Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

ХРОМЕЙ Андрій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК621.91
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» в умовах автоматизованого виробництва.
(назва роботи)

Прикладна механіка
(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

ХРОМЕЙ А. І.
_____
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник доц. ПІТУЛЕЙ Лоліта Дмитрівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
професор_____ _____В. Г. ПАНЧУК
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

Професор _____КОПЕЙ В. Б.
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м.Івано-Франківськ
2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ПАНЧУК В.

«____» _____20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

ХРОМЕЯ Андрія Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» в умовах автоматизованого виробництва.

Керівник роботи: доц. ПІТУЛЕЙ Лоліта Дмитрівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "__"_____ 20___ року №_____

2. Строк подання студентом роботи 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі«Вал ПМ-0051.21.02»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологічна частина, розроблення технологічного процесу, вибір засобів технологічного оснащення, проектування технологічної оснастки, створення керуючої програми для обробляння на верстаті з ЧПК, визначення похибки базування для деталей типу вали в призмі під час фрезерування шпонкових пазів, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі «Вал ПМ-0051.21.02»1 лист а2, креслення заготованки 1 лист а2, операційні ескізи токарного та фрезерного обробляння 1 лист а1, пристрій фрезерний 1 лист а3, призми для базування валів під час фрезерування шпонкових пазів та лисок 1 лист а3, інструмент для механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02» 1 лист а2, програма для обробляння на токарному верстаті з ЧПК1 лист а1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	ПІТУЛЕЙ Л. Д. ктн. доц.кафедри КМВ	**25.02.2025**	
2	ПІТУЛЕЙ Л. Д. ктн. доц.кафедри КМВ	**25.02.2025**	
3	ПІТУЛЕЙ Л. Д. ктн. доц.кафедри КМВ	**25.02.2025**	
4	ПІТУЛЕЙ Л. Д. ктн. доц.кафедри КМВ	**25.02.2025**	
5	ПІТУЛЕЙ Л. Д. ктн. доц.кафедри КМВ	**25.02.2025**	
6	ПІТУЛЕЙ Л. Д. ктн. доц.кафедри КМВ	**25.02.2025**	

7. Дата видачі завдання _____25.02.2025_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічна частина	25.04.2025	
1.1	Розроблення технологічного процесу	03.05.2025	
1.2	Вибір засобів технологічного оснащення	10.05.2025	
1.3	Проектування технологічної оснастки	20.05.2025	
1.4	Створення керуючої програми для обробляння на верстаті з ЧПК	30.05.2025	
2	Визначення похибки базування для деталей типу вали в призмі під час фрезерування шпонкових пазів	09.06.2025	

Студент _____ А. І. ХРОМЕЙ _
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Л. Д. ПІТУЛЕЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ 7

1 Технологічна частина 8

1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі. 8

1.2 Аналіз технологічності деталі. 11

1.3 Визначення організаційних умов виробництва. 16

2 Розроблення технологічного процесу. 17

2.1 Обгрунтування вибору формоутворення заготованки. 17

2.2 Вибір маршруту та операцій механічного обробляння деталі. 19

2.3 Визначення міжопераційних розмірів, припусків і допусків механічного обробляння Ø25js6. 23

2.4 Визначення режимів різання механічного обробляння. 24

2.5 Нормування технологічних операцій. 27

3 Вибір засобів технологічного оснащення. 29

3.1 Опис металорізальних верстатів. 29

3.2 Опис пристроїв механічного обробляння. 34

3.3 Опис різальних інструментів. 35

4 Проектування технологічної оснастки. 39

4.1 Призначення, будова та робота пристрою. 39

4.2 Визначення діючих сил. 39

4.3 Силовий розрахунок механізму та привода. 42

5 Створення керуючої програми для обробляння на верстаті з ЧПК. 45

6 Визначення похибки базування для деталей типу вали в призмі під час фрезерування шпонкових пазів. 51

Висновки 57

Перелік використаних джерел 58

Додатки 62

					ПМ-0051.21.02		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		А. Хромей			**Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02»**	Літ.	Арк. 4 / Акрушів 62
Перевір.		Л. Пітулей					
Реценз.		В. Копей				**ІФНТУНГ ПМ-21-1**	
Н. Контр.		Л. Пітулей					
Затверд.		В. Панчук					

Анотація

Тема: «Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» в умовах автоматизованого виробництва».

Пояснювальна записка: 62 сторінки, 30 рисунків, 17 таблиць, 8 посилань, 25 аркушів ф. А4 додатків.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності механічного обробляння деталей типу вали шляхом розробляння технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» для умов автоматизованого виробництва.

Проведено аналіз конструкції деталі, оцінено її технологічність та обгрунтовано вибір методу формоутворення заготованки. Розроблено маршрутно-операційний проєкт механічного обробляння з використанням сучасного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), зокрема, токарних, фрезерних та шліфувальних верстатів. Розраховано режими різання, міжопераційні припуски, та допуски на них, а також норми часу.

Запропоновано використання конструкції спеціального пристрою з гідроприводом для базування та закріплення деталі під час фрезерування шпонкового пазу. Проведено силовий розрахунок приводу фрезерного пристрою та обгрунтовано вибір керуючої програми для токарного верстату з ЧПК.

Ключові слова: вал, технологічний процес, числове програмне керування (ЧПК), фрезерування, шліфування, заготованка, пристрій механічного обробляння, сила затиску, автоматизоване виробництво.

Abstract:

"Development of the Technological Process for Manufacturing the Part 'Shaft PM-0051.21.02' under Automated Production Conditions"

Explanatory note: 62 pages, 30 figures, 17 tables, 8 references, 25 sheets of A4 annexes

This bachelor's qualification work addresses the improvement of machining efficiency for shaft-type parts through the development of a technological process for manufacturing the part "Shaft PM-0051.21.02" in the context of automated serial production.

The work includes an analysis of the part's design and manufacturability, as well as a justification for the method of obtaining the blank. A machining route using modern CNC equipment (turning, milling, and grinding machines) is developed. Cutting conditions, inter-operational allowances, tolerances, and operation time standards are calculated.

A special hydraulic clamping device was designed to fixture the part during keyway milling. A force analysis of the device drive mechanism is conducted, and a CNC control program for machining is developed.

The work includes graphic materials illustrating the machining route, device design, and full technological documentation.

Keywords:
shaft, technological process, CNC, milling, grinding, workpiece, fixture, clamping force, automated production.

Вступ

Сьогодні машинобудівна галузь відіграє ключову роль у розвитку національної економіки, оскільки забезпечує технічну базу для впровадження інновацій у всіх сферах машинобудування. Одним з головних чинників прискорення науково-технічного прогресу є підвищення продуктивності праці при одночасному поліпшенні якості продукції та зростання ефективності виробничих процесів. Це, у свою чергу, вимагає впровадження сучасних технологій виготовлення машин, широкого використання високопродуктивних методів обробляння, що гарантують високу точність та якість поверхонь, а також застосування методів зміцнення поверхонь, які продовжують термін служби деталей. Важливим також є раціональне використання сучасного верстатного обладнання, впровадження новітніх організаційних форм і економічних підходів до виробництва. Усе це спрямовано на вирішення основного завдання - забезпечення високої якості продукції та зростання ефективності виробництва.

В умовах ринкової економіки спостерігається зростаюча потреба у високотехнологічному обладнанні, оснащеному сучасними електронними системами керування та автоматизованими приводами. Сучасні виробничі процеси орієнтовані на об’єднання кількох операцій на одному робочому місці завдяки використанню автоматизованого обладнання, верстатів з числовим програмних керуванням (ЧПК), комбінованого та високопродуктивного різального інструменту, багатошпиндельних головок і методів групового обробляння.

Метою є зниження трудомістскості та собівартості виготовлення деталей шляхом впровадження сучасного технологічного обладнання, швидкодіючих пристроїв, а також прогресивних методів механічного обробляння в умовах автоматизованого виробництва. Особлива увага приділяється оптимізації технологічного процесу за допомогою верстатів з ЧПК і спеціальних пристроїв, що дозволяють підвищити ефективність і гнучкість виробництва.

1 Технологічна частина.

1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі.

У механічних передачах та різних вузлах машин використовуються вали, призначені для підтримки обертових елементів. Вали є ланками механізму, що передають крутні моменти, тому, окрім вигину, вони також зазнають навантаження на кручення.

Деталь «Вал ПМ – 0051.21.02» (рис.1.1) входить до складу вузла « редуктор», який, у свою чергу, є частиною лебідки. Вал є важливою складовою редуктора лебідки та передає крутний момент від двигуна до барабана з тросом за допомогою відповідної передачі.

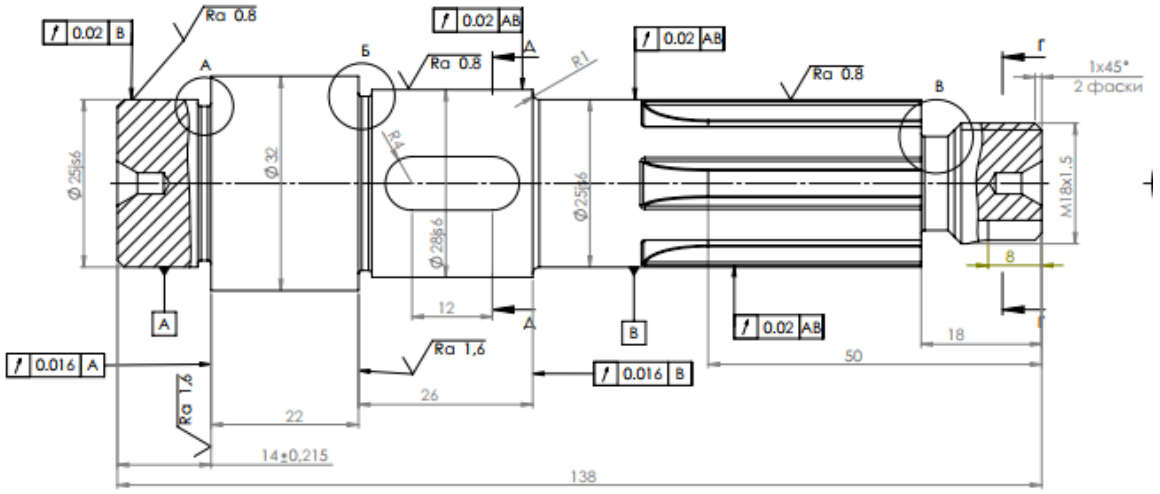


Рис.1.1 Ескіз деталі «Вал ПМ-0051.21.02»

Матеріалом для виготовлення вала є конструкційна сталь 40Х (табл. 1.1). Це легована сталь, оброблена тиском, яка необхідні механічні властивості, зокрема високу в’язкість, що забезпечує опір динамічним навантаженням. Крім того, вона характеризується достатньою щільністю й здатністю витримувати змінні навантаження протягом тривалого часу.

Технічні вимоги до деталі «Вал ПМ-0051.21.02»

- Твердість -28…32 HRC;
- ТО – Гартування, відпал;
- Покриття – Хімічна оксидація;

Таблиця 1.1 - Хімічний склад Сталь 40Х ДСТУ EN 10020:2019 [20]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Fe	S	P
0.36…0.44	0.17…0.37	0.5…0.8	<0.3	0.8…1.1	основа	<0.035	<0.035

.

Таблиця1.2 - Фізичні властивості сталі 40Х[20]

Щільність	Межа міцності при розтягуванні	Межа плинності	Відносне подовження	Ударна в’язкість
7870 кг/м^3	980 МПа	785 МПа	14%	590 кДж/м^2

Таблиця 1.3 - Характеристики поверхонь деталі [19]

№ по верхні	Геометрична форма, профіль поверхні	Службове призначення (функції) поверхні	Розмір, допуск, квалітет	Точність форми і розміщення	Шорсткість, Ra, мкм
1; 15	Торці		138		
2	Фаска		1×45°		
3	Зовнішня циліндрична поверхня	Посадкове місце підшипника	Ø25js6	Допуск радіального биття 0,02 відносно поверхні В	0.8

Продовження таблиці 1.3

4	Спряження 2 діаметрів		Ø23	Допуск торцевого биття 0.016 відносно поверхні А	1.6
5	Зовнішня циліндрична		Ø32		
6	Спряження 2 діаметрів		Ø26		1.6
7	Зовнішня циліндрична поверхня		Ø28 js6	Допуск радіального биття 0.02 відносно поверхонь АВ	0.8
8	Галтель		R1	Допуск торцевого биття 0.016 відносно поверхні В	1.6
9	Зовнішня циліндрична поверхня		Ø25 js6	Допуск радіального биття 0.02 відносно поверхонь АВ	
10	Зовнішня поверхня шліців	Спряження шліцевого з’єднання	Ø25 js6	Допуск радіального биття 0.02 відносно поверхонь АВ	0.8

Продовження таблиці 1.3

11	Внутрішня поверхня шліців	Спряження шліцевого з'єднання	Ø20		
12; 15	Торці		18		
13	Зовнішня різь		M18×1,5		
14	Фаска		1×45°		
16	Шпонковий паз		8×6×3		
17	Спряження 2 діаметрів		Ø14		
18	Шпонковий паз		12×8×4		

1.2 Аналіз технологічності деталі

Аналізуючи деталь «Вал ПМ – 0051.21.02» з точки зору технологічності можна стверджувати, що вона має досить складну але водночас раціональну конструкцію для обробляння на сучасному обробному обладнанні.

Основну частину маршруту механічне обробляння доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК, адже більшість поверхонь – циліндричні. Це забезпечує високу точність та зменшує кількість установів.

Деталь має кілька канавок, а також шпонкові пази. Їх оброблювання вимагає використання спеціального інструменту (канавкових різців та фрез), що трохи ускладнює виготовлення, особливо при одиничному або дрібносерійному виробництві. У серійному виробництві ці труднощі вирішуються відповідним оснащенням..

Деталь має поверхню з високими вимогами точності – Ø25js6, Ø28js6. Для досягнення допусків за 6 квалітетом потрібно застосувати або прецизійне чистове точіння, або шліфування. Крім того, шорсткість деяких поверхонь становить Ra 0.8,

що також вимагає високоточних методів обробляння, зокрема, кругле шліфування.

Конструкція містить багато геометричних допусків: паралельність, співвісність, концентричність, перпендикулярність. Це свідчить про високі вимоги до точності виконання розмірів, відхилення форм поверхонь та якості виготовлення. Такі вимоги можна забезпечити лише при наявності точного обладнання та здійснення контролю на всіх етапах обробляння.

Щодо складності обробляння – середня. Усі елементи – стандартні, відсутні внутрішні або важкодоступні поверхні. Є можливість забезпечити базування відносно осі обертання, що спрощує налагодження обробляння.

У загальному, деталь не є проблемною для виготовлення в умовах сучасного автоматизованого виробництва. Водночас висока точність та наявність складних елементів вимагають відповідного рівня кваліфікації персоналу, якісного інструменту та дотримання відповідних режимів обробляння.

