

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему
**«Підвищення продуктивності та якості виготовлення
деталі «Втулка» в умовах серійного виробництва»
«Increasing productivity and manufacturing quality
of the "Sleeve" part in serial production conditions»**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ПМ(ОТ)-20
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Лагода О. М.

Керівник проекту
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

Рецензент
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: механіко-технологічний

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк»

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

9 квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Лагоді Олександрю Миколайовичу

1. Тема роботи: «Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Втулка» в умовах серійного виробництва»

2. Керівник роботи: Свяцький Володимир Вячеславович

3. Строк подання роботи до захисту: 20 червня 2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Мета: розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка».

Завдання: обґрунтувати актуальність теми та напрямок розрахунків; провести аналіз технологічності конструкції деталі, аналіз міцності деталі, спроектувати технологічний процес виготовлення деталі, підібрати засоби технологічного оснащення, вимірювальні інструменти, дати рекомендації щодо верстатів зі ЧПУ.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури	19.04.2024 р.	
2	Аналіз технологічності конструкції деталі	25.04.2024 р.	
3	Проектування технологічного процесу виготовлення деталі, вибір засобів технологічного оснащення, вимірювальних інструментів	25.05.2024 р.	
4	Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівникові	01.06.2024 р.	
5	Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту	10.06.2024 р.	
6	Перевірка роботи на плагіат	14.06.2023 р.	
7	Зовнішнє рецензування роботи	15.06.2024 р.	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	20.06.2024 р.	

Дата видачі завдання
9 квітня 2024 р.

Підпис керівника
_____ Свяцький В. В.

Завдання прийнято до виконання
9 квітня 2024 р.

Підпис здобувача
_____ Лагода О. М.

АНОТАЦІЯ

Лагода О. М. Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Втулка» в умовах серійного виробництва. Кваліфікаційна робота для освітнього рівня «бакалавр», спеціальність 131 «Прикладна механіка», ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк»: Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Матеріали презентації – 4 слайда.

Об'єктом дослідження є деталь типу «Втулка». Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка». У результаті розробки був проведений аналіз технологічності конструкції деталі, аналіз міцності деталі, спроектований технологічний процес виготовлення деталі, підібрані засоби технологічного оснащення, вимірювальні інструменти, дано рекомендації щодо керуючих програм для верстатів зі ЧПУ.

втулка, технологічний процес, інструмент, технологічна підготовка, верстат, ЧПУ, режими різання

ANNOTATION

Oleksandr LAHODA. Increasing productivity and manufacturing quality of the "Sleeve" part in serial production conditions. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 "Applied mechanics", OPP "Computer engineering technology, robotics and 3D printing": Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

Presentation materials - 4 slides.

The object of the study is the "sleeve" part. The purpose of the work is to develop a technological process of manufacturing the workpiece. As a result of the development, the analysis of the manufacturability of the structure of the workpiece, the analysis of the strength of the workpiece, the technological process of manufacturing the workpiece, the selected tools of technological equipment, measuring tools were selected, recommendations for control programs for machines from CNC were given.

sleeve, technological process, tool, technological training, machine, CNC, cutting modes

Зміст

Вступ	5
1 Аналіз технологічності конструкції деталі	5
2 Спосіб одержання заготовки	6
3 Проектування технологічного маршруту	7
4 Призначення допусків на технологічні розміри	8
5 Розрахунки припусків на обробку	10
6 Проектування технологічних операцій	13
7 Вибір засобів технологічного оснащення	18
8 Вибір і розрахунки режимів різання	23
9 Конструювання пристосування	28
10 Рекомендації щодо розробки керуючих програм для верстатів зі ЧПУ	29
11 Вибір гнучкої виробничої системи (ГВС)	29
Висновок	31
Перелік літератури	32
Додатки	33

Вступ

Машинобудування – галузь промисловості, яка займається виробництвом машин, верстатів, устаткування, приладів. Машинобудування посідає перше місце з виробництва продукції серед усіх галузей світової промисловості.

Виробництво будь-якої машини складається із трьох стадій: заготовки деталей, їх обробки на верстатах і складання.

Машинобудівна промисловість є провідною галуззю господарства, яка визначає подальше прискорення і розвиток науково-технічного процесу в інших галузях. Основними завданнями машинобудування є безперервне підвищення якості машин і устаткування, удосконалювання та зростання продуктивності праці на підприємствах. Виконанню цих завдань сприяють організація роботи на основі сучасних засобів виробництва, впровадження передових технологій і прогресивного технологічного оснащення.

1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Корпусні деталі машин являють собою базові деталі, на які встановлюють різні складальні одиниці, що приєднуються деталі й, точність щодо положення, яких повинна забезпечуватися як у статиці, так і в процесі роботи машин під навантаженням.

Конструктивне виконання корпусних деталей, застосовуваний матеріал і необхідні параметри точності визначають виходячи зі службового призначення деталей, вимог до роботи механізмів і умов їх експлуатації. При цьому враховують також технологічні фактори, пов'язані з можливістю одержання необхідної конфігурації заготовки, можливостями механічної обробки, зручності складання.

Деталь типу «втулка» може бути оброблена як на універсальному устаткуванні, так і на верстатах зі ЧПУ. Внутрішніми елементами деталі є наскрізний отвір $\varnothing 11H10$ мм, дві циліндричні поверхні високої точності

Ø13H7 мм Ra 0,8 мкм. Їхню обробку доцільно виконувати на токарському верстаті (свердління і розточування) та координатно-розточувальному верстаті (з наступним шліфуванням) відповідно. Обробку зовнішніх циліндричних поверхонь (найбільш точний розмір Ø16js7 мм) раціонально здійснювати на токарському верстаті зі ЧПУ. На деталі присутні поверхні із шорсткістю Ra 0,80 і Ra 1,25. Їхню обробку доцільно проводити в останню чергу.

Заготовка має масу приблизно 18 г.

При обробці застосовуються: розтискна цанга; трикулачковий патрон. Технологічними базами є циліндричні і торцеві поверхні заготовки.

Дана деталь виготовлено зі сталі 20, подальший захист від корозії здійснюється за допомогою покриття товщиною 5-8 мкм.

Матеріал – сталь 20 ГОСТ 1050-88.

У такий спосіб найбільш технологічними аспектами при виготовленні деталі «Втулка» є: можливість вільного підведення інструмента; погодженість матеріалу деталі і вимог якості поверхневого шару; погодженість вимог точності розмірів і шорсткості поверхонь елементів деталі; невелика необхідна кількість переустановок.

Не технологічними є таке: необхідність одержання розмірів високої степені точності; необхідність одержання шліфованих поверхонь із дотриманням співвісності; необхідність застосування додаткового оснащення для витримування співвісності.

2 Спосіб одержання заготовки

Від вибору заготовки залежить побудова всього технологічного процесу виготовлення деталі. Першим критерієм при виборі заготовки є матеріал, з якого виготовляється деталь. Другим критерієм є габаритні розміри, а також складність одержуваної деталі. Правильний вибір заготовки впливає на трудомісткість і собівартість кінцевого виробу.

