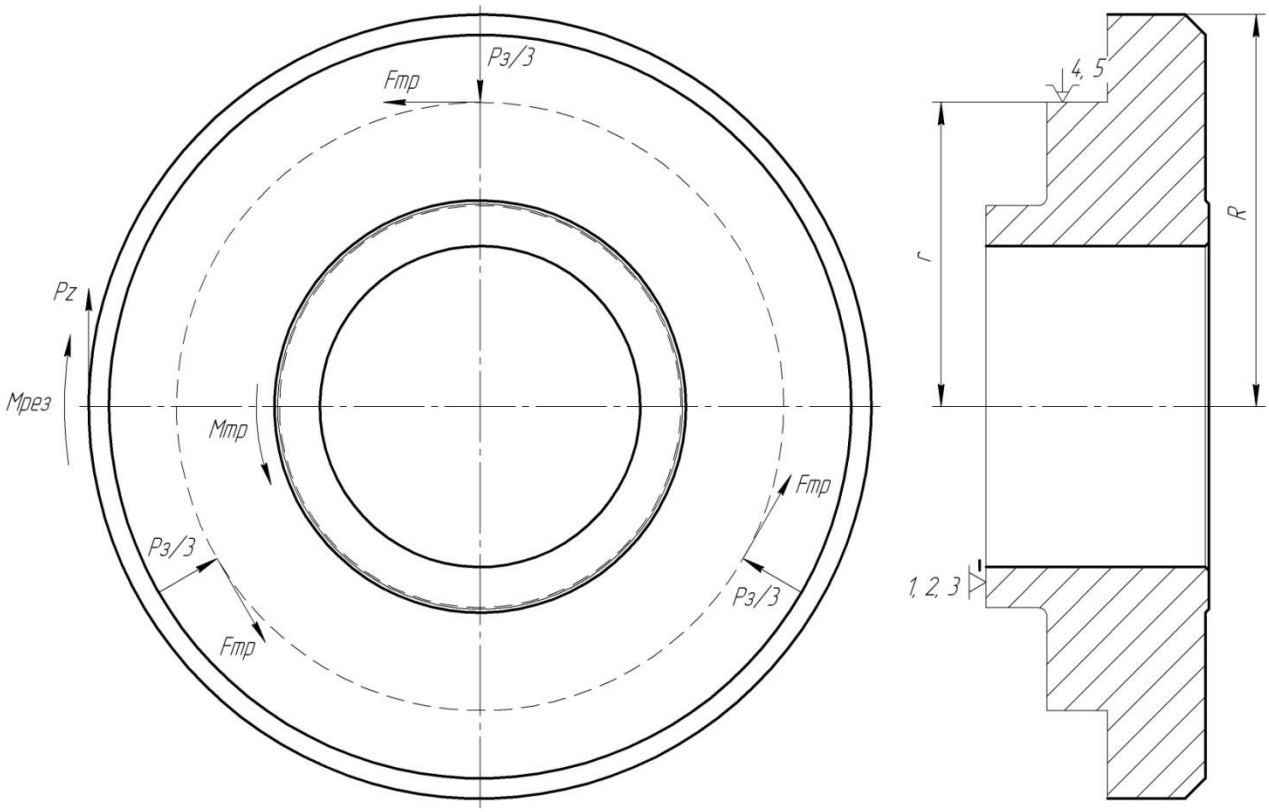

Рисунок 7.2 – Схема дії сил закріплення й різання на заготовку

Момент тертя визначається з умови:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r, \tag{7.3}$$

де $F_{тр}$ – сила тертя;

$$F_{тр} = P_з \cdot f; \tag{7.4}$$

$$M_{тр} = P \cdot f \cdot r; \tag{7.5}$$

де P – сила закріплення;

r – радіус прикладення сили закріплення;

f – коефіцієнт тертя;

З іншого боку момент різання становить:

$$M_{різ} = P_z \cdot R, \tag{7.6}$$

де P_z – сила різання при точінні;

R – максимальний радіус прикладення сили різання.