Таблиця 1.4 Плани механічного обробляння поверхонь деталі.[19]

№ поверхні	Послідовність обробляння (методи, вид); інструменти	Точність, шорсткість	Тип верстата, пристрій
1	Підрізання торця; Різець: DCLNR2525M12KC04	h12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
2	Точіння фаски; Різець: DCSNR2525M12KC04	h12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон

Продовження таблиці 1.4

3	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04 Чистове обточування Різець: PDJNR2525M11 Чорнове шліфування Чистове шліфування	js10 Ra3.2 js8 Ra2,5 js7 Ra1,25 js6 Ra0,8	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон Кругло-шліфувальний верстат з чпк E-tech EGR-2550CNC
4	Точіння канавки Різець: A3SCR2525M0226	h12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
5	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04	h12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
6	Точіння канавки Різець: A3SCR2525M0226	H12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
7	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04 Чистове обточування Різець: PDJNR2525M11 Чорнове шліфування	js10 Ra3.2 js8 Ra js7 Ra	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон,

Продовження таблиці 1.4

	Чистове шліфування	js6 Ra0,8	Кругло-шліфувальний верстат з чпк E-tech EGR-2550CNC
8	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04 Чистове обточування Різець: PDJNR2525M11	h10 Ra3.2 h8 Ra	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
9	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04 Чистове обточування Різець: PDJNR2525M11 Чорнове шліфування Чистове шліфування	js10 Ra3.2 h8 Ra2.5 js7 Ra1.25 js6 Ra0,8	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон, Кругло-шліфувальний верстат з чпк E-tech EGR-2550CNC
10	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04 Чистове обточування Різець: PDJNR2525M11 Чорнове шліфування Чистове шліфування	js10 Ra3.2 js8 Ra2.5 js7 Ra1.25 js6 Ra0,8	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон Кругло-шліфувальний верстат з чпк E-tech EGR-2550CNC

Продовження таблиці 1.4

11	Фрезерування шліців	Js6 Ra0,8	
12	Підрізання торця Різець: DCLNR2525M12KC04	h10 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
13	Чорнове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04 Нарізання різі Різець: NSR2525M3		Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
14	Точіння фаски; Різець: DCSNR2525M12KC04	h12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
15	Підрізання торця; Різець: DCLNR2525M12KC04	h12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b, Трикулачковий патрон
16	Фрезерування шпонкового пазу Фреза: F2AH0600ADN30	H10 Ra1,6	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000, Призма
17	Точіння канавки 0	H12 Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b,Трикулачковий

1.3 Визначення організаційних умов виробництва

Тип виробництва та форма організації робіт визначаємо на основі маси деталі та обсягу річного випуску. Оскільки маса деталі становить 0,53 кг, а річна програма виготовлення – 2000 штук, відповідно до таблиці 1,5 тип виробництва кваліфікується як серійний. Вибір форми організації робіт залежить від послідовності виконання операцій технологічного процесу, розміру партії оброблюваних деталей (n), розміщення обладнання на ділянці чи в цеху та інших факторів. Для виготовлення деталі «Вал ПМ – 0051.21.02» доцільно застосовувати потокову форму організації виробничого процесу.

Таблиця 1.5 Тип виробництва.

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей на рік		
	важкі, m>100 кг	середні, m=10…100 кг	легкі, m<10 кг
одиничне	до 5	до 10	до 100
дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
серійне	100...300	200...500	500...5000
крупносерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

Кількість партії оброблюваних деталей:

$$n = \frac{a*N}{F} \quad (1.1)$$

Де: *N*– річна програма випуску, шт;

α – Інтервал між запуском партій деталей у виробничий процес;

F – кількість робо

чих днів.

$$n = \frac{3*2000}{261} = 23 \text{ шт.}$$

2. Розроблення технологічного процесу.

2.1 Обгрунтування вибору формоутворення заготованки.

Заготованки деталей класу вали отримують протягуванням, литвом та штампуванням. Аналізуючи конфігурацію деталі, її масу та матеріал, технологічні вимоги до її виготовлення та серійність виготовлення, заготованку доцільно отримувати штампуванням на кривошипному гарячештампованому пресі (КГШП).

Характеристики поковки занесено до таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Характеристики поковки, отриманої на КГШП.[9]

Клас точності	Група сталі	Ступінь складності	Нахили для зовнішніх поверхонь	Радіуси заокруглень, мм.	
Т2	М2	С1	5°	зовнішні	2
				внутрішні	6

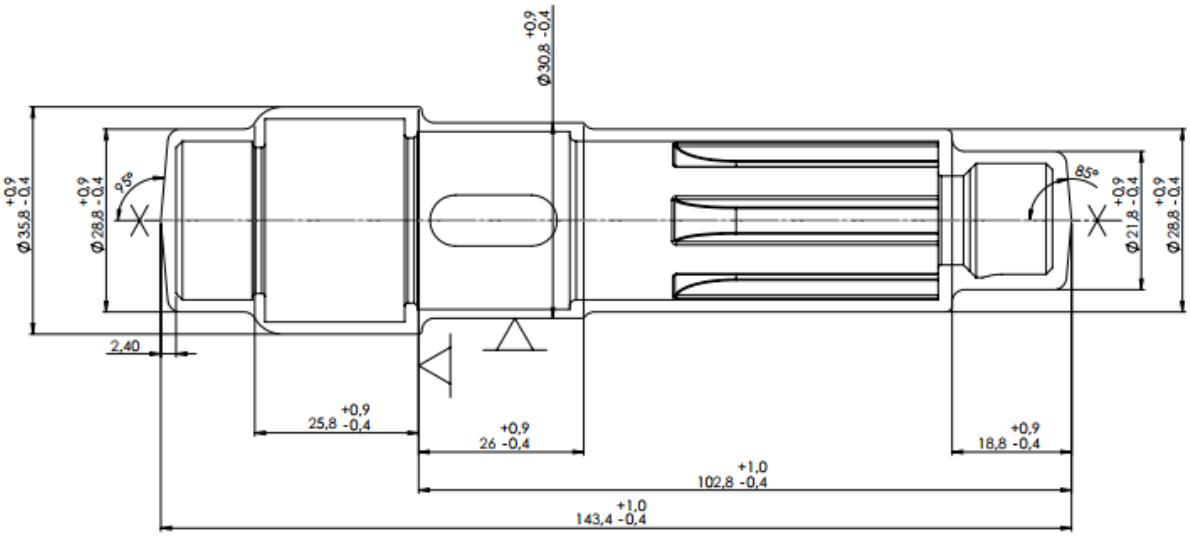


Рис. 2.1 Ескіз заготованки, отриманої на КГШП

Припуски на всі поверхні поковки приймаються в залежності від їх маси, ступеня складності заготованки та точності використаного обладнання та знаходяться в межах 1,9…2,5 мм [6].

Масу заготованки визначаємо за допомогою програмного забезпечення Inventor

Для техніко–економічне обґрунтування методу отримання заготованки оцінимо собівартість її виготовлення. Собівартість виготовлення однієї заготовки В, грн, розраховується за формулою:

$$В=\frac{\mathbf{В_Б}}{\mathbf{1000}}\cdot \mathbf{Q}\cdot \boldsymbol{K_1}\cdot \mathbf{K_2}\cdot \mathbf{K_3}\cdot \mathbf{K_4}\cdot \mathbf{K_5}-(Q-q)*\frac{Ввідх}{\mathbf{1000}} \quad (2.1)$$

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

$В_Б$ – Собівартість штампування 1 т заготованок, грн.;

K_1 – коефіцієнт, що враховує клас точності штампувального обладнання;

K_2 – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготованки;

K_3 – коефіцієнт, що враховує групу складності заготованки;

K_4 – коефіцієнт, що враховує масу заготованки;

K_5– коефіцієнт, що враховує серійність випуску заготованки;

$В_{відх}$ – вартість 1 т стружки.

$$В=\frac{3500}{1000}\cdot 0{,}77\cdot 1\cdot 1\cdot 1{,}51\cdot 0{,}77\cdot 1{,}27\cdot 1-(0{,}77-0{,}53)\cdot\frac{140}{1000}=3{,}94грн$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

$$КВМ=\frac{q}{Q} \quad (2.2)$$

$$КВМ=\frac{0{,}53}{0{,}77}=0{,}69$$

2.2 Вибір маршруту та операцій механічного обробляння деталі

Маршрут обробляння деталі занесено до таблиці 2.2

Таблиця 2.2 Маршрут обробляння деталі[19]

№ операції	Назва операції	№ переходу		Технологічне оснащення
005	Контрольна	1		
010	Токарна з ЧПК	1	Підрізати торець (поверхня 1) в розмір $140{,}7_{-0{,}4}$	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
		2	Точити поверхню 3 з підрізанням торця в розміри Ø27,1±0,026 на базову довжину $14{,}4_{-0{,}4}$	
		3	Точити поверхню 5 на прохід в розмір $Ø32_{-0{,}25}$	
		4	Свердлити центрувальний отвір Ø3 на глибину $6{,}9^{+0.12}$	
015	Токарна з ЧПК	1	Точити фаску (поверхня 2) в розмір 1*45°	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
		2	Точити радіусну канавку (поверхня 4) R0.5 в розміри $Ø23_{-0{,}21}$, на ширину $2_{-0{,}1}$	

Продовження таблиці 2.2

020	Токарна з ЧПК	1	Точити поверхню 3 в розмір Ø26.3±0,01	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
025	Токарна з ЧПК	1	Підрізати торець (поверхня 15) в розмір $138_{-0,4}$	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
		2	Точити поверхню 13, з підрізанням торця (поверхня 12) в розміри $Ø19_{-0,084}$ на довжину $18_{-0,084}$	
		3	Точити поверхні 10, 9 в розмір Ø27,2 ±0,065 на довжину $58^{+0.3}$	
		4	Точити галтель(поверхня 8) в розмір R1	
		5	Точити поверхню 7 в розмір Ø29,5 ±0,065	
		6	Свердлити центрувальний отвір Ø3 на глибину $6,9^{+0.12}$	

Продовження таблиці 2.2

030	Токарна з ЧПК	1	Точити фаску(поверхня 14) в розмір 1*45°	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
		2	Точити канавку (поверхня 17) в розміри R1, 1*45°, $Ø14_{-0,11}$, на ширину $4_{-0,06}$	
		3	Точити радіусну канавку R0.5 (поверхня 6) в розмір $Ø26_{-0,13}$ на ширину $2_{-0,06}$	
035	Токарна з ЧПК	1	Точити поверхні 9, 10 в розмір Ø25,96±0,026	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b
		2	Точити поверхню 7 в розмір Ø28,66 ±0,026	
		3	Нарізати різь (поверхня 13) М18*1,5	
040	Фрезерна з ЧПК	1	Фрезерувати паз (поверхня 16) в розмір 6*8	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000

Продовження таблиці 2.2

045	Фрезерна з ЧПК	1	Фрезерувати паз (поверхня 18) в розмір 8*12 Ра3,2	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000
050	Шліцефрезерна	1	Фрезерувати шліци (поверхня 11)	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000
055	Контрольна	1	Контроль поверхонь 3, 7, 10, 11, 13,	
060	ТО			
065	Кругло-шліфувальна з ЧПК	1	Шліфувати поверхню 3 в розмір Ø25,75±0,01	Кругло-шліфувальний верстат з ЧПК E-tech EGR-2550CNC
		2	Шліфувати поверхню 7 в розмір Ø28,24±0,01	
		3	Шліфувати поверхню 9, 10 в розмір Ø25,38±0,01	
070	Кругло-шліфувальна з ЧПК	1	Шліфувати поверхню 3 в розмір Ø25±0,0065	Кругло-шліфувальний верстат з ЧПК E-tech EGR-2550CNC
		2	Шліфувати поверхню 7 в розмір Ø28±0,0065	
		3	Шліфувати поверхню 9, 10 в розмір Ø25±0,0065	
075	Контрольна	1	параметри різі, розміри отриманих поверхонь.	КВМ

2.3 Визначення міжопераційних розмірів, припусків і допусків обробляння поверхні 3

Таблиця 2.3 – Розрахунок міжопераційних розмірів та припусків поверхні 3

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуска		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробляння	Td, мм	d^{max}, мм	d^{min}, мм	$2z^{max}_I$	$2z^{min}_i$	
2) Ø25js6 Ra0,8	14	Заготовка	1,3	Ø29,700	Ø 27,800	–	–	$Ø28{,}2^{+0,9}_{-0,4}$
	10	Точін. чорн.	0,840	Ø 28,140	Ø 27,300	1430	780	Ø 27,72±0,42
	8	Точін. чист.	0,033	Ø 26,465	Ø 26,135	535	565	Ø 26,3±0,016
	–	ТО	–	–	–	–	–	
	7	Шліф. чорн.	0,021	Ø 25,760	Ø 25,740	285	265	Ø 25,75±0,0105
	6	Шліф. чист	0,013	Ø 25,007	Ø 24,994	183	166	Ø25±0,0065

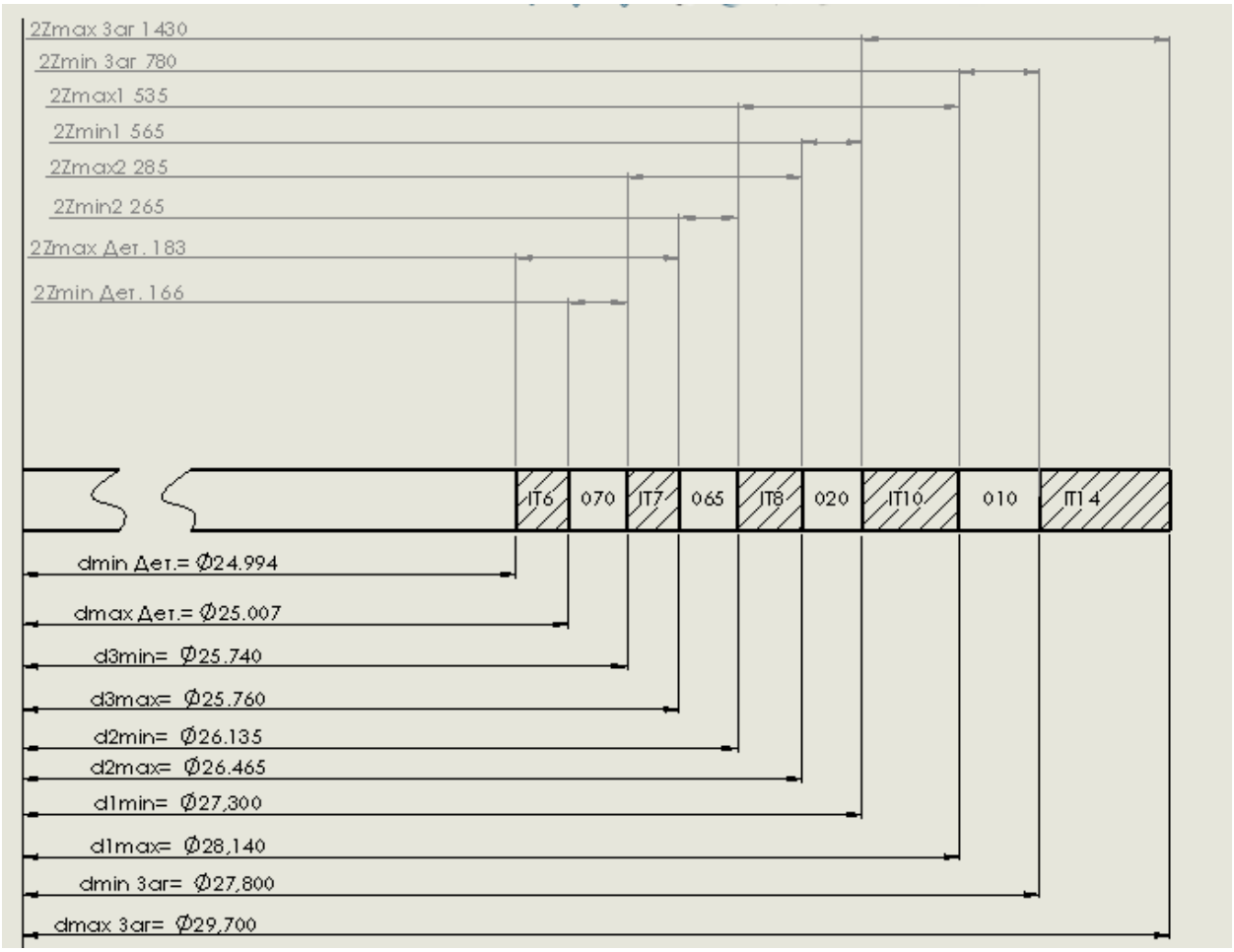


Рисунок 2.2 Схема розташування міжопераційних розмірів, припусків та допусків на механічне обробляння поверхні 3 (Ø25js6)

2.4 Визначення режимів різання механічного обробляння

Розрахунково-табличний метод визначення режимів різання вимагає використання багатьох даних, отримання яких не завжди є можливим у виробничих умовах. В більшості випадків достатньо мати вихідні режими різання. При необхідності їх беруть за основу при коректуванні режимів різання до оптимальних. Їх називають режимами різання першого вибору.