Спосіб одержання заготовки визначимо виходячи із креслення деталі, аналізу її службового призначення і технічних вимог щодо даної деталі, програми випуску, величини серії, типу виробництва. Аналізуючи креслення, відзначимо що деталь виготовлена зі сталі, звідси заготовку можна одержати штампуванням.

3 Проектування технологічного маршруту

Завданням проектування технологічного маршруту є складання загального плану обробки деталі. Основним при розробці процесу механічної обробки є питання про правильне базування заготовки і її закріпленні на верстаті, від цих факторів більшою мірою залежить точність її обробки.

У такий спосіб технологічний маршрут буде виглядати в такий спосіб:

1. Заготівельна
2. Токарська
3. Токарська зі ЧПУ
4. Координатно- розточувальна
5. Фрезерна зі ЧПУ
6. Слюсарна
7. Контрольна
8. Внутрішншліфувальна
9. Круглошлифовальная
10. Слюсарна
11. Гальванічна
12. Промивна
13. Контрольна по кресленню
14. Консервація

4 Призначення допусків на технологічні розміри

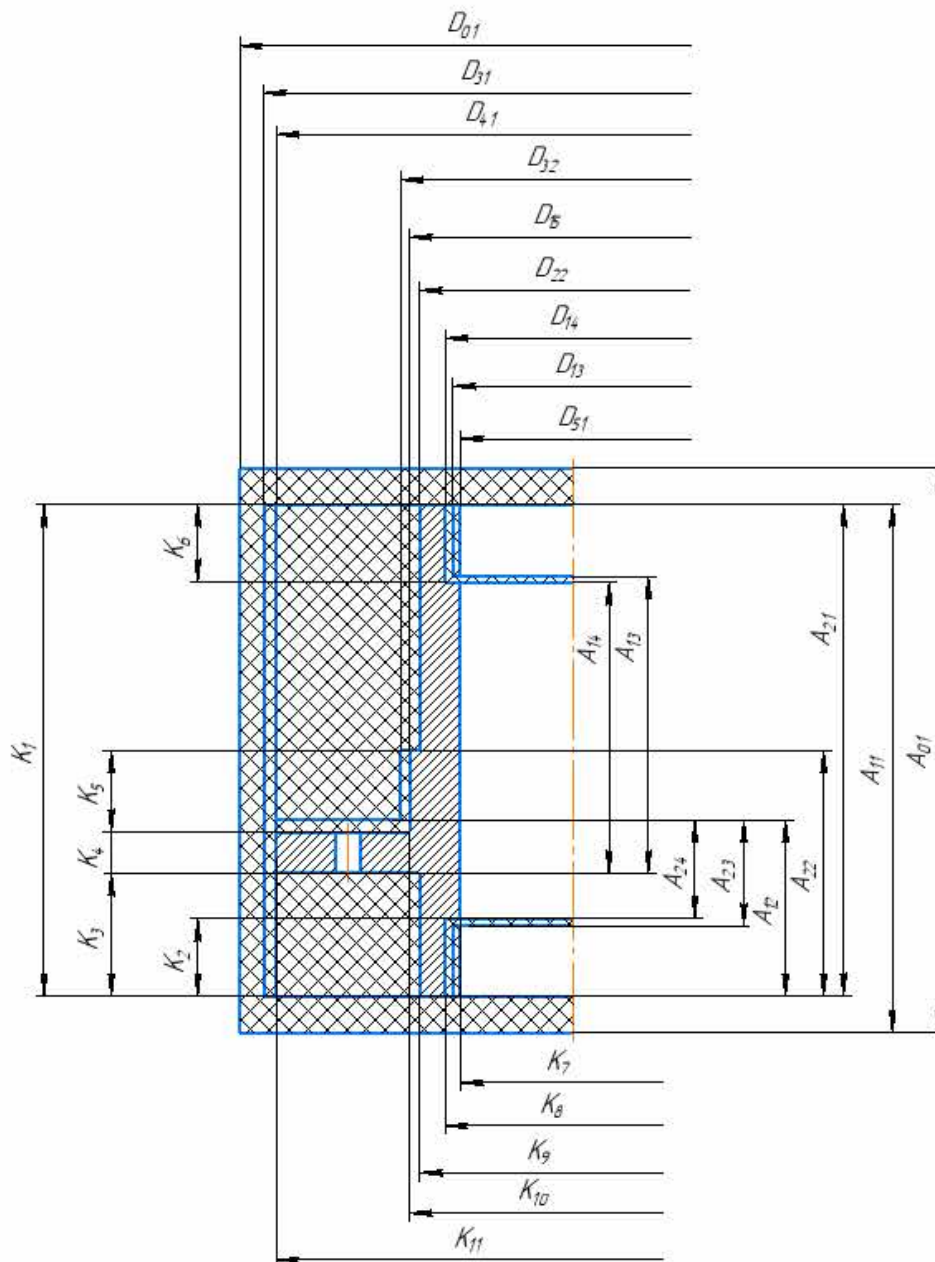


Рисунок 1 – Розмірна схема виготовлення деталі

Технологічними розмірами є: A_{01} ; A_{11} ; A_{22} ; A_{12} ; A_{23} ; A_{24} ; A_{14} ; A_{13} ; D_{13} ; D_{01} ; D_{31} ; D_{12} ; D_{32} . Інші розміри збігаються з конструкторськими. Допуск на технологічний розмір призначається виходячи з погрешностей форм (ρ_0) отриманих на попередніх операціях і статистичної погрешності верстата (ω_c):

$$TA = \omega_c + \rho_o$$

$$TA_{01} = \omega_c + \rho_o = 80 + 500 = 580 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 600 мкм, 28-0,6

$$TA_{11} = \omega_c + \rho_o = 80 + 100 = 180 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 210 мкм, згідно із загальним квалітетом, 26-0,21

$$TA_{22} = \omega_c + \rho_o = 10 + 50 = 60 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 180 мкм, згідно із загальним квалітетом, 12±0,09

$$TA_{12} = \omega_c + \rho_o = 10 + 50 = 60 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 160 мкм, згідно із загальним квалітетом, 8±0,08

$$TA_{23} = \omega_c = 5 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 120 мкм, згідно із загальним квалітетом, 4,4±0,06

$$TA_{13} = \omega_c = 5 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 180 мкм, згідно із загальним квалітетом, 14,2±0,09

$$TA_{24} = \omega_c = 10 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 120 мкм, згідно із загальним квалітетом, 4,2±0,06

$$TA_{14} = \omega_c = 10 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 180 мкм, згідно із загальним квалітетом, 14±0,09

$$TD_{01} = \omega_c + \rho_o = 80 + 500 = 580 \text{ мкм}$$

Допуск 1100 мкм, $\phi 33^{+0,4}_{-0,7}$

$$TD_{31} = \omega_c + \rho_o = 80 + 100 = 180 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 210 мкм, згідно із загальним квалітетом, $\phi 30-0,21$

$$TD_{12} = \omega_c = 10 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 50 мкм, згідно із квалітетом h9, $\phi 16,4-0,05$

$$TD_{32}=\omega_c=10 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 20 мкм, згідно із квалітетом h7 $\phi 16,2\pm 0,01$

$$TD_{13}=\omega_c=5 \text{ мкм}$$

Призначаємо допуск 10 мкм, згідно із квалітетом h7 $\phi 12,5^{+0,01}$

5 Розрахунки припусків на обробку

При обробці тіл обертання і припущенні, що напрямку векторів усіх погрішностей збігаються (для гарантованого усунення погрішностей і дефектів), підсумовування складових найменшого припуску проводиться арифметично:

$$2Z_{\min i}=2\cdot(Rz_{i-1}+T_{\text{деф } i-1}+r_{i-1}+\varepsilon_i),$$

де Rz_{i-1} – шорсткість, отримана на попередньому, $i-1$ переході, мкм; $T_{\text{деф } i-1}$ – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм; r_{i-1} – сума погрішностей форми і розташування поверхонь заготовки, мкм; ε_i – погрішність закріплення заготовки на даному переході.