Виходячи з цього, визначаємо рівняння для розрахунку сили закріплення:

$$P_з = \frac{K_{зап} \cdot P_z \cdot R}{r \cdot f}. \tag{7.7}$$

Коефіцієнт запасу визначимо за формулою [6]:

$$K_{зап} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \tag{7.8}$$

де $K_0 = 1{,}5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при чистовому точінні;

$K_2 = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує зміни припуску на оброблення;

$K_3 = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує переривчасті умови різання;

$K_4 = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує вид приводу;

$K_5 = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує зручність обслуговування приводу;

$K_6 = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку на опорах.

В результаті маємо:

$$K_{зап} = 1{,}5 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 1{,}5.$$

Беремо $K_{зап}$ = 2,5.

Беремо величини радіусів: R = 116 мм, r = 91 мм, див. рисунок 7.1, коефіцієнт тертя: f = 0,12 [4].

В результаті маємо

$$P_з = \frac{2{,}5 \cdot 600 \cdot 116}{91 \cdot 0{,}12} = 15934 \text{ Н}.$$

Тепер визначимо зусилля на штоку пневмоприводу патрона з урахуванням кута нахилу $\alpha = 15°$ напрямних клинової муфти:

$$Q = P_з \cdot tg\alpha. \qquad (7.9)$$

В резхультаті маємо

$$Q = 15934 \cdot \text{tg}15° \approx 4270 \text{ Н}.$$

В такому разі діаметр пневмокамери приводу патрона буде визначатися за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \qquad (7.10)$$

де D – діаметр пневмокамери, см;

d – діаметр штоку пневмокамери, см; беремо d = 3,2 см;

p – тиск повітря в пневмосистемі, кгс/см^2, p = 4 кгс/см^2;

η – коефіцієнт корисної дії пневмопривода, η = 0,7;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 427}{\pi \cdot 4 \cdot 0,7} + 3,2^2} \approx 14,3 \text{ см.}$$

Беремо найближчу велику стандартну пневмокамеру з діаметром 160 мм [6].

В результаті отримаємо вихідне зусилля на штоку пневмокамери:

$$Q = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \qquad (7.11)$$

$$Q = \frac{3,14}{4}(16^2 - 3,2^2) \cdot 4 \cdot 0,7 \approx 540,5 \text{ кгс} = 5405 \text{ Н.}$$

Тепер визначимо припустиму похибку виготовлення пристрою.

При чистовому точінні циліндричних поверхонь заготовки до розрахункових параметрів, які більшою мірою вплинуть на досягнення заданих допусків поверхонь деталі, потрібно віднести радіальне биття посадкових поверхонь кулачків патрона. Зазначена похибка може призвести до підвищеного радіального биття оброблюваних циліндричних поверхонь «диска розвантажувального», саме її слід обумовити в технічних вимогах, які пред'являються щодо точності виготовлення окремих елементів проєктованого патрона.

На кресленні «диска розвантажувального» зазначено радіальне биття оброблюваного циліндричного ступеня фланця діаметром 232h11 з допуском 0,1 мм.

Тоді допустиму похибку пристосування визначимо за формулою [6]:

$$E_{пр}\uparrow = T\uparrow - K\sqrt{(K_1 \cdot E_б)^2 + E_з^2 + E_у^2 + E_{зн}^2 + E_п^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \qquad (7.12)$$

де K = 1,2 – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального закону розподілення величин окремих складових рівняння;

$K_1 = 0{,}8$ – для випадків, коли похибка базування $E_б \neq 0$;

$E_б$ – похибка базування, в нашому випадку при базуванні в самоцентрувальному патроні, вісь останнього суміщається з віссю заготовки, як результат, беремо $E_б = 0$;

$E_з$ – похибка закріплення, в нашому випадку напрям сили закріплення не впливає на параметр, що витримується, і, значить, $E_з = 0$;

$E_у$ – похибка установлення патрона на шпинделі верстата; беремо $E_у = 10$ мкм;

$E_{зн}$ – похибка від зносу настановних елементів пристосування; беремо $E_{зн} = 10$ мкм;

$E_п$ – похибка установки та прекосу інструменту на верстаті; беремо $E_п = 10$ мкм;

$K_2 = 0{,}6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки оброблення поверхні заготовки;

$\omega = 60$ мкм – середня економічна точність чистового токарного оброблення [4].