Вихідні режими встановлюються виробником різального інструменту, оскільки вибір матеріалу різального інструменту залежить від матеріалу оброблюваної деталі, його оброблюваності, способу утворення стружки. Корекція обраних режимів різання відбувається для змінених умов з використанням поправкових коефіцієнтів, які враховують специфіку методів механічного обробляння.

Поправкові коефіцієнти враховують: фізико-механічні властивості оброблюваного та інструментового матеріалів, вид обробляння, матеріал і геометричну форму ЗНБП різального інструменту складеної конструкції.

На практиці застосовують ЗНБП з зносостійким покриттям. Покриття забезпечує збільшення швидкості різання на 20-40 %. Ці пластини є оптимальними для більшості механічних операцій при автоматизованому виробництві.

При виборі та розрахунку режимів різання необхідно враховувати декілька основних умов. На стійкість інструменту глибина врізання впливає не значно, величина подачі впливає частково, швидкість різання значно впливає на зносостійкість різальної частини інструменту. Використавши рекомендації фірми виробника різальних інструментів, режими різання першого вибору заносимо в таблицю 2.4.[11]

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку режимів різання[11]

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання *t, мм*	кіль–кість прохо – дів *i*	подача *S, мм/об*	швидкість різання *V, м/хв*	частота обертів шпинделя *n, об/хв*
1	2	3	4	5	6	7
010 Токарна з ЧПК	1	2.7	1	0,05	70	770
	2	0,85	1	0,4	105	1160
010 Токарна з ЧПК	3	1,9	1	0,4	105	930
	4	1,6	1	0.25	22.4	5000
015 Токарна з ЧПК	1	1	1	0,4	105	1200
	2	2,05	1	0,2	60	3300
020 Токарна з ЧПК	1	0,4	1	0,15	120	1500
025 Токарна з ЧПК	1	2.7	1	0,05	70	770
	2	1,4		0,4	105	1600
	3	0,8	1	0,4	105	1200

Продовження таблиці 2.4

	4	0,8	1	0,4	105	1200
	5	0,65		0,4	105	1100
	6	1,575	1	0.25	22.4	5000
030 Токарна з ЧПК	1	1	1	0,4	105	1600
	2	1	1	0,4	105	2300
	3	1,75	1	0,4	105	1300
035 Токарна з ЧПК	1	0,62	1	0,15	120	1100
	2	0,42	1	0,15	120	1100
	3	1,5	1.9		139*	700
040 Фрезерна з ЧПК	1	4	2	40мм/хв	15	800
045 Фрезерна з ЧПК	1	4	2	40мм/хв	15	630
050 Шліцефрезерна з ЧПК	1	4,5(0,15)	17	0,8	22,3	100
065 Круглошліфувальна з ЧПК	1	0,275	1	12	19	250
	2	0,21	1	12	19	250
	3	0,29	1	12	19	250
070 Круглошліфувальна з ЧПК	1	0,375	1	10	35	120
	2	0,12	1	10	35	120
	3	0,19	1	10	35	120

*Для операції 035 нарізання різі різцем відбувається за декілька робочих ходів, кількість яких залежить від кроку різі, матеріалу заготованки. Режими різання при нарізанні різі різцем взаємозв'язані, що ускладнює вибір оптимальних значень. Глибина врізання змінна: при першому проході вона дорівнює подачі, а при останньому- висоті профілю різі. Зазвичай, весь припуск знімається за декілька чорнових та чистових проходів.

Швидкість різання при нарізання різі різцем:

v – нормативне значення швидкості різання

К1 – коефіцієнт оброблюваності матеріалу;

К2 – коефіцієнт матеріалу ЗНБП;

К3 – коефіцієнт, що враховує вид різі;

К4 – коефіцієнт, що враховує кількість робочих проходів;

К5 – коефіцієнт, що враховує вплив МОР

К6 – коефіцієнт, шо враховує вплив ТО.

Кількість чорнових проходів – 3

Кількість чистових проходів – 2

Швидкість різання номінальна – 139 м/хв

К1 – 1,1

К2 – 1

К3 – 1

К4 – 0,89

К5 – 1

К6 – 0,69

2.5 Нормування технологічних операцій

Норми часу зведено в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 Час обробляння

Номер та назва операції	Номер переходу	t_o, хв	$t_{шт}$, хв
1	2	3	4
010 Токарна з ЧПК	1	0,068	0,145
	2	0,028	0,059
	3	0,062	0,132
	4	0,013	0,278
015 Токарна з ЧПК	1	0,002	0,004
	2	0,002	0,004
020 Токарна з ЧПК	1	0,027	0,057
025 Токарна з ЧПК	1	0,068	0,017
	2	0,025	0,053
	3	0,118	0,252
	4	0,002	0,004
	5	0,057	0,121

Продовження таблиці 2.5

	6	0,013	0,028
030 Токарна з ЧПК	1	0,002	0,004
	2	0,002	0,004
	3	0,002	0,004
035 Токарна з ЧПК	1	0,026	0,055
	2	0,13	0,278
	3	0,45	0,963
040 Фрезерна з ЧПК	1	0,13	0.242
045 Фрезерна з ЧПК	1	0,05	0,175
050 Шліцефрезерна з ЧПК	1	0,175	0,325
065 Круглошліфувальна з ЧПК	1	0,05	0.105
	2	0,09	1.189
	3	0,214	0.449
070 Круглошліфувальна з ЧПК	1	0,204	0.428
	2	0,359	0.753
	3	0,845	1.774

3 Вибір засобів технологічного оснащення.

3.1 Опис металорізальних верстатів

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) застосовуються для автоматизованого виробництва, оскільки забезпечують високу точність і повторюваність обробляння деталей, що дуже важливо при серійному та масовому виробництві. Завдяки можливості програмування, такі верстати працюють без постійної участі оператора, легко інтегруються в роботизовані виробничі лінії та надають можливість швидко змінювати машинобудування шляхом переналагодження верстатного обладнання та оновлення програмного забезпечення. Технологічне оснащення працює швидше, ефективніше та з меншими витратами, зменшуючи кількість браку та людських помилок, а також легко поєднується з сучасними цифровими системами управління виробництвом, такими як CAD/CAM. Усе це робить верстати з ЧПК оптимальним вибором для сучасно автоматизованого виробництва.

Верстати DN Solutions були вибрані завдяки їх високій надійності, точності та сучасному технологічному оснащенню, що відповідає вимогам автоматизованого виробництва. Вони вирізняються широкими можливостями обробляння, стабільною роботою у складних умовах, а також зручною інтеграцією з системами ЧПК та автоматизованими лініями.

Рис. 3.1 Загальний вигляд верстату з ЧПК моделі Lynx-210b

Таблиця 3.1 Характеристики токарного верстата з ЧПК моделі Lynx-210b[21]

Характеристика	Значення
Властивості:	
Розмір патрона	8 inch.
Максимальний діаметр оброблюваної заготованки	280 мм.
Максимальна довжина оброблюваної заготованки	300 мм.
Переміщення:	
Вздовж осі X	160 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі X	20 м/мм.
Вздовж осі Z	300 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі Z	24 м/мм.
Шпиндель:	
Максимальна потужність	15 кВт.
Максимальна швидкість обертання	5000 об/хв.
Максимальний крутний момент	125 Н*м
Діаметр отвору в шпинделі	51 мм.
Кількіцсть інструментів	12
Січення різцетримача	25*25 мм.
Габарити:	
Довжина	1973 мм.
Висота	1657 мм.
Ширина	1590 мм.
Вага	3170 кг.

Рис.3.2 Загальний вигляд верстату з ЧПК моделі DN Solutions T4000

Таблиця 3.2 Характеристики фрезерного верстата з ЧПК мод. DN Solutions T4000.[22]

Характеристика	Значення
Максимальна довжина оброблюваної заготованки	280 мм.
Максимальна довжина оброблюваної заготованки	300 мм.
Переміщення:	
Вздовж осі X	520 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі X	50 м/мм.
Вздовж осі Y	400 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі Y	50 м/мм.
Вздовж осі Z	350 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі Z	56 м/мм.
Шпиндель:	
Максимальна потужність	13 кВт.
Максимальна швидкість обертання	12000 об/хв.
Максимальний крутний момент	82,7 Н*м
Конус в шпинделі	ISO №30

Продовження таблиці 3.2

Кількіцсть інструментів	21
Габарити стола:	
Довжина	650
Ширина	400
Габарити:	
Довжина	2320 мм.
Висота	2560 мм.
Ширина	1633 мм.
Вага	3000 кг.

Верстат E-tech EGR-2550CNC був обраний завдяки своїм високим технічним характеристикам, які оптимально підходять для точного та стабільного шліфування в умовах автоматизованого виробництва. У верстата досить висока жорсткість тканини, що забезпечує мінімальні вібрації під час роботи, а також висока точність позиціонування завдяки сучасній системі ЧПК. Верстат має велику робочу зону та зручну систему керування, що дозволяє ефективно обробляти заготованки різних розмірів і складності. E-tech EGR-2550CNC забезпечує надійну та стабільну якість обробляння у довготривалому циклі роботи, що робить його оптимальним вибором для підвищення продуктивності й точності в умовах автоматизованого виробництва.

Рис.3.3. Загальний вигляд верстату з ЧПК E-tech EGR-2550CNC

Таблиця 3.3 Характеристики кругло-шліфувального верстату з ЧПК E-tech EGR-2550CNC.[23]

Характеристика	Значення
Властивості:	
Розмір патрона	6 inch.
Максимальний діаметр оброблюваної заготованки	230 мм.
Відстань від центрів до станини	250 мм.
Максимальна довжина оброблюваної заготованки	500 мм.
Переміщення:	
Вздовж осі X	200 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі X	6 м/хв.
Вздовж осі Z	750 мм.
Швидкість переміщення вздовж осі Z	8 м/хв.
Шпиндель:	
Кут повороту	90°
Максимальна потужність	0,75 кВт.
Швидкість обертання	10-600 об/хв.

Продовження таблиці 3.3

Діаметр отвору в шпинделі	20 мм.
Задня бабка	
Конус задньої бабки	МТ3
Шліфувальний круг	
Розміри	Ø455x50xØ127
Номінальна потужність двигуна	3,75 кВт.
Максимальний крутний момент	13 Н*м
Максимальна швидкість обертання	1400 об/хв.
Габарити:	
Довжина	3170 мм.
Висота	2500 мм.
Ширина	2050 мм.
Вага	3800 кг.

3.2 Опис пристроїв механічного обробляння.

Трикулачковий патрон з гідроприводом – це високоточний затискний пристрій, призначений для надійної фіксації заготованок під час механічного обробляння на токарних верстатах з ЧПК. Завдяки гідравлічному приводу патрон забезпечує високу силу затискання та стабільність положення деталі навіть при великих швидкостях обертання. Конструкція з трьома кулачками дозволяє рівномірно розподіляти затискне зусилля, що сприяє точному центруванню заготованки та мінімізує деформації оброблюваної деталі. Гідропривід дає змогу автоматизувати процес затискання/розтискання, що значно скорочує час переналагоджування верстата та підвищує загальну ефективність виробництва. Такий патрон оптимально підходить для деталей, які виготовляються великими партіями.

Рис. 3.4. Трикулачковий патрон з гідроприводом OZKAYALI OZ803-3

Таблиця 3.4 Характеристики трикулачкового патрону OZKAYALI OZ803-3.[26]

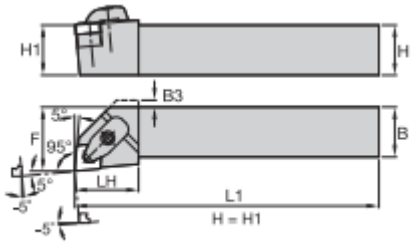
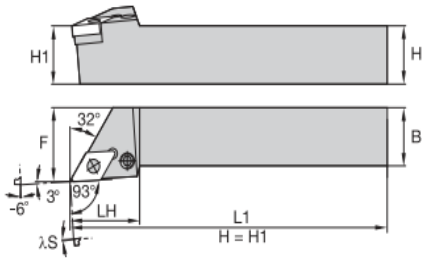
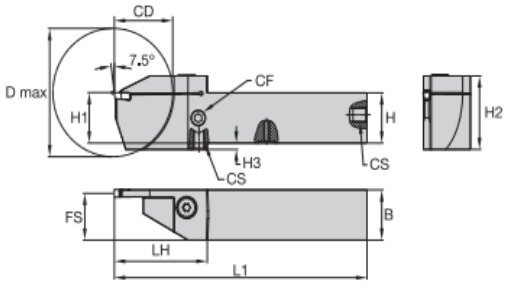
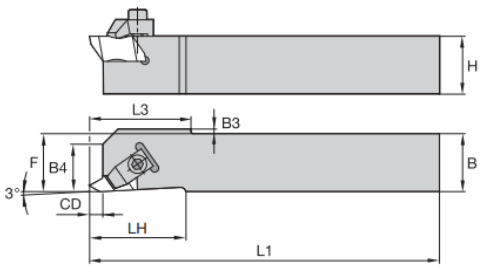
Розмір патрону	8 inch
Діаметр закріплення Max.	210 мм.
Діаметр закріплення Min.	12 мм.
Зусилля затиску Max.	35 Nm
Максимальна кількість обертів	5000 $хв^{-1}$
Діаметр отвору	52 мм.
Виконання кулачків	Прямі/зворотні
Кількість кулачків	3
Закріплення на шпинделі	Різь на шпинделі
Хід кулачків	7.3 мм.
Хід штоку	17 кроків
Крок зубчатого зачеплення	1,5*60°

3.3 Опис різальних інструментів

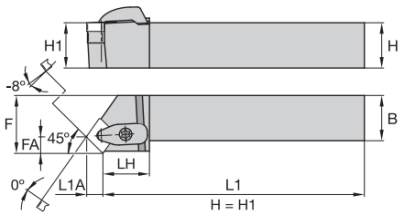
Різці та фрези Kennametal забезпечують високу якість обробляння та стабільну роботу без вібрацій, мають високу зносостійкість, що високу точність та частоту обробляння. Компанія пропонує широкий асортимент інструментів для

різних видів механічного обробляння, впроваджує сучасні технології та покриття, що підвищує ресурс та теплову стійкість різців. Не зважаючи на вищу вартість, інструмент є економічно вигідним у довгостроковій перспективі завдяки меншій потребі в заміні та високій надійності.