Здійснимо розрахунок мінімального припуску на механічну обробку найбільшого зовнішнього розміру $\phi 29-0,21$.

Шорсткість поверхні $\sqrt{ra3,2}$, допуск на розмір $\delta_{\text{дет}} = 0,21$ мм.

Шорсткість поверхні заготовки $\sqrt{rz40}$, допуск на діаметр заготовки $\delta_{\text{заг}} = 1,1$ мм = 1100 мкм.

Чорнова обробка: $2Z_{\min}=2(40+150+500+50)=2\cdot 740=1480$; чистова обробка: $2Z_{\min}=2(25+50+80+50)=2\cdot 205=410$;

Графи «Граничний розмір» заповнюємо, починаючи з кінцевого (конструкторського) розміру шляхом додатка розрахункового мінімального припуску ($2Z_{\min}$) до граничного максимального розміру (d_{\max}):

токарська (чорнова):

$$d_{\min} = 29 + 0,41 = 29,41 \text{ мм};$$

Для отриманого розміру в таблиці допусків визначаємо допуск на розглянуту обробку (у цьому випадку $h_{12} T_d = 210 \text{ мкм}$), для розглянутої операції визначимо значення розрахункового максимального технологічного розміру:

$$d_{\max} = d_{\min} + T_d = 29,41 + 0,21 = 29,62 \text{ мм}.$$

Щодо отриманого розрахункового максимального технологічного розміру d_{\max} визначимо прийнятий технологічний розмір. Тому що розмір $29,62 - 0,21$ у якості номінального розміру брати незручно, округляємо його до десятих міліметра в більшу сторону, тобто ухвалюємо для чорнової операції виконавчий технологічний розмір рівний $30 - 0,21$ мм, подальші розрахунки будемо робити щодо даного розміру:

заготівельна:

$$d_{\min} = 30 + 1,48 = 31,48 \text{ мм};$$

$$T_{d_{\text{черн}}} = 210 \text{ мкм}; \quad d_{\max} = d_{\min} + T_{d_{\text{черн}}} = 31,48 + 0,21 = 31,69 \text{ мм};$$

Прийmemo розмір заготовки $\varnothing 33 - 0,7^{+0,4}$ мм (з урахуванням допуску на пруток).

Отримані результати зведемо в таблицю 1.

Подальший розрахунки припусків проводиться аналогічно попередньому розміру і зводимо в таблиці 2 та таблицю 3.

Таблиця 1 – розрахунки припусків на обробку $\varnothing 29-0,21$ мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Складові мінімального припуску на обробку, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск, $2Z_{min}$, мкм	Прийняттий технологічно і розмір, мм	Допуск T_d , мкм	Розмір, мм	
	Rz	$T_{деф}$	ρ	ϵ				dmin	dmax
Зовнішня поверхня $\varnothing 29-0,21$									
0.заготівельна						$33-0,7^{+0,4}$	1100	31,48	31,69
1.токарська (чорнова)	40	150	500	50	1480	30h12	210	29,41	29,62
2.токарська (напівчистова)	25	50	80	50	410	29h12	210	28,79	29

Таблиця 2 – розрахунки мінімальних припусків на обробку $\varnothing 16 \pm 0,01$ мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Складові мінімального припуску на обробку, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск, $2Z_{min}$, мкм	Прийняттий технологічно і розмір, мм	Допуск T_d , мкм	Граничний розмір, мм	
	Rz	$T_{деф}$	ρ	ϵ				dmin	dmax
Зовнішня поверхня $\varnothing 16 \pm 0,01$									
0.заготівельна						$33-0,7^{+0,4}$	1100	31,48	31,69
1.токарська чорнова	40	150	500	50	1480	30h12	210	29,41	29,62
2.токарська напівчистова	25	50	80	50	410	29h12	210	28,79	29

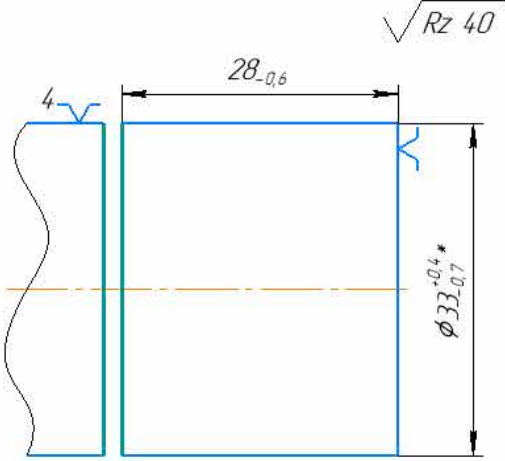
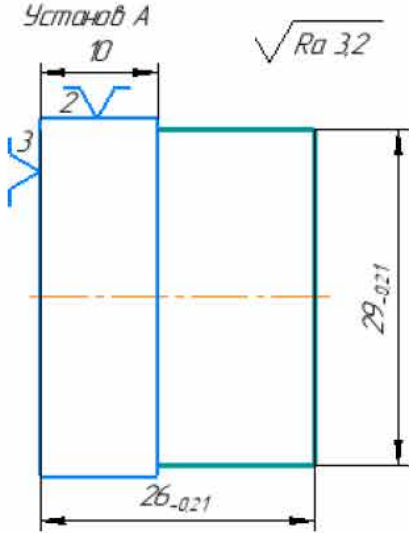
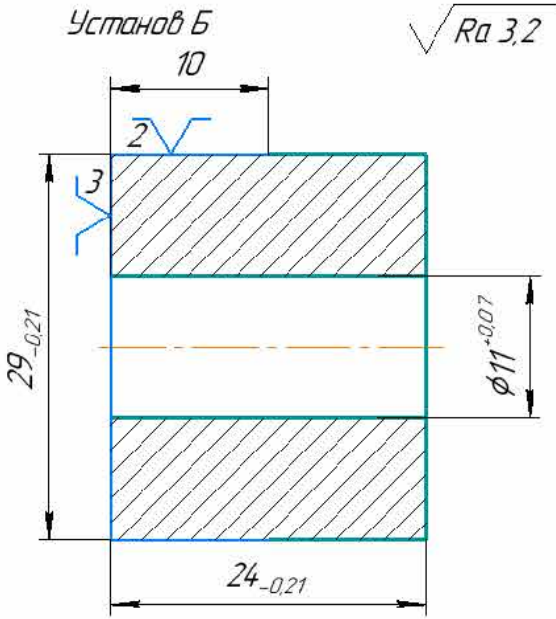
3.токарська напівчистова	25	30	45	50	300	29h12	210	16,7	16,8
4.токарська чистова	25	30	45	50	300	16,4h12	100	16,232	16,277
5.тонке гостріння	3	10	3	0	32	16,2h9	45	16,025	16,07
6.шлифування	1	10	1	0	24	16js7	20	15,99	16,01