В результаті маємо

$$E_{пр\uparrow} = 100 - 1{,}2\sqrt{0+0+10^2+10^2+10^2+(0{,}6\cdot 60)^2} = 52 \text{ мкм}.$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо допуск на радіальне биття посадкових поверхонь кулачків патрона рівним 0,05 мм. Це значення ми наведемо в технічних вимогах на спроєктований патрон.

Опис будови та принципу дії пристрою.

Спроєктований патрон являє собою корпус 4, до якого за допомогою шести гвинтів 25 кріпиться приєднувальний фланець 15, що має внутрішню конічну посадкову поверхню ∅139,719 з кутом 7°7`30`` для установлення й фіксації за допомогою шести гвинтів 24 щодо шпинделя токарного верстата.

Усередині корпусу 4 в трьох радіальних пазах розміщені три основних кулачки 5, до торцевих пазів яких, у свою чергу, за допомогою трьох спеціальних притискачів 8 і ексцентриків 7 закріплюються три змінних кулачка 6 (по одному змінному кулачку на кожен основний кулачок). З іншого боку основні кулачки 5 по похилим напрямним входять в пази клинової муфти 17, яка за допомогою приєднувального фланця 16 і трьох гвинтів 23 з'єднана зі штоком 11. Останній по різьбленню М64×4-6g з'єднаний зі штоком пневмокамери верстата. Для компенсації впливу відцентрових сил на силу затиску при високій частоті обертання шпинделя верстата конструкції патрона передбачено наявність трьох контрвантажів 3 (по одному на кожен кулачок), з'єднаних важелями 9 з основними кулачками 5. У правій центральній частині корпусу 4 патрона за допомогою трьох гвинтів 22 закріплений опорний фланець 14, до якого, у свою чергу, за допомогою трьох гвинтів 21 приєднаний упор 12.

Пристрій працює в такий спосіб. Спочатку вручну налаштовується «розміщення» змінних кулачків 6 щодо основних кулачків 5 на необхідний діаметр закріплюваної заготовки. Потім оброблювана заготовка в осьовому напрямку притискається до упору 12 корпусу 4. Після подачі повітря в праву порожнину пневмокамери верстата, шток останньої з штоком 11 і клиновою муфтою 17 переміщуються вліво, зміщуючи по похилих пазах муфти 17 до центру корпусу 4 три основних кулачки 5 з трьома змінними кулачками 6, що і призводить до закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається у зворотній послідовності після подачі повітря ліву порожнину пневмокамери верстата.

ВИСНОВКИ

Згідно з завданням на проєктування в роботі виконано:

1. Аналіз службового призначення виробу.
2. Аналіз технічних вимог на виготовлення виробу.
3. Визначено тип виробництва (дрібносерійний) та форму організації робіт (групову).
4. Аналіз технологічності конструкції виробу.
5. Обґрунтовано вибір способу одержання заготовки – поковки вільним куванням на молотах.
6. Обґрунтовано вибір схем базування заготовки на довбальній та комплексній операціях. Для зазначених операцій обґрунтовано вибір верстатного обладнання та оснастки, визначені раціональні режими різання та технічні норми часу.
7. Спроєктовано верстатний пристрій для установки заготовки.
8. В додатку Г цієї роботи розглянуто питання охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Технологія машинобудування : навч. посіб. / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. – Львів : Новий Світ-2000, 2012. – 358 с.
2. **Горбацевич А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотип. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М. : Альянс, 2007. – 256 с.
3. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовляемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М. : ИПК Из-во стандартов, 1998. – 28 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т.1 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
5. **Кузнецов Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Б. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т.2 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на унив. и многоцел. станках с ЧПУ. Ч. 2 : Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 465 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на унив. и многоцел. станках с ЧПУ. Ч. 1 : Нормативы времени. – М. : Экономика, 1990. – 206 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.