Таблиця 3.5 Опис різальних інструментів.[25]

Токарні різці:		
Код державки:	Код пластинки:	Призначення:
DCLNR2525M12KC04 	CNMA20408	Чорнове обточування, підрізання торця
PDJNR2525M11 	DNMG110408FR	Чистове обточування
A3SCR2525M0226 	A2022N00CR02	Точіння канавок
NSR2525M3 	NTF3R	Різьбонарізання

Продовження таблиці 3.5

DCSNR2525M12KC04  	CNGX120408	Обробляння фасок
Фрези:		
F2AH08800ADN30 D=8 L=63 L1=16	-	Фрезерування шпонкового пазу
F2AH0600ADN30 D=6 L=57 L1=10	-	Фрезерування шпонкового пазу
Coromill172 RA172-64C5-L5		Фрезерування шліців
Круги шліфувальні:		
Zak 54C F46 L 6 35 Ø455x50xØ127мм.	-	Шліфування

Для фрези CoroMill172 від Sandvik Coromant використовуються змінні твердосплавні пластини, які забезпечують високу точність і ефективність при оброблянні зубчатих коліс, шліців та рейок. Ці пластини виготовляють з урахуванням специфіки механічного обробляння шліців, включаючи профіль тп модифікацію шліців. Вони встановлюються за допомогою системи iLock, яка забезпечує надійну фіксацію та точне позиціонування пластини у корпусі фрези. Зазвичай такі пластини виготовляють рід замовлення, тому вони не кодуються, для їх придбання рекомендується звернутися безпосередньо до офіційного представника Sandvik Coromant в Україні або авторизованих дистриб'юторів[27].

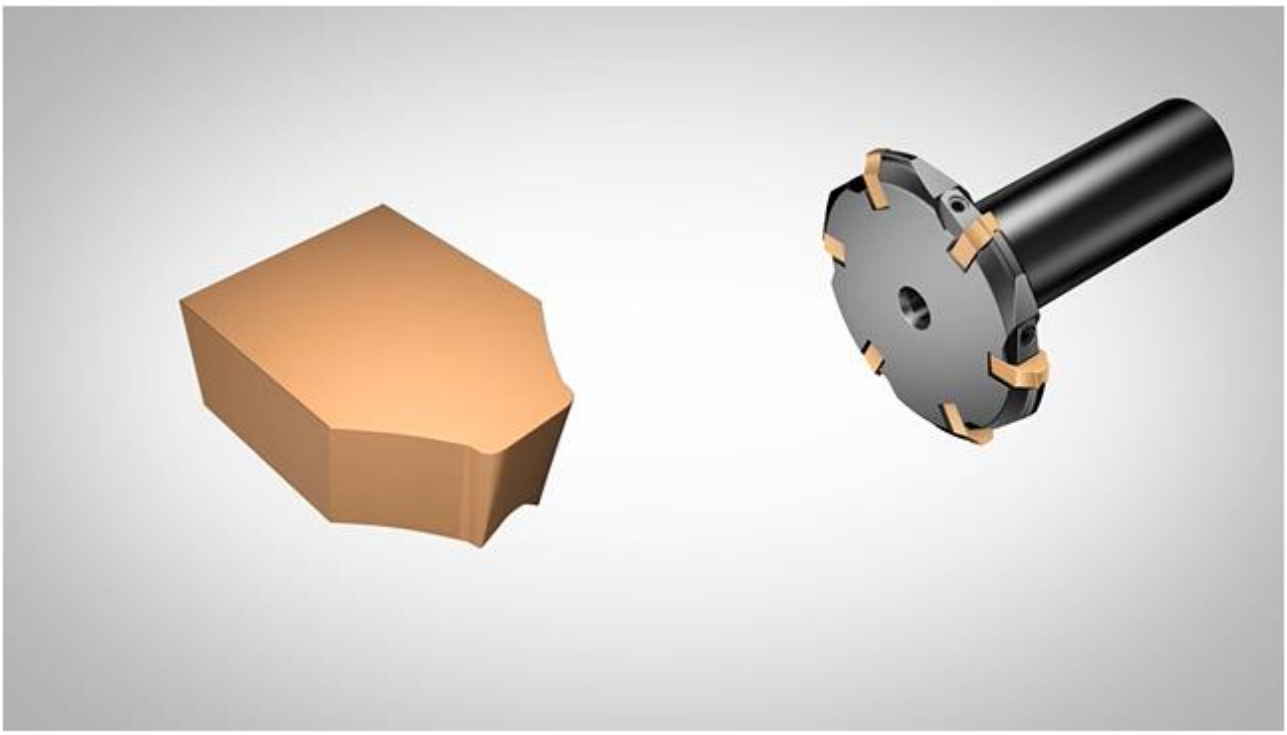


Рис. 3.5 Фреза Coromill172 та ЗНБП

4 Проектування технологічної оснастки.

4.1 Призначення, будова та робота пристрою

Пристосування (рис.4.1) призначено для фіксації деталі «Вал ПМ-0051.21.02» під час резервування паза. У конструкції передбачено автоматичне закріплення деталі за допомогою гідроциліндра, що працює під тиском робочої рідини в межах 5…10 МПа. Для налаштування фрези на необхідний розмір обробляння використовується установ.

Перед початком обробляння рідина під тиском подається в запоршневу порожнину гідроцеліндра. Поршень 3 переміщується вправо, тягнучи клин 8. Під дією пружини 21 важелі 6 розходяться в сторони, і в призми 20 встановлюється деталь.

Далі робоча рідина подається в поршневу порожнину. Поршень 3 рухається вліво переміщаючи клин 8, який, у свою чергу, зсуває важелі 6, забезпечуючи надійне затискання деталі. Після цього виконується фрезерування. Для зняття обробленої деталі дія пристосування повторюється у зворотному порядку.

.

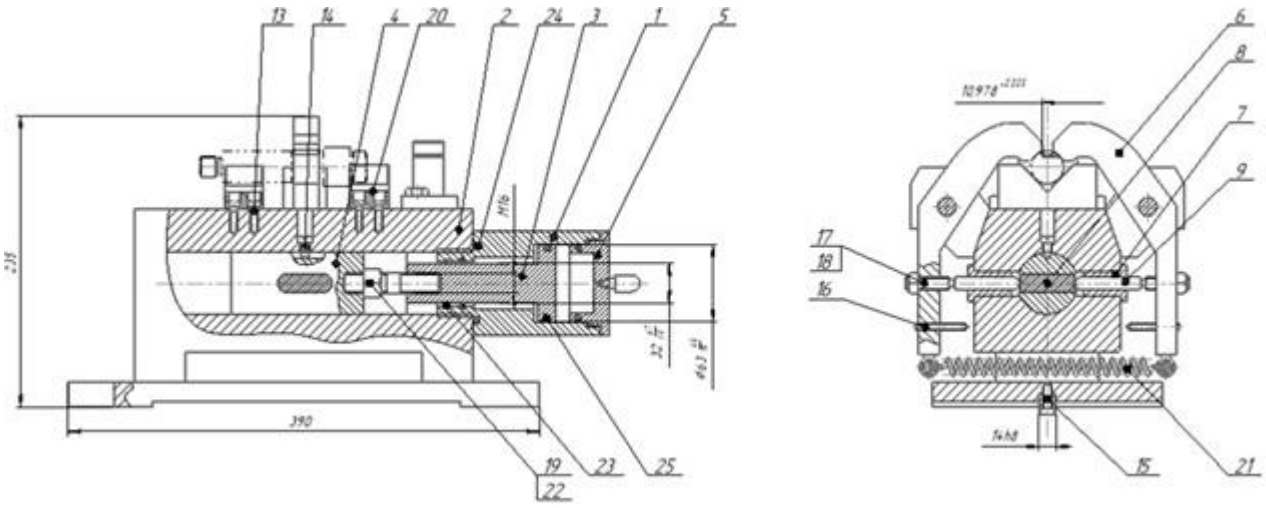


Рис. 4.1 Конструкція пристосування

4.2 Визначення діючих сил.

Сила затиску залежить від напряму та місця прикладення цієї сили. Затискні пристрої призначені для закріплення заготованки та утримання її під час механічного обробляння.

Визначаємо тангенційну силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^n \cdot z}{D^g \cdot n^w} * K_{mp} \quad (4.1)$$

де *x=0,86 ;y=0,72; q=0,86; w=0; n=1; C_p=68,2* – коефіцієнти змінних умов сил різання;

$K_{мр}$ – поправковий коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу деталі.

$$K_{мр} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^{0,3} \quad (4.2)$$

$$K_{мр} = \left(\frac{650}{750}\right)^{0,3} = 0,95$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,031^{0,72} \cdot 8^{1,2}}{8^{0,86} \cdot 200^0} * 0.95 = 472 \text{ Н.}$$

Визначення моментів та загальної сили різання, що діють на деталь при фрезеруванні шпонкового пазу:

$$k\sum M_{хакт} + \sum M_{хпр} = 0; \quad (4.3)$$

$$k \cdot \gamma \cdot P_{zy} \cdot (R - \frac{h}{2}) - 2 * T * R = 0; \quad (4.4)$$

$$T = T_1 = T_2; \quad (4.5)$$

$$T = f * N; \quad (4.6)$$

$$N = \frac{w}{2 \sin(\frac{\alpha}{2})}; \quad (4.7)$$

$$k \cdot \gamma \cdot P_{zy} \cdot (R - \frac{h}{2}) = f * \frac{w}{2 \sin(\frac{\alpha}{2})} * R; \quad (4.8)$$

$$P_{zy} = 1,2 * P_z; \quad (4.9)$$

Визначаємо силу закріплення деталі у пристрої:

$$w = \frac{1,2 * k * P_z * \left(R - \frac{h}{2}\right) * \sin(\frac{\alpha}{2})}{f * R}, \quad (4.10)$$

де: f- коефіцієнт тертя;

k- коефіцієнт запасу закріплення деталі у пристрої.

Коефіцієнт запасу закріплення деталі у пристрої:

$$k = k_o \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (4.11)$$

де: k_0=1,5 – гарантований коефіцієнт запасу закріплення деталі у пристрої;

k_1=1 – коефіцієнт нерівномірності сил різання при фрезеруванні шпонкового пазу через непостійність припуску, що знімається при

механічному оброблянні;

k_2=1,7– коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при фрезеруванні шпонкового пазу від прогресуючого зносу різального інструменту.

k_3=1,2 – коефіцієнт, що враховує переривчастість процесу фрезерування шпонкового пазу;

k_4=1 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність сил затиску у пристрої для фрезерування шпонкового пазу, який залежить від приводу верстату;

k_5=1 – коефіцієнт, що враховує розташування фіксуючих елементів;

k_6=1 – коефіцієнт, що враховує, розташування місць контакту.[4]

$$k=1,5\cdot1\cdot1,7\cdot1,2\cdot1\cdot1\cdot1 = 3,06$$

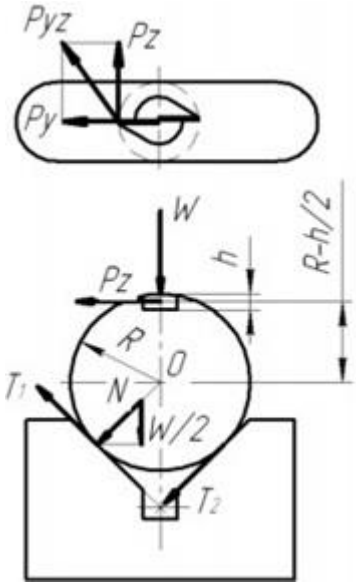


Рис. 4.2 Схема дії сил закріплення.

Сила закріплення деталі у пристрої згідно розрахунків:

$$W = \frac{472*1.2*3.06*\left(0.013-\frac{0.004}{2}\right)*\sin\left(\frac{90}{2}\right)}{0.15*0.013} = 6912\ H.$$

4.3 Силовий розрахунок механізму та привода

Сила дії штоку гідроприводу визначається за кінематичною схемою пристосування(рис. 4.3):

$$\sum M_o = 0;$$

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{пр} \cdot h + F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot R + F3 \cdot h2 = 0;$$

$$F_2 = f \cdot (P_1 - P_{пр} + P \cdot \sin\gamma) = f \cdot P_1 - f \cdot P_{пр} + f \cdot P \sin\gamma;$$

$$F_1 = f \cdot P; \quad (4.12)$$

$$F_3 = f \cdot P_1; \quad (4.13)$$

$$P = \frac{W}{2cos\gamma}; \quad (4.14)$$

$$P = \frac{6912}{2\cos 70} = 10165\ H.$$

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{пр} \cdot h + f \cdot P \cdot h_1 + f \cdot P_1 \cdot R - f \cdot P_{пр} \cdot R + f \cdot P \cdot \sin\gamma \cdot R + f \cdot P_1 \cdot h_2 = 0;$$

$$P_1 = \frac{P \cdot (L + f \cdot h_1 + f \cdot \sin\gamma \cdot R) + P_{пр} \cdot (h - f \cdot R)}{L_1 - f \cdot R - f \cdot h_2} \quad (4.15)$$

Сила пружини:

$$P_{пр} = 1{,}2(a \cdot m \cdot f) \quad (4.16)$$

де m = 0,3 кг – маса важеля;

а = 3 – коефіцієнт, що враховує силу подолання тертя пружини в двох місцях – між втулкою та плунжером, а також між регулювальним гвинтом і плунжером.

$$P_{пр} = 1{,}2 \cdot (3 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}3) = 0{,}16\ Н.$$

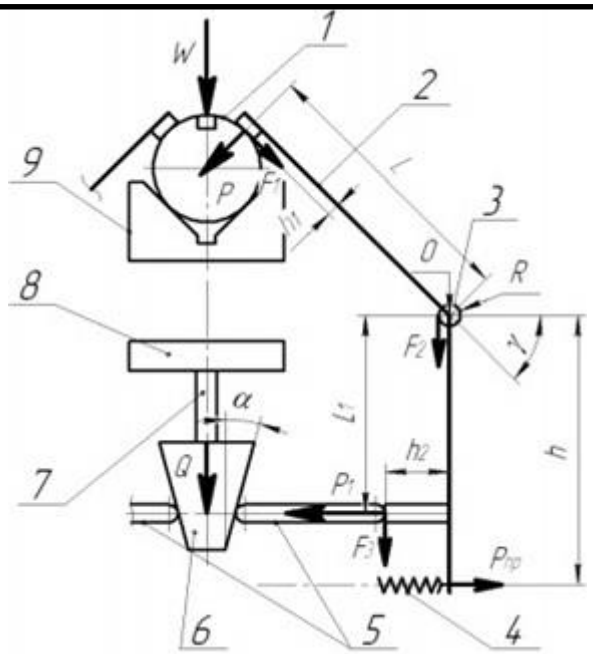


Рис. 4.3 Кінематична схема пристосування

Визначаємо зусилля на штоку:

$$Q = 2\,P_1 \cdot tg(\alpha + \varphi) \qquad (4.17)$$

де α – кут клину;

φ – кут тертя.

$$P_1 = \frac{\mathbf{10165\cdot(0{,}08 + 0{,}015\cdot 0{,}022 + 0{,}15\cdot \sin 70\cdot 0{,}0075) + 0{,}16\cdot(0{,}13 - 0{,}15\cdot 0{,}0075)}}{\mathbf{0{,}062 - 0{,}15\cdot(0{,}0075 - 0{,}005)}} = 14268 \text{ Н.}$$

$$Q = 2 \cdot 14268 \cdot tg(20 + 9) = 15124 \text{ Н.}$$

Гідравлічний привід складається з електродвигуна із пусковою апаратурою (масляний резервуар, насос, гідроциліндри, система трубопроводів, елементи управління й регулювання).