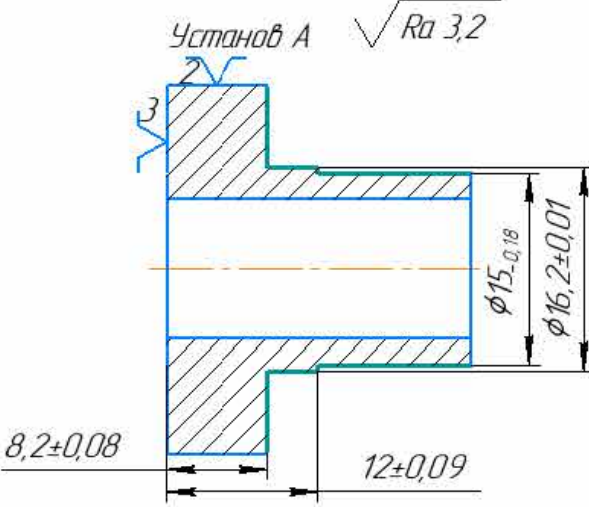
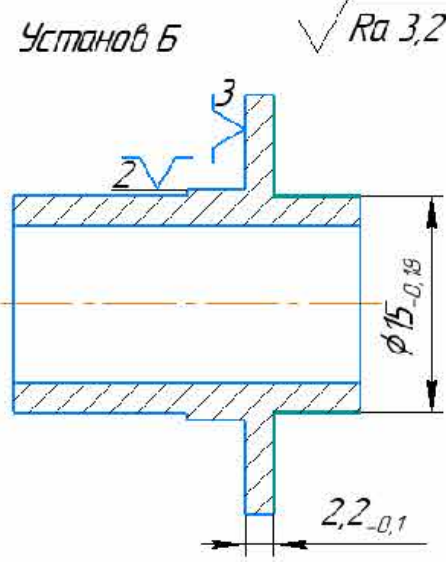
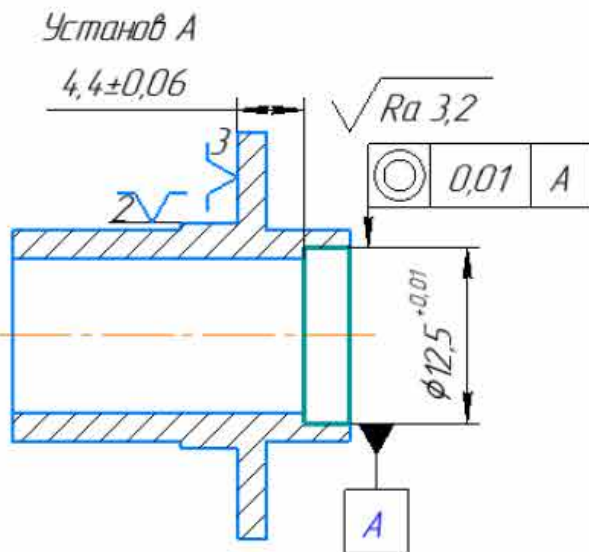
Таблиця 3 – розрахунки мінімальних припусків на обробку $\varnothing 13^{+0,01}$ мм

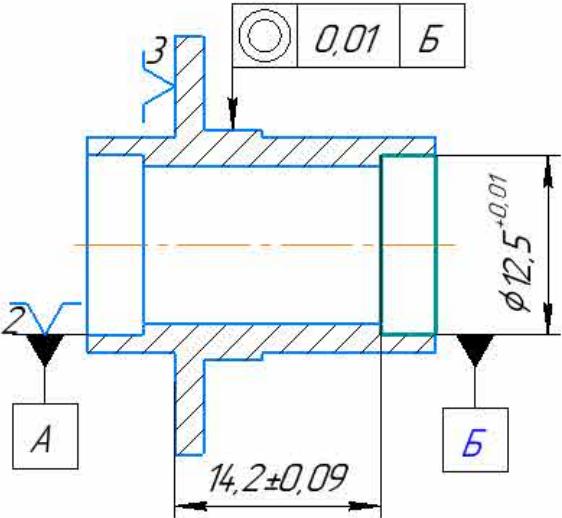
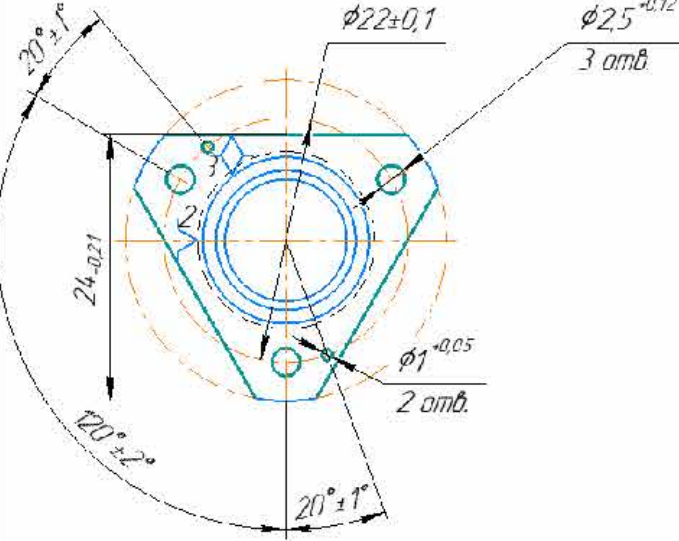
Технологічні переходи обробки поверхні	Складові мінімального припуску на обробку, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск, $2Z_{min}$, мкм	Прийнятій технологічно і розмір, мм	Допуск T_d , мкм	Граничний розмір, мм	
	Rz	$T_{деф}$	ρ	ϵ				Dmin	Dmax
Внутрішня поверхня $\varnothing 13^{+0,01}$									
1.свердління						10H12	130	10,4	10,53
2. токарська тонка	40	45	50	100	470	11H10	100	12,16	12,26
3.координатна	40	50	30	0	240	12,5H7	10	12,958	12,968
4.внутрішньо шлифувальна	3	10	3	0	32	13H7	10	13	13,01