Визначаємо мінімальний діаметр штока гідроциліндра:

$$d = \sqrt{\frac{\mathbf{4*\alpha*Q}}{\mathbf{\pi*[\sigma]}}} \qquad (4.18)$$

де р – номінальний тиск в гідравлічній системі;

α – коефіцієнт затягування;

[σ] – допустиме напруження на розтяг для матеріалу штока:

$$d = \sqrt{\frac{\mathbf{4*2.25*15124}}{\mathbf{3.14*100}}} = \mathbf{15,8} \text{ мм.}$$

Приймаємо мінімальний діаметр різі на штоці гідроциліндра

d = 16 мм.

Зовнішній діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{p*\eta*\pi}} \quad (4.29)$$

$$D = \sqrt{\frac{4*15124}{3.14*5*0.85}} = 65 \text{ мм.}$$

5 Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК

G-code(G-код) – це мова програмування, яка використовується для управляння верстатами з ЧПК, такими як токарні, фрезерні, шліфувальні, лазерні та 3D принтери.

G-коди необхідні для:

- управління рухом: задає траєкторію руху інструменту;
- керування інструментом: вмикання/вимикання шпинделя, зміни швидкості обертання шпинделя та заміни інструменту;
- контролю швидкості та подачі механічного обробляння;

Основні команди G-коду:

G00- швидке переміщення інструменту

G01- робочий хід інструменту

G02/G03- кругові інтерполяції

M-коди- допоміжні команди

M01- пауза у програмі

M03/M04- вмикання обертів шпинделя

M05- зупинка обертів шпинделя

M06- заміна інструменту

M08- увімкнення подачі охолодження мастильно-охолоджувальною рідиною (МОР)

M09- зупинка подачі охолодження

M30-кінець програми, повернення верстату в початкову позицію.[27]

Inventor CAM - це CAM (Computer-aided manufacturing) система, що інтегрується в середовище Autodesk Inventor. Вона призначена для створення траєкторій механічного обробляння деталей та керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Для створення програми обробляння деталі необхідно створити 3D модель деталі та заготованки (рис. 5.1, рис. 5.2)

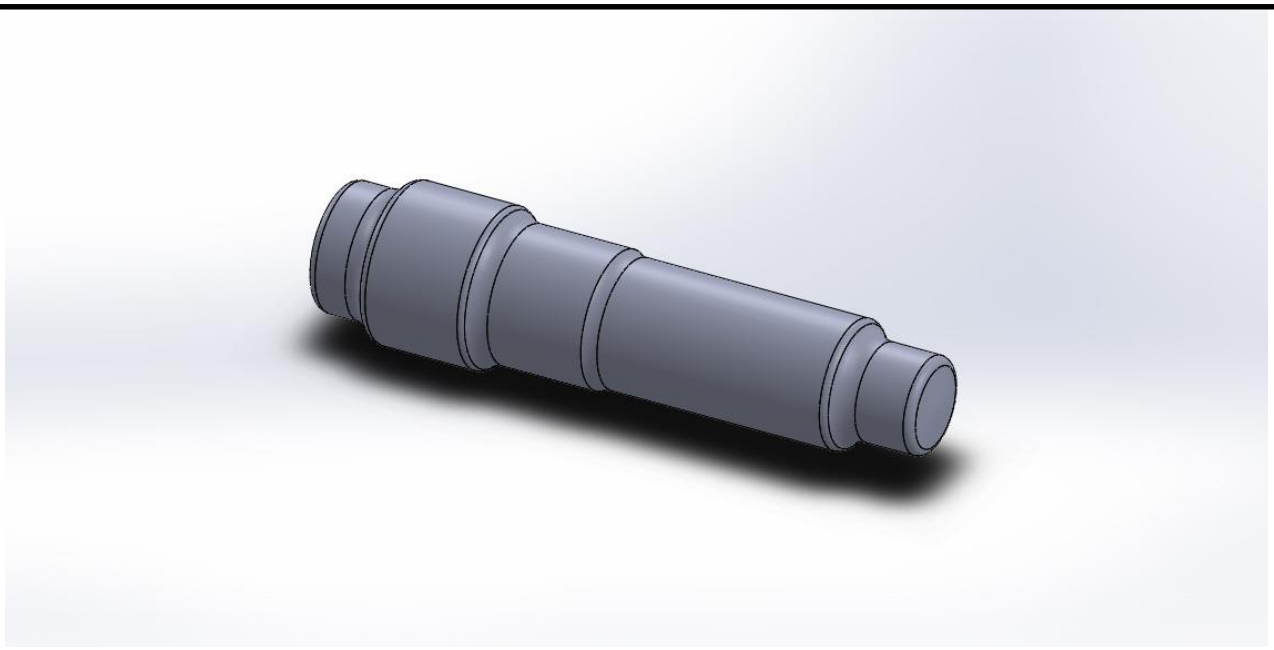


Рис. 5.1 3D-модель заготованки.

Рис. 5.2 3D-модель деталі «Вал ПМ-0051.21.02»

Завантажуємо деталь в середовище InventorCAM та задаємо заготовку рис.5.3

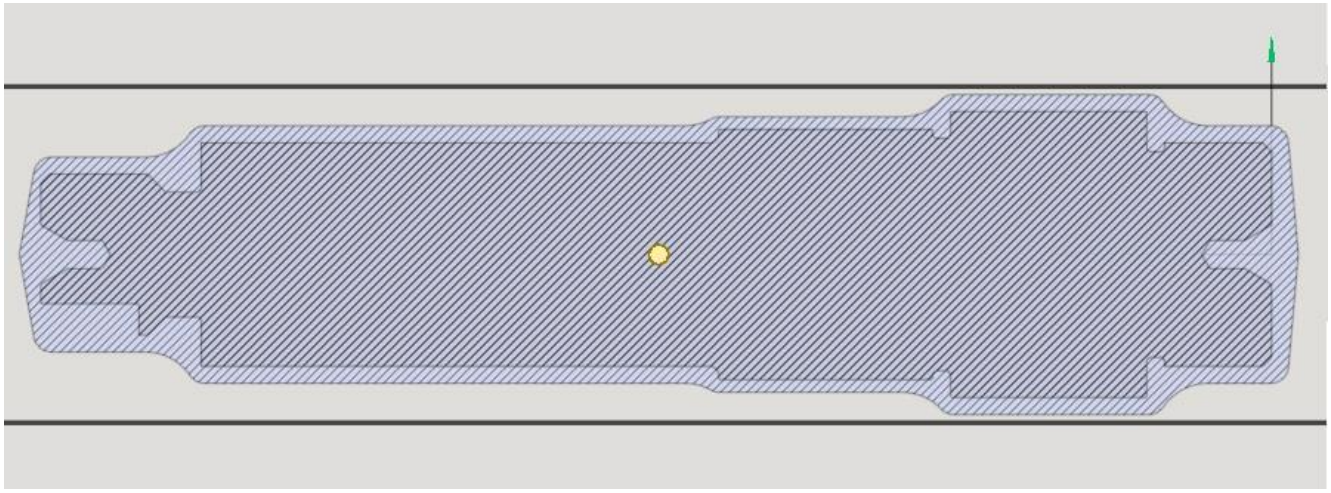


Рис. 5.3 Ескіз заготованки та деталі в середовищі Inventor CAM

Наступним кроком в створенні програми є наповнення інструментального кошика.

Створення траєкторії для операції 010, переходу 1(рис.5.4)

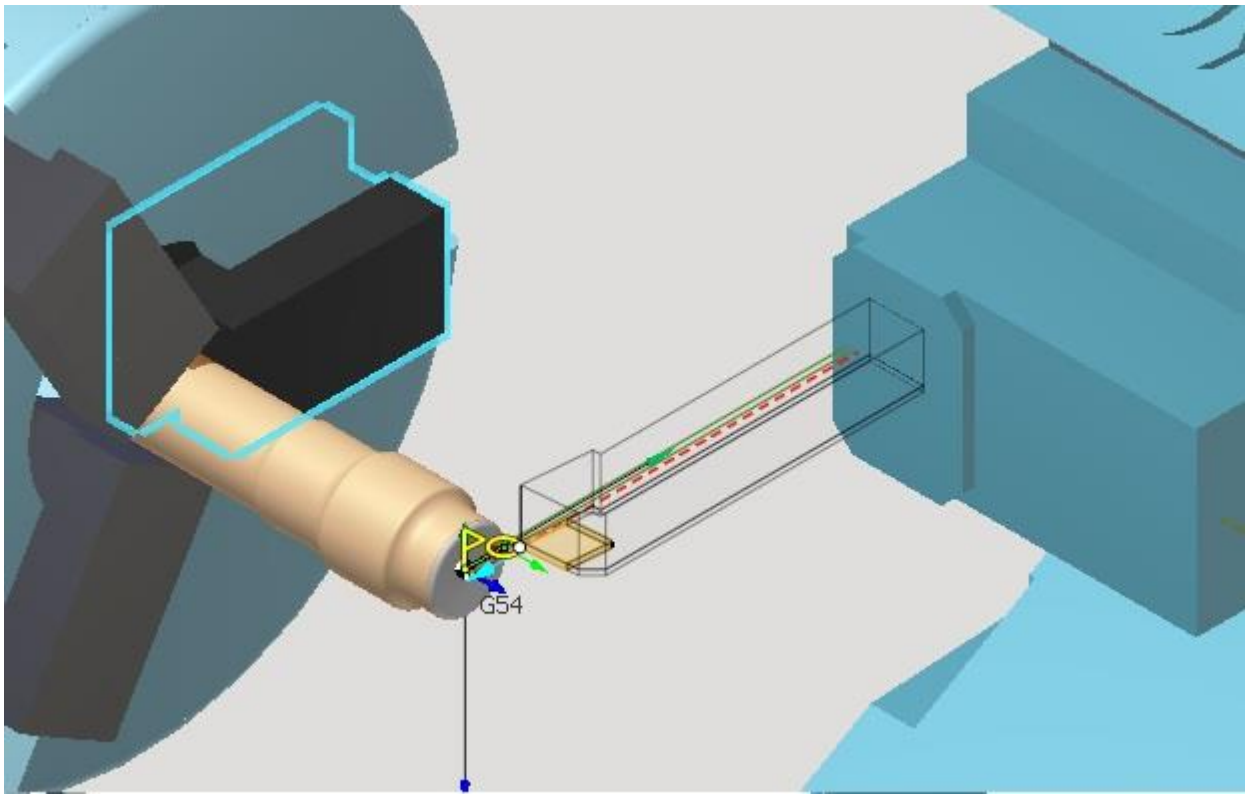


Рис. 5.4 Траєкторія інструменту для операції 010 переходу 1(підрізання торця)

Створення траєкторії для операції 010, переходу 2, 3 чорнового обточування поверхонь 3 та 5(рис.5.5)

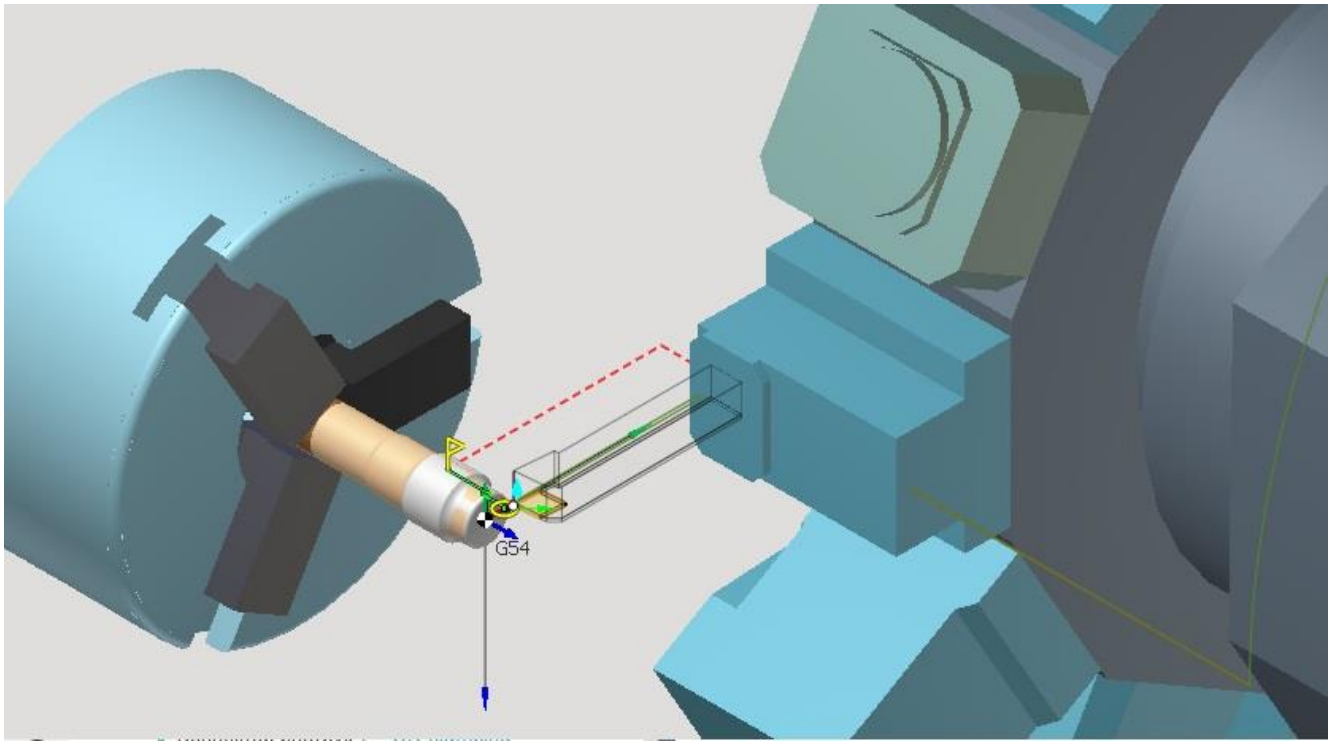


Рис. 5.5 Траєкторія інструменту для операції 010 переходу 2(чорнового обточування поверхонь 3 та 5)

Створення траєкторії для операції 010 переходу 5, свердління центрувального отвору (рис. 5.6)

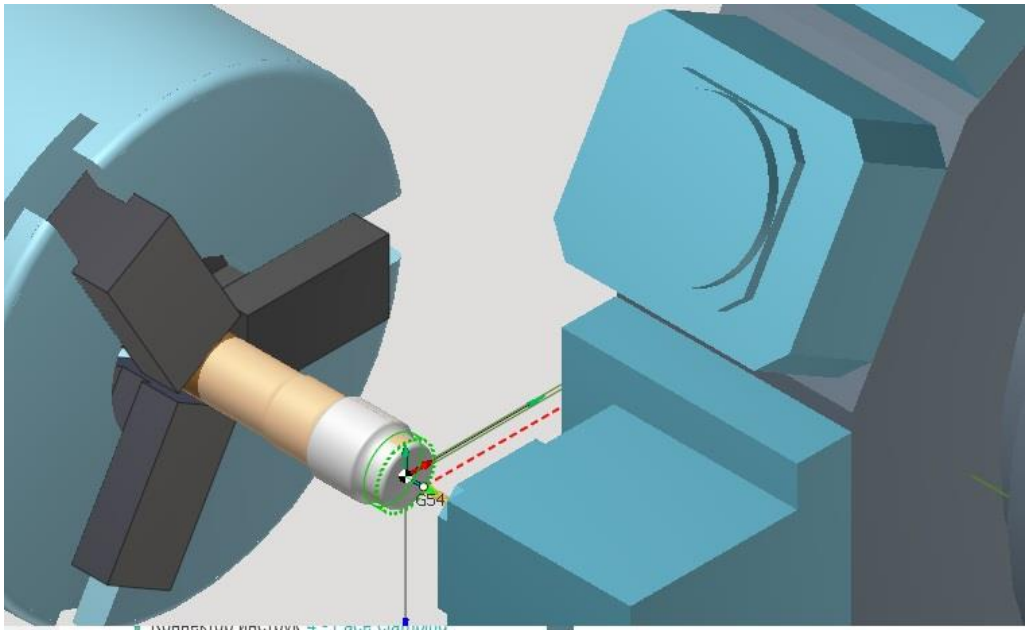


Рис. 5.6 Траєкторія інструменту для операції 010 переходу 3(свердління центрувального отвору)

Створення траєкторії для операції 015, переходу 1 підрізання фаски поверхня 2(рис.5.7)

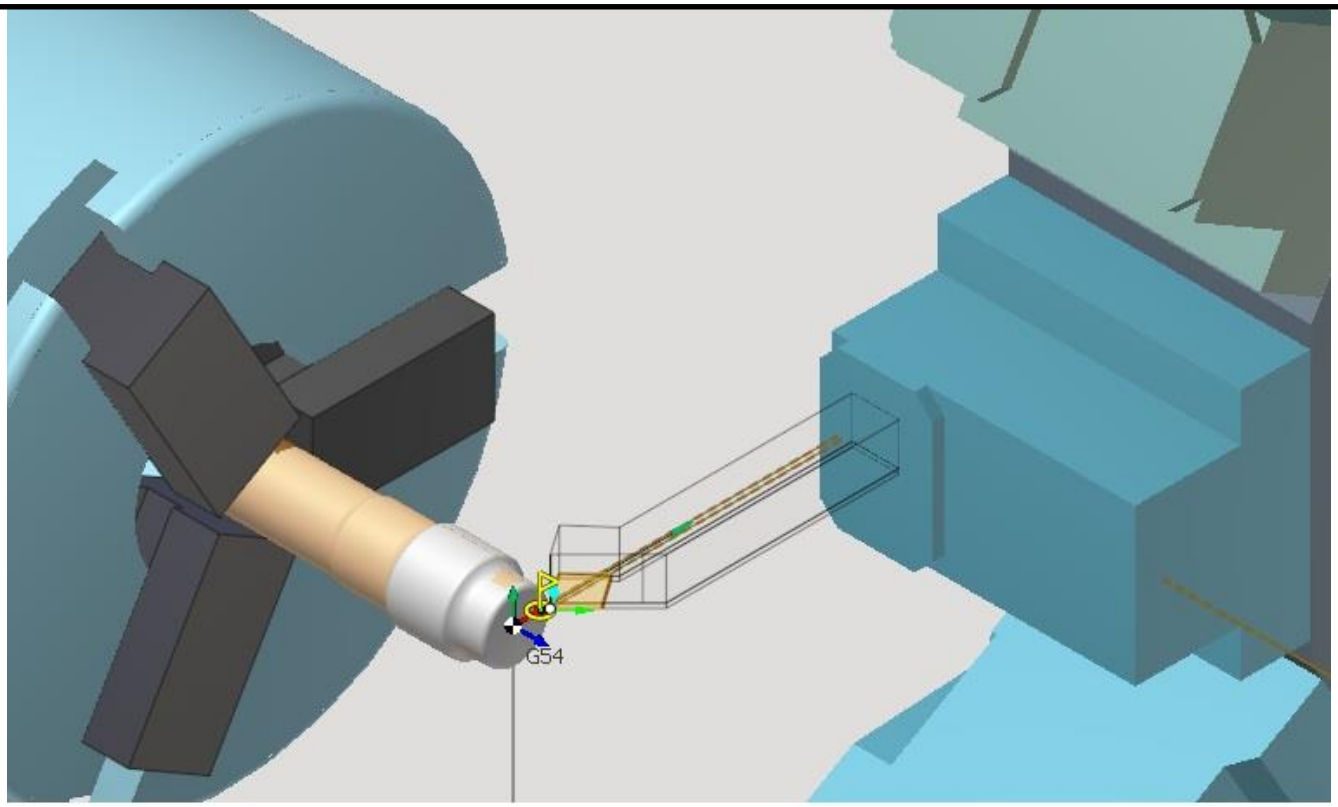


Рис. 5.7 Траєкторія інструменту для операції 015 переходу 1(підрізання фаски)

Створення траєкторії для операції 015, переходу 2 точіння радіусної канавки поверхня 4(рис.5.8)

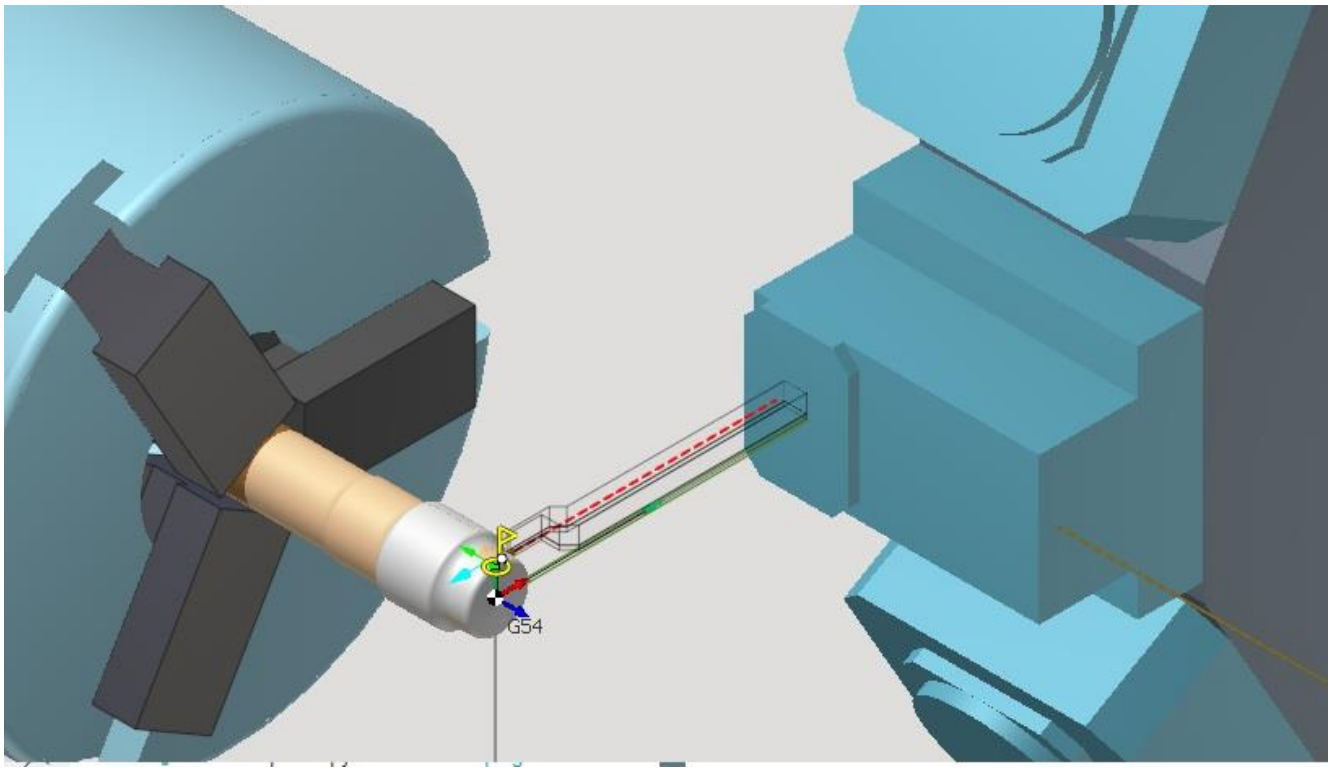


Рис. 5.8 Траєкторії для операції 015, переходу 2 точіння радіусної канавки поверхня 4

Створення траєкторії для операції 020, переходу 1 чистового обточування поверхні 3 (рис.5.9)

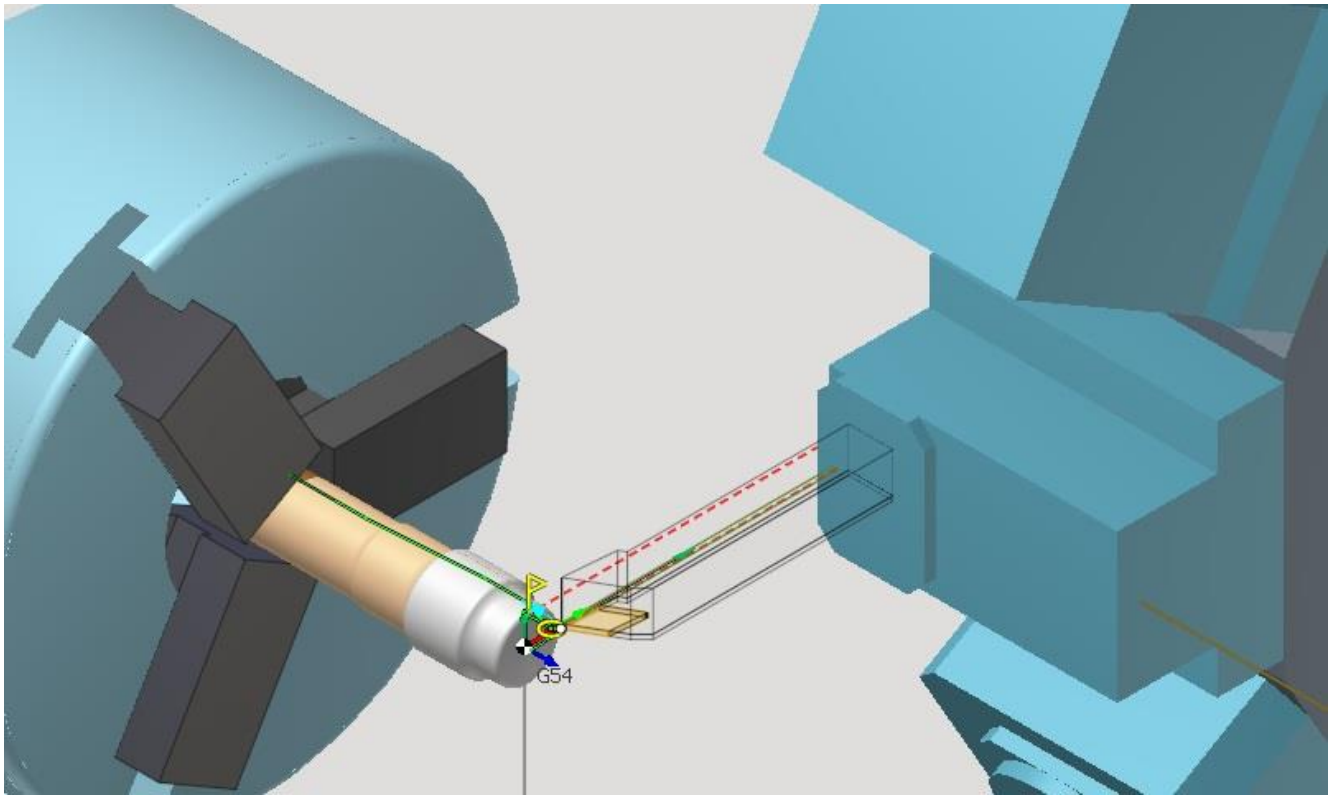


Рис. 5.9 Траєкторія для операції 020, переходу 1 (чистове обточування поверхні 3)

6. Визначення похибки базування для деталей типу вали в призмі під час фрезерування шпонкових пазів

Під час встановлення деталей типу тіл обертання у верстатному пристосуванні на свердлильних, фрезерних та фрезерно-розточувальних верстатах зазвичай базою є зовнішні циліндричні поверхні та торець деталі. Це реалізовує схему подвійної напрямної та опорної бази. Для забезпечення цієї схеми застосовують різноманітні конструкції призм з кутами 60°, 90° та 120°. Головна перевага використання призм полягає в автоматичному розташуванні заготованки в площині симетрії призми. Найбільш часто у виробничих пристосуваннях використовують призми з кутом 90°, оскільки вони забезпечують кращу стійкість заготованки в порівнянні з призмами з кутом 120° та водночас допускають ширший діапазон діаметрів заготованок, ніж призми з кутом 60°.

Під час базування валів, центр заготованки може зміщуватись у площині симетрії призми в наслідок допуску на розмір зовнішнього діаметра. Через це виникає похибка базування при встановленні в призму.

Базування заготованки у верстатному пристрою є важливим етапом операції механічного оброблянн, що безпосередньо впливає на точність обробляння. Похибка базування εб – це відхилення фактичного положення заготованки від необхідного, яке виникає у випадку коли вимірна база та технологічна не суміщаються. Похибка визначається як відстань між крайніми положеннями проекцій вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру. Це означає, що при базуванні кожної заготованки в партії її вимірювальна база може зміщуватися відносно оброблюваної поверхні.

У загальному випадку розрахунок похибки базування здійснюється за спеціальним алгоритмом (рис.6.1). На кресленнях розміри оброблюваних поверхонь зазвичай задають від різних баз. Наприклад, при обробляннні шпонкових пазів та лисок на валах, встановлених у призмах, часто застосовується схема базування, показана на рис.6.2. У цій схемі можуть задаватись такі розміри:

h_1- від нижньої твірної валу до оброблюваної поверхні;

h_2- від верхньої твірної до оброблюваної поверхні;

h_3 – від осі валу до оброблюваної поверхні.