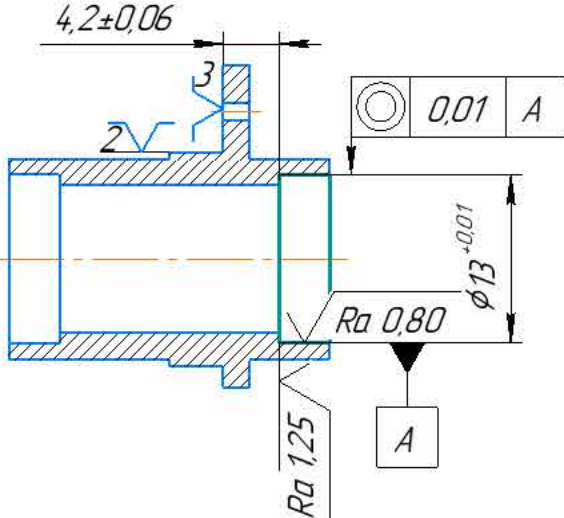
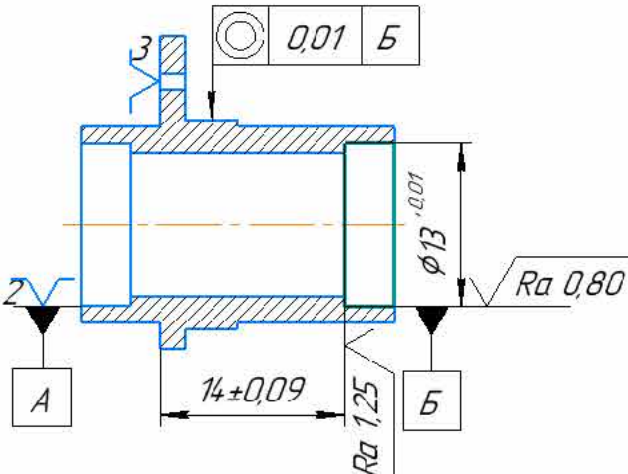
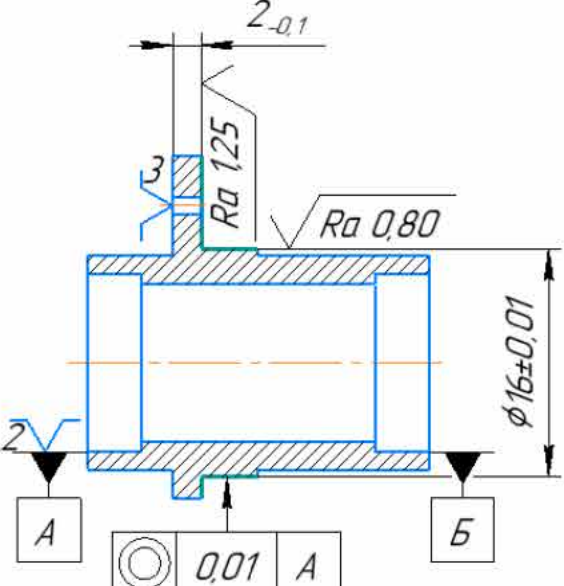
6 Проектування технологічних операцій

Проектування технологічних операцій проводиться за допомогою використання матеріалів методичного, довідкового змісту і знань, отриманих у процесі навчання, з метою оптимізації процесу одержання деталі заданої конфігурації.

 <p>Technical drawing of a cylindrical part. The diameter is $\phi 33^{+0,4}_{-0,7}$ mm. The length is $28_{-0,6}$ mm. The surface roughness is $\sqrt{Rz\ 40}$. A chamfered edge with a radius of 4 mm is shown on the left side.</p>	<p>005 Заготівельна</p> <p>Встановити заготовку в призми.</p> <p>База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>Відрізати заготовку в розмір $28_{-0,6}$ мм</p>
 <p>Technical drawing of a cylindrical part. The diameter is $29_{-0,21}$ mm. The length is $26_{-0,21}$ mm. The surface roughness is $\sqrt{Ra\ 3,2}$. A chamfered edge with a radius of 2 mm is shown on the left side. The part is labeled "Установ А".</p>	<p>010 Токарська</p> <p>А. Установити заготовку в трикулачковий патрон.</p> <p>База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>Підрізати торець у розмір $26_{-0,21}$ мм</p> <p>Точити $\phi 29_{-0,21}$ у розмір 10 мм</p>
 <p>Technical drawing of a cylindrical part. The diameter is $\phi 29_{-0,21}$ mm. The length is $24_{-0,21}$ mm. The surface roughness is $\sqrt{Ra\ 3,2}$. A chamfered edge with a radius of 2 mm is shown on the left side. The part is labeled "Установ Б". The drawing shows a hatched section on the left and right sides.</p>	<p>Б. Переустановити заготовку в трикулачковий патрон.</p> <p>База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>Підрізати торець у розмір $24_{-0,21}$ мм.</p> <p>Точити $\phi 29_{-0,21}$ у розмір 10 мм</p> <p>Центрувати торець $\phi 2,5$ мм</p> <p>Свердлити наскрізний отвір $\phi 10^{+0,15}$ мм</p> <p>Розточити наскрізний отвір $\phi 11^{+0,07}$ мм</p>

 <p>Установ А $\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> <p>8,2±0,08</p> <p>12±0,09</p> <p>$\phi 15_{-0,18}$</p> <p>$\phi 16,2 \pm 0,01$</p>	<p>015 Токарська зі ЧПУ</p> <p>А. Установити заготовку в трикулачковий патрон. База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>1. Точити поверхню витримуючи розміри $\phi 16,2 \pm 0,01$; $\phi 15_{-0,18}$; $12 \pm 0,09$; $8,2 \pm 0,08$ мм.</p>
 <p>Установ Б $\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> <p>$\phi 15_{-0,18}$</p> <p>2,2_{-0,1}</p>	<p>Б. Переустановити в трикулачковий патрон. База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>2. Точити поверхню витримуючи розміри $\phi 15_{-0,18}$; $2,2_{-0,1}$ мм.</p>
 <p>Установ А</p> <p>4,4±0,06</p> <p>$\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> <p>$\phi 12,5_{+0,01}$</p> <p>0,01 A</p> <p>A</p>	<p>Координатно-розточувальна А.</p> <p>Установити заготовку в трикулачковий патрон. База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>Розточити отвір $\phi 12,5_{+0,01}$ мм у розмір $4,4 \pm 0,06$ мм</p>

<p>Установ Б $\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> 	<p>Б. Переустановити заготовку на розтискну цангу. База внутрішній діаметр і торець.</p> <p>2. Розточити отвір $\varnothing 12,5^{+0,01}$ мм у розмір $14,2\pm 0,09$ мм</p>
	<p>025 Фрезерна зі ЧПУ</p> <p>Встановити заготовку в трикулачковий патрон. База зовнішній діаметр і торець.</p> <p>Фрезерувати 3 лиски в розмір $24_{-0,21}$ мм.</p> <p>Центрувати три отвори $\varnothing 1,25$ мм.</p> <p>Центрувати два отвори $\varnothing 0,5$</p> <p>Свердлити три наскрізних отвори $\varnothing 2,5^{+0,1}$ мм.</p> <p>Свердлити два наскрізних отвори $\varnothing 1^{+0,05}$ мм.</p>
<p>030 Слюсарна Зняти заусенці</p>	
<p>035 Контрольна</p> <p>Контролювати розміри оброблених поверхонь, контролювати співвісність оброблених поверхонь, контролювати шерохватість оброблених поверхонь</p>	