Рис. 6.1 Алгоритм визначення похибки базування.[3]

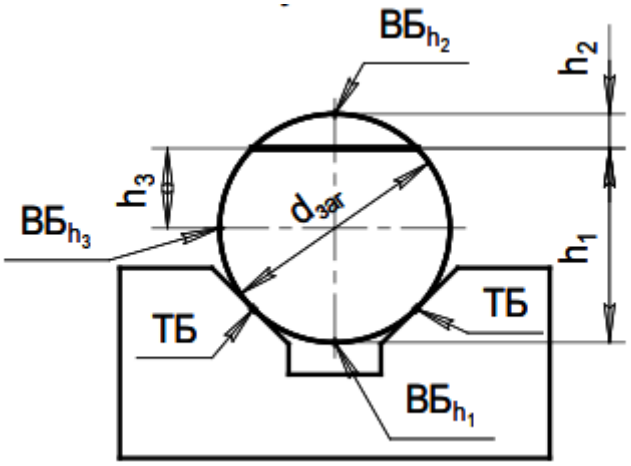


Рис. 6.2 Схема базування деталі типу вал.[3]

Особливість полягає в тому, що вимірні бази для кожного з цих розмірів не збігаються з технологічною базою, що спричиняє похибку базування εб. Технологічна база у випадку призматичного базування – це точки контакту заготованки з призмою (точки ТБ), а вимірні бази для розмірів h_1, h_2, h_3 знаходяться у відповідних точках ВБh_1, ВБh_2, ВБh_3.

Величина похибки базування εб залежить від схеми базування та допуску на базовий діаметр заготовки Td та кута призми α.

Похибки базування валів для розмірів h_1, h_2, h_3 розраховуються за формулами[3]:

$$\varepsilon_{б_{h_1}} = \frac{Td}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \quad \varepsilon_{б_{h_2}} = \frac{Td}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} + 1 \right); \quad \varepsilon_{б_{h_3}} = \frac{Td}{2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2}}.$$

Аналіз цих формул показав, що при встановленні валів у призми, за умови однакового квалітету точності базових поверхонь, величина похибки базування зростає зі збільшенням діаметра базових поверхонь заготованок та зменшенням кута призми α. У таблиці 6.1 наведено числові значення похибок базування валів у призмах з кутами α= 60°, 90°, 120° для розмірів h1, h2, h3 у діапазоні діаметрів заготованок d=18-120 мм. при точності обробляння базових поверхонь за 9 квалітетом.

Таблиця 6.1 Похибка базування валів у призмах.[3]

Діапазон діаметрів заготовок, мм	Похибка базування вала $\varepsilon_б$, мм, при величині кута призми α, °		
	60	90	120
для розміру h_1			
18–30	0,026	0,011	0,004
30–50	0,031	0,013	0,005
50–80	0,037	0,015	0,006
80–120	0,044	0,018	0,007
для розміру h_2			
18–30	0,078	0,063	0,056
30–50	0,093	0,075	0,067
50–80	0,111	0,089	0,080
80–120	0,131	0,105	0,094
для розміру h_3			
18–30	0,052	0,037	0,030
30–50	0,062	0,044	0,036
50–80	0,074	0,052	0,043
80–120	0,087	0,062	0,050

Найменша похибка базування досягається при використанні схеми вимірювання з розміром h1, а найбільша при використанні схеми з розміром h2.

Отже, для зменшення похибки базування під час проектування деталей доцільно обирати саме розмір h1 як контрольний. Результати обчислень також показали, що найменша похибка досягається при базуванні заготованок діаметром 18-30 мм. у призмах із кутом α=120°(рис.6.3). [3]

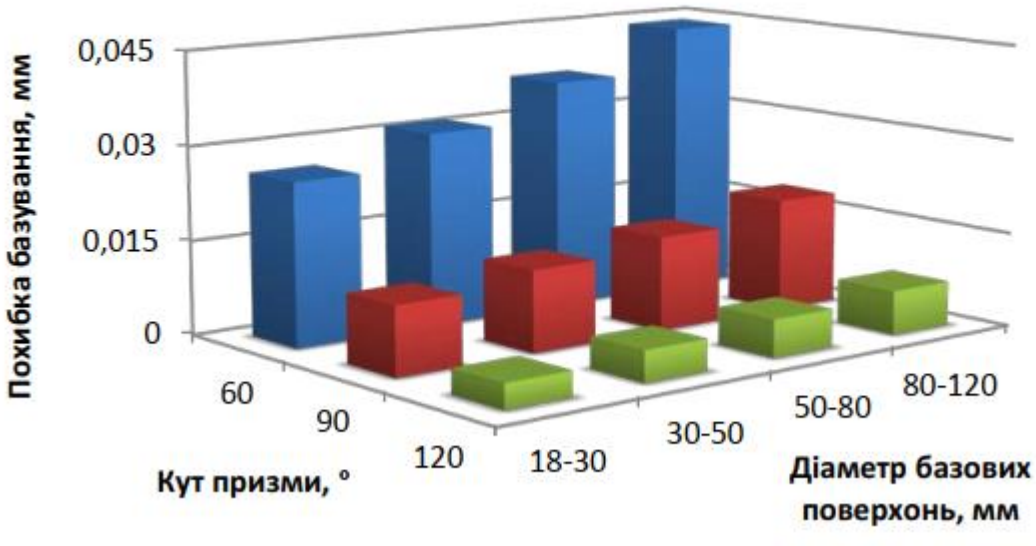


Рис.6.3 Діаграма залежності похибок базування валів для розміру h_1 від кута призми α та діаметра базових поверхонь заготованок.[3]

Якщо ж у призму встановлюють заготованки з одинаковим діаметром базових поверхонь, але виконаними за різними квалітетами точності, спостерігається збільшення похибки базування при переході до нижчих квалітетів (гіршої точності) та при зменшенні кута α (рис.6.4). У таблиці 6.2 наведено відповідні числові значення похибок для призм з кутами α= 60°, 90°, 120° та розмірів h1, h2, h3 у діапазоні діаметрів 30-50 мм. для квалітетів IT6-IT11.

Для можливості обробляння валів діаметром від 5 до 150 мм. на свердлильних та фрезерних верстатах необхідно мати набір з 10 типорозмірів стандартних жорстких опорних призм. Кожен типорозмір призначений для встановлення заготованок у вузькому діапазоні діаметрів 10-15мм.

Якщо ж встановлюється вал з різними діаметрами базових поверхонь, забезпечення паралельності вісі заготованки до площини столу верстата

досягається шляхом регулювання положення призм за допомогою змінних губок(рис.6.5 поз.5) та підкладок(рис.6.5 поз4), що значно збільшує тривалість підготовчо-заключних операцій при переналагодженні.

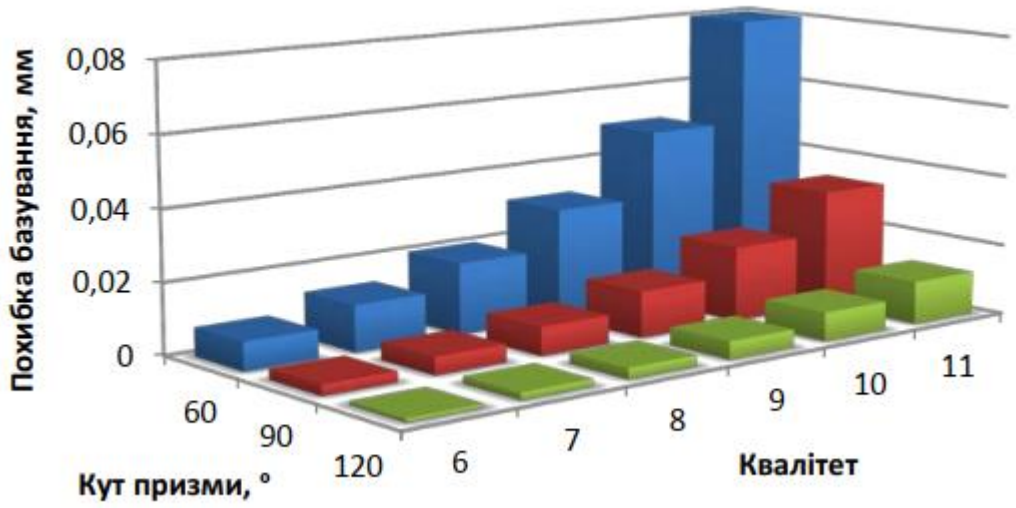


Рис.6.4 Діаграма залежності похибок базування валів для розміру h1 від кута призми α та квалітета точності базових поверхонь заготованок.[3]

Таблиця 6.2 Числові значення похибок для призм з кутами α= 60°, 90°, 120° та розмірів h1, h2, h3 у діапазоні діаметрів 30-50 мм. для квалітетів IT6-IT11 [3]

Квалітет точності базових поверхонь заготовки	Похибка базування вала $\varepsilon_б$, мм, при величині кута призми α, °		
	60	90	120
для розміру h_1			
IT6	0,008	0,003	0,001
IT7	0,013	0,005	0,002
IT8	0,020	0,008	0,003
IT9	0,031	0,013	0,005
IT10	0,050	0,021	0,008
IT11	0,080	0,033	0,012
для розміру h_2			
IT6	0,024	0,019	0,017
IT7	0,038	0,030	0,027
IT8	0,059	0,047	0,042
IT9	0,093	0,075	0,067
IT10	0,150	0,121	0,108
IT11	0,240	0,193	0,172
для розміру h_3			
IT6	0,016	0,011	0,009
IT7	0,025	0,018	0,014
IT8	0,039	0,028	0,023
IT9	0,062	0,044	0,036
IT10	0,100	0,071	0,058
IT11	0,160	0,113	0,092

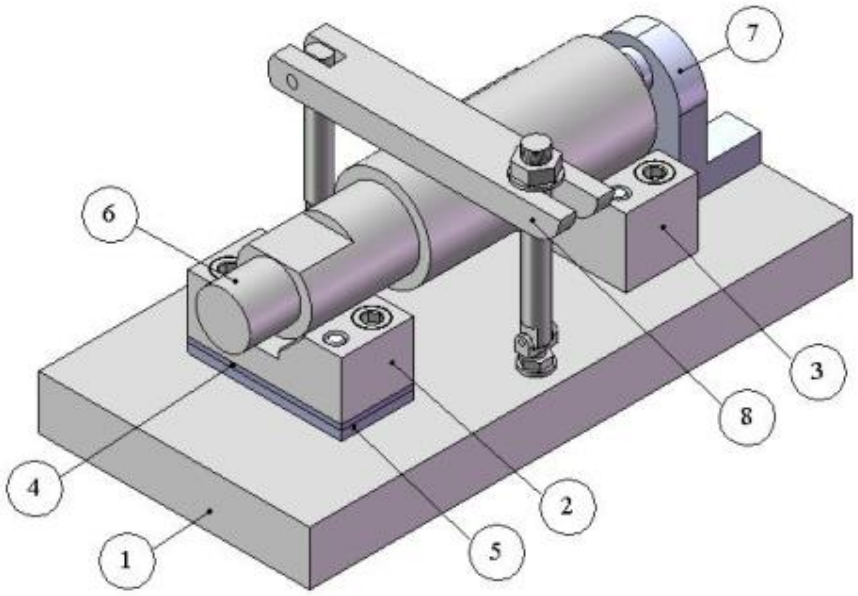


Рис. 6.5 Установлення ступінчастого вала на жорстких опорних призмах.[3]

Висновки

У бакалаврській роботі розроблено проєктний технологічний процес виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» в умовах автоматизованого виробництва.

В процесі виконання роботи:

- проведено аналіз конструкції деталі, її функціонального призначення та вимог до точності й шорсткості поверхонь, які підлягають механічному оброблянню;
- оцінено технологічність деталі та обгрунтовано вибір заготованки, виготовленої методом штампування;
- розроблено маршрут механічного обробляння, включаючи токарні, фрезерні та шліфувальні операції, з використанням верстатів з ЧПК;
- розраховано міжопераційні припуски, допуски, режими різання та норми часу;
- спроєктовано спеціальний верстатний пристрій з гідроприводлм для закріплення деталі під час фрезерування шпонкового пазу, а також виконано силовий розрахунок елементів пристрою;
- розроблено керуючу програму для токарного верстату з ЧПК;
- підготовано комплект технологічної документації, необхідний для технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» в умовах автоматизованого виробництва.

Застосування розробленого технологічного процесу дозволить забезпечити високу якість виготовлення деталі, зменшити виробничі витрати, підвищити продуктивність праці та рівень автоматизації.

Перелік використаних джерел

1. Технологія обробки типових деталей і складання машин : навчальний посібник. / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук. – Краматорськ - Тернопіль : ДДМА, 2023. – 132 с. (с.62-67).
2. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин : підручник / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський; за ред. В. А. Кириловича. – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.
3. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / О-62 В. Є. Карпусь, О. В. Котляр, В. О. Іванов.; за ред. В. Є. Карпуся. - Харків : НТМТ, 2012. - 296 с.
4. Івщенко, Л. Й. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці / Л. Й. Івщенко, В. В. Петрикін. - Харків : Компанія СМІТ, 2006. - 320 с.
5. Волчок, І. П. Сучасні виробничі технології у машинобудуванні та металургії : навчальний посібник / І. П. Волчок, В. М. Плескач, І. А. Шестаков. - Запоріжжя : ЗНТУ, Дике поле, 2006. - 360 с.
6. Паливода Ю.Є. Заготовки у машинобудівному виробництві: навч.-метод. Посібник/Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун – Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2022. – 148 с.
7. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С.. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 353 с.
8. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 15,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с. – Назва з екрана.

9. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
10. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,7 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.– 102с.
11. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
12. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: Навч. посіб. / М. П. Ревнівцев, Н. П. Паршина.— К.: Видавництво А.С.К., 2006. — 416 с.
13. Грабченко А.І. Г 25 Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб. / А. І. Грабченко, М. Д. Узунян, Н. В. Зубкова та ін. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – 88 с.
14. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 116 с. с.90-94
15. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.