<p><i>Установ А</i></p>  <p>4,2±0,06</p> <p>0,01 А</p> <p>Ra 0,80</p> <p>φ13^{+0,01}</p> <p>Ra 1,25</p> <p>А</p>	<p>040 Внутрішньошліфувальна</p> <p>А. Встановити заготовку в трикулачковий патрон. База зовнішній діаметр і торець. Шліфувати $\phi 13^{+0,01}$ мм у розмір $4,2\pm 0,06$ мм.</p>
<p><i>Установ Б</i></p>  <p>0,01 Б</p> <p>φ13^{+0,01}</p> <p>Ra 0,80</p> <p>Ra 1,25</p> <p>14±0,09</p> <p>А</p> <p>Б</p>	<p>Б. Переустановити заготовку на розтискну цангу. База внутрішній діаметр і торець.</p> <p>2. Шліфувати $\phi 13^{+0,01}$ мм у розмір $14\pm 0,09$ мм.</p>
 <p>2,01</p> <p>Ra 1,25</p> <p>Ra 0,80</p> <p>φ16±0,01</p> <p>0,01 А</p> <p>А</p> <p>Б</p>	<p>045 Круглошліфувальна</p> <p>Встановити заготовку в трикулачковий патрон. База внутрішній діаметр і торець. Шліфувати $\phi 16\pm 0,01$ мм витримуючи розмір $2-0,1$ мм</p>

050 Слюсарна
055 Гальванічна Хім. оксидування
060 Промивна Промити згідно ТТП 01279-00002
065 Контрольна по кресленню 1. Контролювати розміри оброблених поверхонь 2. Контролювати співвісність оброблених поверхонь 3. Контролювати шорсткість оброблених поверхонь
070 Консервація Консервувати згідно ТТП 01279-00002 Варіант 1

7 Вибір засобів технологічного оснащення

Засоби технологічного оснащення – це сукупність знарядь виробництва, необхідних для здійснення технологічного процесу. Робимо вибір засобів технологічного і контрольно-вимірювального оснащення, для матеріального забезпечення виробничої ділянки, і занесимо обрані засоби в таблиці 4 та 5.

Таблиця 4 – Засоби технологічного оснащення

Операція	Устаткування	Інструмент	Пристосування
Токарська	Верстат токарно-гвинторізний	Різець підрізний φ=45° 2102-0505 ГОСТ 18868-73 матеріал пластини: ВК8; Різець прохідний 2103-0023 ГОСТ 18879-73 матеріал пластини: ВК8; Свердел центрувальний тип А (2.5 мм; Р6М5) GRIFF a140017 Свердло спіральне з конічним хвостовиком (Р6М5): ГОСТ 10903-77 d10мм Різець розточувальний А08 H-SCLCR 06-R матеріал пластини: GC 4325	3х кулачковий патрон 7100-0002 ГОСТ 2675-80;

Координатно-розточувальна	Координатно-розточувальний верстат	Різець Розточувальної для КРС 7,0x45x100 dхв.18мм ВК8 для наскрізних отворів тип 1	3х кулачковий патрон 7100-0002 ГОСТ 2675-80; Розтискне цангове оправлення
Токарська зі ЧПУ	Токарський верстат зі ЧПУ	Різець прохідний СР-25ВR-2020-11 матеріал пластини: GC 4325	3-х кулачковий автоматичний патрон; Розтискне цангове оправлення
Слюсарна		Надфіль тригранний 160 мм ГОСТ 1513-77	
Фрезерна зі ЧПУ	Вертикальний ФС	Фреза циліндрична ГОСТ 29092-91 Т14 ДО6 d20 Свердло центрувальне ГОСТ 14034-74 d0,5 Свердло спіральне ГОСТ 4010-77 d1 Свердло центрувальне ГОСТ 14034-74 d1,25 Свердло спіральне ГОСТ 4010-77 d2,5	Вертикальний гідралічний трикулачковий патрон подвійного призначення KL160TQ-3 Цанговий патрон BT40-ER32-70 Патрон цанговий BT40-ER16-070 4 шт.; набір цанг 1-40 мм.
Внутрішньо-шліфувальна	Універсальний внутрішньо-шліфувальний верстат	Коло шліфувальне d10 ГОСТ 2424-83	Цанговий патрон МК2 / М10 / ER25 Розтискне цангове

			оправлення
Кругло-шліфувальна	Круглошліфувальний верстат	Коло шліфувальне d20 ГОСТ 2424-83	Цанговий патрон МК2 / М10 / ER25 Розтискне цангове оправлення
Промивна			Ванна промивна ВП-6.8.10/0,7-
Гальванічна			Ванни для хімічного оксидування
Консервація		Матеріали згідно ТТП 01279-00002, варіант 2.	

Таблиця 5 – Засоби контролю точності виготовлення деталі

Операція	Спосіб контролю	Вимірювальний прилад
Заготівельна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-I-0-125-0,1 ГОСТ166-89
Токарська	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-1-125 0,02 ГОСТ166-89; Зразки шорсткості 3,2 Р, Т, ТТ ГОСТ 9378-93
Координатно-розточувальна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-I-0-125-0,02 ГОСТ166-89; Калібр- пробка 12,5 h7 ПР- НЕ
Токарська ЧПУ	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-1-125 0,02 ГОСТ166-89; Зразки шорсткості 3,2 Т, ТТ ГОСТ 9378-93; Калібр-скоба 16,2 js7 ПР-НЕ ГОСТ 18360-93

Фрезерна ЧПУ	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-1-125 0,02 ГОСТ166-89; Зразки шорсткості 3,2 ФЦ ГОСТ 9378-93.
Внутрішньо- шліфувальна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-І-0-125-0,02 ГОСТ166-89
Круглошліфувальна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-І-0-125-0,02 ГОСТ166-89; Калібр-скоба 16 js7 ПР-НЕ ГОСТ 18360-93; Зразки шорсткості 0,8 ШЦ ГОСТ 9378-93
Контрольна	Інструментальний, візуальний	Штангенциркуль ШЦ-І-0-125-0,02 ГОСТ166-89; Калібр-скоба 16 js7 ПР-НЕ ГОСТ 18360-93; Калібр-пробка 13 h7 ПР-НЕ ГОСТ 14810-69; Зразки шорсткості 0,8 ШЦ ГОСТ 9378-93; Зразки шорсткості 3,2 Р,Т,ТТ,ФЦ ГОСТ 9378-93
Гальванічна	Візуальний	Контроль зовнішнього вигляду – за ГОСТ 9.302-88; Товщину покриття контролюють вихретоковим, гравіметричним і металографічним методами по ГОСТ 9.302-88

8 Вибір і розрахунки режимів різання

Швидкість різання v м/хв, при зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні і розточуванні розраховують по емпіричній формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

де: C_v коефіцієнт враховуючий матеріал заготовки і інструмента; T – стійкість інструмента (середнє значення стійкості 30-60 хв); t – глибина різання (мм); S – подача (мм/оберт); m , x , y – показники степенів; K_v є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки K_{mv} , стану поверхні K_{nv} матеріалу інструмента K_{iv} .

Швидкість різання, м/хв, при свердленні

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

Швидкість різання при фрезеруванні (окружна швидкість фрези, м/хв):

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v,$$

де: t – глибина різання; B – ширина фрезерування; S_z – подача на зуб (мм); z – кількість зубів.

Для розрахунків режимів різання необхідно вибрати різальний інструмент залежно від матеріалу з якого виготовлена деталь (сталь 20).

Розрахунки режимів різання виконуємо із зовнішнього поздовжнього точіння (чистового) при швидкості різання для сталі 20 120-170 м/хв.

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

Глибина різання при чистовому точіння (матеріал пластини BK8) 0,4-0,5 мм; $x=0,15$; $y=0,2$; $m=0,2$; $C_v=50$; для досягнення шорсткості Ra3,2 призначаємо подачу 0,11-0,18 мм/об.

$$v = \frac{C_v}{T^m \epsilon^x S^y} K_v = \frac{350 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} = \frac{315}{1,5} = 210 \text{ м/хв.}$$

Так як розрахункова швидкість різання вийшла більше табличної, збільшуємо стійкість інструмента, подачу:

$$v = \frac{C_v}{T^m \epsilon^x S^y} K_v = \frac{315}{200^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} = \frac{315}{1,9} = 166 \text{ м/хв.}$$

Розрахуємо кількість обертів при швидкості різання, що знайдена, використовуючи спрощену формулу для розрахунків режимів різання:

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \Rightarrow n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{166000}{3,14 \cdot 16} = 3304 \text{ об/хв.}$$

Розрахуємо швидкість різання для свердління отвору Ø10 мм на токарській операції.

Діаметр свердла – 10 мм, матеріал ріжучої частини – Р6М5, прийемо $C_v=9,8$; $S=0,96$; $q=0,4$; $y=0,5$; $m=0,2$; $T=70$; $K_v 0,85$, тому що глибина отвору менше $3D$, тоді:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{70^{0,2} \cdot 0,3^{0,5}} 0,9 = 40,25 \text{ м/хв.}$$

тоді кількість обертів буде жорівнювати:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{40250}{3,14 \cdot 10} = 1280 \text{ об/хв.}$$

Швидкість різання для фрезерування на фрезерній операції зі ЧПУ:

Прийемо Ø фрези 20 мм; матеріал ріжучої частини – Т14К6; кількість зубів – $z=5$; t – глибина різання = 2,5 мм; B – максимальна ширина фрезерування – 2,2 мм; $C_v=64,7$; $S=0,2$; $q=0,25$; $x=0,1$; $y=0,2$; $u=0,15$; $p=0$; $m=0,2$; $T=90$;

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m \epsilon^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{64,7 \cdot 20^{0,25} \cdot 1}{90^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,2^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 2^0} = 66,76 \text{ м/хв.}$$

тоді кількість обертів буде рівно:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{66760}{3,14 \cdot 20} = 1060 \text{ об/хв.}$$

Аналогічним методом проводимо розрахунки режимів різання для інших операцій і занесемо результати в таблицю 6.

Таблиця 6 – Значення режимів різання

Операція	Інструмент	Глибина t , мм	Подача S , мм/про	Швидкість різання V_c , м/хв	Кількість обертів п у хв, об/хв	Стійкість T , хв
Заготівельна	Стрічка 27 x 0,9 x 3300 ГОСТ 53924-2010 P6M5	-	35 мм/ хв	25	7,5	100
Токарська						
Підрізування торця	Різець підріз. 2102-0505 ГОСТ 18868-73 BK8	0,5	0,15	166	3300	50
Зовнішнє гостріння Ø29h12	Різець прохідний 2103-0023 ГОСТ 18879-73	0,5	0,15	166	3300	30
Свердління наскрізного отвору Ø10H11 мм	Свердло центрувальне тип А (4,5 мм; P6M5) GRIFF a140017	1,5	0,12	30	2000	80

	Свердло спіральне з конічним хвостовиком (P6M5): ГОСТ 10903-77 d10мм	25	0,05	40,25	1280	60
Розточування	Різець розточуваль- ний A08H- SCLCR 06-R матеріал пластини: GC 4325	0,25	0,06	105	2600	40
Координатно-розточувальна						
Розточування Ø12,5H7	Різець розточуваль- ний 7,0x45x100 dхв.18мм BK8 для наскрізних отворів тип 1 вик. 2 цільний ГОСТ 18062- 72	0,75-0,06	0,04	184	3000	30
Токарська з ЧПУ						
Зовнішнє точіння профілю	Різець прохідний CP-25BR- 2020-11	0,5-0,15	0,3	147	3800	30

Фрезерна зі ЧПУ						
Фрезерование лысок	Фреза циліндрична ГОСТ 29092-91 Т14 ДО6 D20	2,5	0,2	67	1060	80
Свердлення отворів	Свердел центрувальн ий ГОСТ 14034-74 D0,5	0,3	0,01	25	8000	70
	Свердел спіральний ГОСТ 4010- 77 D 1 мм	3	0,02	45	7000	50
	Свердел центрувальн ий ГОСТ 14034-74 D 1,25	0,5	0,02	48	7000	70
	Свердел спіральний ГОСТ 4010- 77 D 2,5 мм	3	0,02	59	5000	50
Внутрішньошліфувальна						
Шліфування отворів Ø13H7 Ra 0.80	Коло шліфувальн е d10 ГОСТ 2424- 83	30	30	0,01	0,4	

9 Конструювання пристосування

Для циліндричних поверхонь $\varnothing 16js7$ і $\varnothing 13h7$ мм необхідно витримати співвідношення $0,01$ мм. Дані поверхні обробляються на двох операціях. Для дотримання співвідношення на цих операціях буде використовуватися сконструйоване розтискне цангове оправлення (рис. 2). При обраній схемі базування заготовка базується по внутрішньому розточеному отвору і торцю. Закріплення оброблюваної деталі здійснюється за допомогою закручування гайки-конуса, яка штовхає цангу по конусу і створює необхідний для фіксації заготовки натяг. Для звільнення заготовки необхідно послабити гайку-конус. Дане пристосування встановлюється в отвір у шпинделі з конусом Морзе 6.

Діаметр цанги $\varnothing 12,5h8$ мм. Довжина цанги $15,5$ мм.

Довжина пристосування 201 мм.

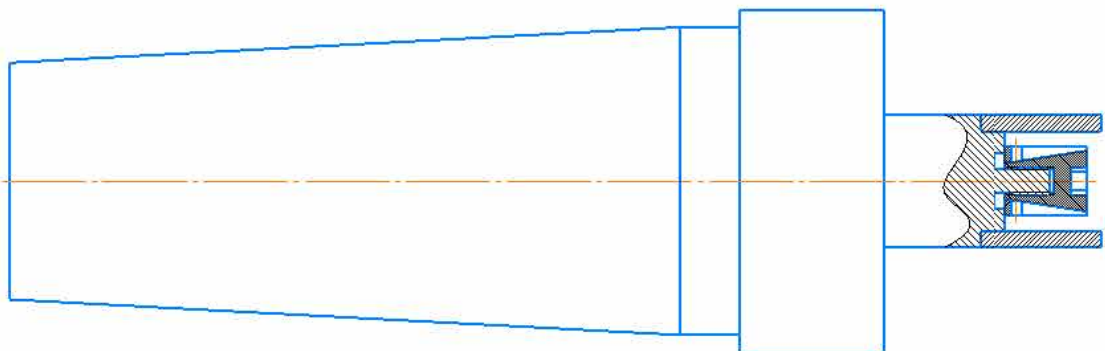


Рисунок 2 – Графічне зображення пристосування

Для розтискної цанги приймемо: кількість пелюсток цанги $z = 4$.

Кут конуса пелюстки цанги 16° .

Діаметр робочої поверхні цанги $d=12,5$ мм.

Товщина пелюстки цангової втулки в середньому перетині $h=1,75$ мм.

Довжина пелюстки робочої частини цангової втулки $l=15$ мм

Половина кута сектору пелюстки цанги 12° .

10 Рекомендації щодо розробки керуючих програм для верстатів зі ЧПУ

У даному проекті будуть використовуватися токарський верстат зі ЧПУ і вертикальний обробний центр. Керуючі програми для даних верстатів бажано розробити в програмі Featuresam. Процес розробки керуючої програми починається з побудови 3D-моделі деталі в CAD/CAM-системі (SOLIDWORKS). На основі 3D-моделі проектується керуюча програма і розробляється технологічний документ – карта налагодження верстата зі ЧПУ.

11 Вибір гнучкої виробничої системи (ГВС)

ГВС складається з одиниці технологічного устаткування, оснащеного ЧПУ і засобами автоматизації технологічного процесу. ГВС функціонує автономно, здійснюючи багаторазові цикли, і може вбудовуватися в ГВС більш високого рівня.

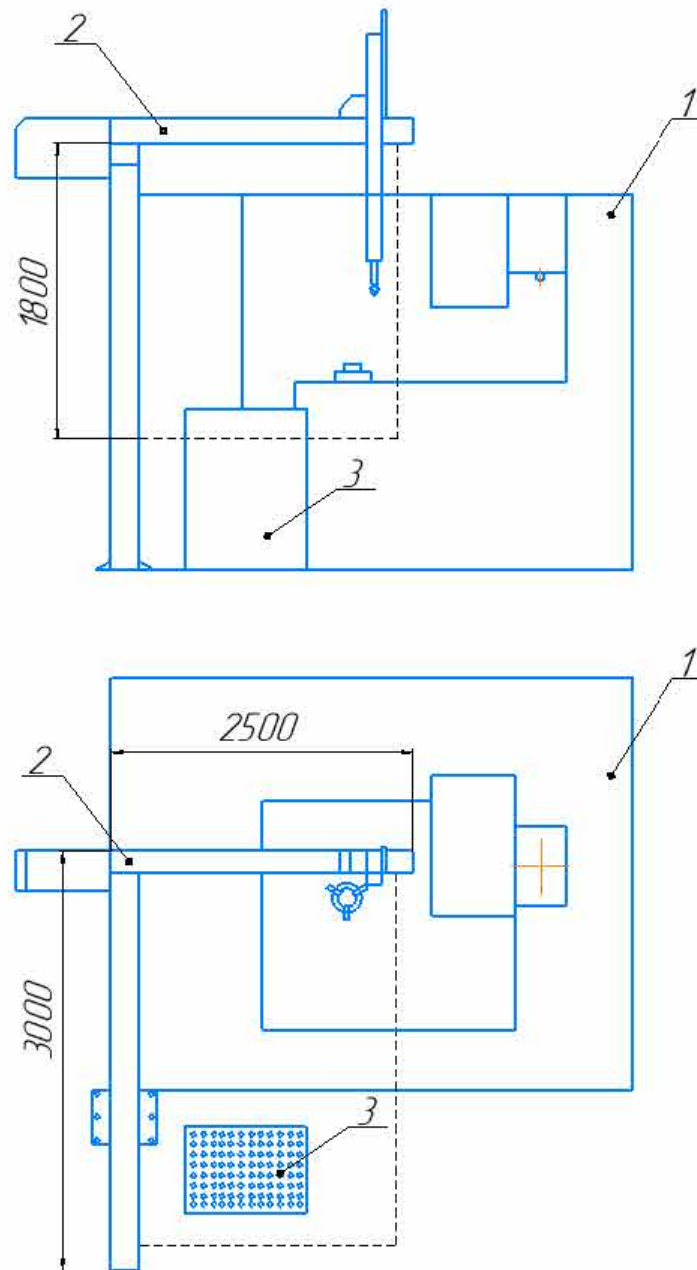
До складу ГВС входять: металорізальний верстат зі ЧПУ; транспортно-накопичувальна система; магазин інструментів і пристрої їх автоматичної зміни; пристрої автоматичного контролю розмірів різального інструменту; система контролю над станом процесу різання; механізм автоматичної зміни елементів затискних пристосувань.

У нашому випадку для автоматизації токарської ділянки, де відбувається обробка деталі типу «Втулка» проектуємо гнучкий виробничий модуль із використанням вертикального обробного центру і промислового робота. Роботи випускають серійно у вигляді типових моделей і індивідуально, виходячи з технічного завдання замовника. Вони можуть мати різні розміри, мають різний клас точності, різну швидкість пересування, різну вантажопідйомністю і можуть мати 3, 4, 5, 6 або 7 осей переміщення, усе залежить від поставлених перед роботом завдань.

Для ГВС виконуємо індивідуальну комплектацію робота-маніпулятора.

Для даного ГВС спроекуємо компоувальну схему, яка наведена на рис. 3, де:

- 1 Токарський центр;
- 2 Промисловий робот
- 3 Заготовки і готові деталі.



Рисинок 3 – Компоування ГВС

Дана ГВС дозволяє автоматизувати фрезерну обробку на обробному центрі.

Висновок

У ході роботи був розроблений технологічний процес виготовлення деталі типу «Втулка» в умовах серійного виробництва. На першому етапі розробки зроблений аналіз технологічності конструкції деталі. Розроблений технологічний маршрут і обраний спосіб одержання заготовки. На етапі проектування технологічних операцій були розраховані мінімальні припуски на механічну обробку, розраховані допуски технологічних розмірів, зроблений вибір засобів технологічного оснащення і вимірів відповідно до технологічної необхідності. У процесі розробки були розраховані режими різання, що враховують можливості обраного технологічного встаткування і матеріалу заготовки. Дано рекомендації щодо програми Featurescam для розробки керуючих програм для операцій на верстатах з ЧПУ.

Перелік літератури

1. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2022. 148 с.
2. Булига, Ю. В. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Вінниця : ВНТУ. 2019. 67 с.
3. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Металорізальні верстати. Львів : Видавництво Національного університету Львівська політехніка. 2009. 268 с.
4. Кукляк М.Л. Металорізальні інструменти. Проектування. Львів : Видавництво Львівська політехніка, 2003. 556 с.
5. Sandvik Coromant Toolguide™ [Електроний ресурс] – <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/Pages/toolguide.aspx>.
6. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2019. 240 с.
7. Бочков В. М., Сілін Р. І. Обладнання автоматизованого виробництва Підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки. 2015. 404 с.

ДОДАТКИ