16.Технологічна оснастка механоскладального виробництва : підручник / А. І. Боровик - Київ : Кондор, 2021 - 726 с.
17.Петров О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
18.Медведєв, В. С. Технологічна оснастка : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
19. Панчук В. Г. Бакалаврська робота: методичні вказівки/ В. Г. Панчук, Р.Т. Карпик, В.В. Врюкало, З.М. Одосій. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 50 с.
20.ДСТУ EN 10020:2019. Сталь. Класифікація за основними якісними характеристиками. — [Чинний від 2020-01-01].
21.Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b (характеристики) URL: https://www.dn-solutions.com/global/product/turning-center/2-axis-horizontal/lynx-210-b.do (дата звернення 11.05.2025)
22.Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000 (характеристики) URL: https://www.dn-solutions.com/global/product/machining-center/tapping-center/t-4000.do (дата звернення 11.05.2025)
23.Кругло-шліфувальний верстат з чпк E-tech EGR-2550CNC (характеристики) URL: https://www.etechtw.com/product/detail-17.html (дата звернення 11.05.2025)
24.Круг шліфувальний на керамічній зв`язці 1 450х50х203 мм 54С F46 K 6 35 URL: https://shop.zak.ua/kruh-shlifuvalnyi-na-keramichnii-zv%60iaztsi-1-450x50x203-mm-54s-f46-k-6-35/ (дата звернення 13.05.2025)
25. Kennmetal, каталог інструменту URL: https://www.kennametal.com/us/en/home.html (дата звернення 12.05.2025)
26.Трикулачковий патрон з гідроприводом OZKAYALI OZ803-3 (характеристики) URL:https://ocean.biz.ua/stanochnaya-osnastka/patron-ozkayali-oz803-3 (дата звернення 11.05.2025)
27. Фреза CoroMill 172 URL: https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/tools/milling-tools/gear-milling-tools/coromill-172 (дата звернення 14.05.2025)

27. Список G-кодів URL: https://ua.jidemachinery.com/info/g-code-list-of-syntec-system-machining-center-62498073.html (дата звернення 30.05.2025)

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Замітки
				Документація		
			БР.ПМ-0051.21.02СК	Складальне креслення		
				Збірні одиниці		
			БР.ПМ-0051.21.02.00	Призма	1	
				Деталі		
		1	БР.ПМ-0051.21.02.01	Корпус	1	
		2	БР.ПМ-0051.21.02.02	Корпус	1	
		3	БР.ПМ-0051.2.021.03	Поршень	1	
		4	БР.ПМ-0051.21.02.04	Шток	1	
		5	БР.ПМ-0051.21.02.05	Кришка	1	
		6	БР.ПМ-0051.21.02.06	Важіль	2	
		7	БР.ПМ-0051.21.02.07	Клин	1	
		8	БР.ПМ-0051.21.02.08	Палець	2	
		9	БР.ПМ-0051.21.02.09	Штуцер	1	
		10	БР.ПМ-0051.21.02.10	Штуцер	1	
				Стандартні вироби		
		12		Болт М10х40 ДСТУ 4017:2001	2	
		13		Гвинт М6х20 ДСТУ 7045:2006	1	
		14		Гвинт М6х22 ДСТУ 7045:2006	4	
		15		Гвинт М6х25 ДСТУ 7045:2006	1	

Из	Лис	№ докум	Підпис	Дата	БР.ПМ-0051.21.02		
Розроб.		А. Хромей				Лит	Лис 1 / Листів 2
Перевір		Л. Пітулей					
Т.контр.		Л. Пітулей					
Н.контр.						ІФНТУНГ ПМ-21-1	
Утв.		В. Панчук					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Замітки
		16		Гвинт М5х25 ДСТУ 7045:2006	2	
		17		Гвинт М10х40 ДСТУ 7045:2006	2	
		18		Гайка М10 ДСТУ 5915:2008	2	
		19		Гайка М16 ДСТУ 5915:2008	1	
		20		Призма ДСТУ 12195	2	
		21		Пружина ДСТУ 2262-93	1	
		22		Шпилька м16х80 ДСТУ 225-2001	1	
				Матеріали		
		7		Набивка сальника АП-3 ДСТУ 5152	11	
		24		Кільце гумове ДСТУ 18829:2019	1	
		25		Кільце гумове ДСТУ 18829:2019	2	

Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	БР.ПМ-0051.21.02	Арк. 2

Додаток Б Код керуючої програми для механічного обробляння на токарному верстаті.

Установ 1

```
%
O1
( Tools list )
( T02    IC16 Re0.2  )
( T04    3.15mm )
( T06    La2 Re0.4 )
( T08    IC16 Re0.2 )
( T10    IC16 Re0.2 )

N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40
N2 G53 Z0.
N3 G53 B0.C0.

N4 ( Lathe facing 1 )
N5 G53 Z0.
N6 T2 M06 (IC16 Re0.2)
N7 S150 M04
N8 G00 G43 Z3.1 H2
N9 X17.198
N10 Y0.
N11 Z0.
N12 G01 X-0.24 F1 M08
N13 Z2.8
N14 G00 Z3.1
N15 X17.198
N16 ( OD Roughing 1 )
N17 G00 G43 Z1.3 H2
N18 X17.007
N19 X16.007
N20 G01 Z-13.1
```

N21 X16.3

N22 Z-40.202

N23 X16.949 Z-40.85

N24 X17.007

N25 X17.307 Z-40.55

N26 G00 Z1.3

N27 X15.007

N28 G01 Z-13.1

N29 X16.007

N30 X16.307 Z-12.8

N31 G00 Z1.3

N32 X14.007

N33 G01 Z-13.1

N34 X15.007

N35 X15.307 Z-12.8

N36 G00 Z1.3

N37 X13.007

N38 G01 Z0.026

N39 X13.85 Z-0.817

N40 Z-13.1

N41 X14.007

N42 X14.307 Z-12.8

N43 G00 Z1.3

N44 X12.85

N45 G01 Z0.183

N46 X13.007 Z0.026

N47 X13.307 Z0.326

N48 G00 Z1.

N49 X12.55

N50 G01 Z-0.117

N51 X13.55 Z-1.117

N52 Z-13.4

N53 X16.

N54 Z-40.502

N55 X16.649 Z-41.15

N56 X16.707

N57 G00 M09

N58 G28 U0.

N59 G28 W0.

N60 (OD Roughing 2)

N61 G53 Z0.

N62 T10 M06 (IC16 Re0.2)

N63 S150 M04

N64 G00 G43 Z1.5 H10

N65 X14.3

N66 Y0.

N67 X13.3

N68 G01 Z-0.5 F1 M08

N69 X14.3

N70 X14.6 Z-0.2

N71 G00 Z1.5

N72 X12.3

N73 G01 Z-0.117

N74 X12.683 Z-0.5

N75 X13.3

N76 X13.6 Z-0.2

N77 G00 Z1.5

N78 X11.8

N79 G01 Z0.383

N80 X12.3 Z-0.117

N81 X12.6 Z0.183

N82 G00 Z1.2

N83 X11.5

N84 G01 Z0.083

N85 X12.383 Z-0.8

N86 X14.

N87 G00 M09

N88 G28 U0.

N89 G28 W0.

N90 (OD Grooving 1)

N91 G53 Z0.

N92 T6 M06 (La2 Re0.4)

N93 S150 M04

N94 G00 G43 Z-14. H6

N95 X17.

N96 Y0.

N97 X16.299

N98 G01 X11.598 F1 M08

N99 G00 X17.

N100 M09

N101 G28 U0.

N102 G28 W0.

N103 (Lathe hole machining 1)

N104 G53 Z0.

N105 T4 M06 (3.15mm)

N106 G97 S995 M04

N107 G00 G43 Z10. H4

N108 X0.

N109 Y0.

N110 G80 M08

N111 M09

N112 G28 U0.

N113 G28 W0.

N114 G49

N115 (OD Finishing 1)

N116 G53 Z0.

N117 T8 M06 (IC16 Re0.2)

N118 G96 S150 M04

N119 G00 G43 Z1.121 H8

N120 X15.271

N121 Y0.

N122 G01 X13.15 Z-1.2 F1 M08

N123 Z-12.207

N124 X13.025 Z-14.

N125 X15.8

N126 X18.121 Z-11.879

N127 M09

N128 M05

N129 G00 G28 U0.

N130 G28 W0.

M30

Установ 2

%

O1

(Tools list)

(T02 IC16 Re0.2)

(T04 3.15mm.)

(T06 IC16 Re0.2)

(T08 IC16 Re0.2)

(T10 La2 Re0.2)

(T11 IC16 Re0.2)

N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40

N2 G53 Z0.

N3 G53 B0.C0.

N4

N5 G53 Z0.

N6 T2 M06 (IC16 Re0.2)

N7 S150 M04

N8 G00 G43 Z141.1 H2

N9 X13.7

N10 Y0.

N11 Z138.

N12 G01 X-0.24 F1 M08

N13 Z140.8

N14 G00 Z141.1

N15 X13.7

N16

N17 G00 G43 Z139.866 H2

N18 X18.6

N19 X17.6

N20 G01 Z33.49

N21 X18.6

N22 X18.9 Z33.79

N23 G00 Z139.866

N24 X16.6

N25 G01 Z33.49

N26 X17.6

N27 X17.9 Z33.79

N28 G00 Z139.866

N29 X15.6

N30 G01 Z36.3

N31 X16.3

N32 Z33.49

N33 X16.6

N34 X16.9 Z33.79

N35 G00 Z139.866

N36 X14.6

N37 G01 Z36.3

N38 X15.6

N39 X15.9 Z36.6

N40 G00 Z139.866

N41 X13.6

N42 G01 Z62.3

N43 X14.3

N44 Z36.3

N45 X14.6

N46 X14.9 Z36.6

N47 G00 Z139.866

N48 X12.6

N49 G01 Z120.3

N50 X12.8

N51 Z63.102

N52 G18 G02 X13.6 Z62.3 I0.8 K-0.002

N53 G01 X13.9 Z62.6

N54 G00 Z139.866

N55 X11.6

N56 G01 Z120.3

N57 X12.6

N58 X12.9 Z120.6

N59 G00 Z139.866

N60 X10.6

N61 G01 Z120.3

N62 X11.6

N63 X11.9 Z120.6

N64 G00 Z139.866

N65 X9.949

N66 G01 X9.6 Z139.517

N67 Z120.3

N68 X10.6

N69 X10.9 Z120.6

N70 G00 Z139.517

N71 X9.9

N72 G01 X9.6

N73 X9.3 Z139.217

N74 Z120.3

N75 X9.6

N76 X9.9 Z120.6

N77 G00 X10.9

N78 Z139.566

N79 X9.649

N80 G01 X9. Z138.917

N81 Z120.

N82 X12.5

N83 Z62.802

N84 G02 X13.302 Z62. I0.8 K-0.002

N85 G01 X14.

N86 Z36.

N87 X16.

N88 Z33.19

N89 X18.3

N90 G00 M09

N91 G28 U0.

N92 G28 W0.

N93

N94 G53 Z0.

N95 T6 M06 (IC16 Re0.2)

N96 S150 M04

N97 G00 G43 Z139.5 H6

N98 X10.3

N99 Y0.

N100 X9.3

N101 G01 Z137.5 F1 M08

N102 X10.3

N103 X10.6 Z137.8

N104 G00 Z139.5

N105 X8.3

N106 G01 Z138.383

N107 X9.183 Z137.5

N108 X9.3

N109 X9.6 Z137.8

N110 G00 Z139.5

N111 X8.3

N112 G01 Z138.383

N113 X8.6 Z138.683

N114 G00 Z139.2

N115 X8.

N116 G01 Z138.083

N117 X8.883 Z137.2

N118 X10.

N119 G00 M09

N120 G28 U0.

N121 G28 W0.

N12

N123 G53 Z0.

N124 T4 M06 (3.15mm.)

N125 G97 S995 M04

N126 G00 G43 Z148. H4

N127 X0.

N128 Y0.

N129 G81 Y0. R0. F200 M08

N130 Z148.009

N131 G80

N132 M09

N133 G28 U0.

N134 G28 W0.

N135 G49

N136
N137 G53 Z0.
N138 T10 M06 (La2 Re0.2)
N139 G96 S150 M04
N140 G00 G43 Z122.933 H10
N141 X10.4
N142 Y0.
N143 X9.299
N144 G01 X7.816 F1 M08
N145 G00 X9.299
N146 Z121.467
N147 G01 X7.
N148 G00 X9.3
N149 Z120.
N150 G01 X7.
N151 X7.2 Z120.2
N152 G00 X10.4
N153
N154 G00 G43 Z36. H10
N155 X27.5
N156 X14.3
N157 G01 X13.296
N158 G00 X28.3
N159 M09
N160 G28 U0.
N161 G28 W0.

N162
N163 G53 Z0.
N164 T8 M06 (IC16 Re0.2)
N165 S150 M04

N166 G00 G43 Z122.121 H8

N167 X15.101

N168 Y0.

N169 G01 X12.98 Z119.8 F1 M08

N170 Z62.8

N171 G02 X13.78 Z62. I0.8 K0.

N172 G01 X14.33

N173 Z37.793

N174 X14.285 Z37.152

N175 X18.686 Z37.366

N176 M09

N177 G00 G28 U0.

N178 G28 W0.

N179

N180 G53 Z0.

N181 T11 M06 (IC16 Re0.2)

N182 S150 M04

N183 G00 G43 Z142.017 H11

N184 X12.1

N185 Y0.

N186 X8.782

N187 Z126.017 M08

N188 X10.582 Z124.978

N189 X12.1

N190 Z141.965

N191 X8.691

N192 Z125.965

N193 X10.491 Z124.926

N194 X12.1

N195 Z142.005

N196 X8.622

N197 Z126.005

N198 X10.422 Z124.966

N199 X12.1

N200 Z141.971

N201 X8.564

N202 Z125.971

N203 X10.364 Z124.932

N204 X12.1

N205 Z142.001

N206 X8.512

N207 Z126.001

N208 X10.312 Z124.962

N209 X12.1

N210 Z141.972

N211 X8.462

N212 Z125.972

N213 X10.262 Z124.933

N214 X12.1

N215 Z142.001

N216 X8.412

N217 Z126.001

N218 X10.212 Z124.962

N219 X12.1

N220 Z141.972

N221 X8.362

N222 Z125.972

N223 X10.162 Z124.933

N224 X12.1

N225 Z142.001

N226 X8.312

N227 Z126.001

N228 X10.112 Z124.962

N229 X12.1

N230 Z142.

N231 X8.31

N232 Z126.

N233 X10.11 Z124.961

N234 X12.1

N235 Z142.

N236 X8.3

N237 Z126.

N238 X10.1 Z124.961

N239 X12.1

N240 Z142.

N241 X8.3

N242 Z126.

N243 X10.1 Z124.961

N244 X12.1

N245 Z142.

N246 M09

N247 M05

N248 G28 U0.

N249 G28 W0.

M30

Дубл.												
Взам.												
Оригінал									Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

Розроб.	*А. Хромей*			*ІФНТУНГ*	БР.ПМ-0051.21.02	
Перевір.	*Л. Пітулей*					
Затверд.	*В. Панчук*					
Реценз.	*В. Копей*			Вал ПМ-0051.21.02		*Н*
Н.Контр.	*.Л. Пітулей*					

Кафедра комп’ютеризованого машинобудування

Комплект
технологічної
документації

Технологічний процес
механічного обробляння
деталі «Вал ПМ-0051.21.02»

Розробив Хромей А. І.
Перевірила Пітулей Л. Д.

Акт №____ від

ТЛ	Технологічний процес виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02»

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
			1	1

Розроб.			
Перевір.			
Затверд.			
Н.Контр.			

ІФНТУНГ | **БР.ПМ-0051.21.02**

Вал ПМ-0051.21.02 | Н

М 01 — Сталь 40Х ДСТУ 7806:2016

	Код	ОВ	МД	ОН	Н.витр.	КВМ	Код заготовки	Профіль і розміри	КД	МЗ
М 02		кг	18	1		0,35		Круг Ø32х138		

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа
А 03				005	Заготівельна	
04						
05						
А 06				010	Токарна з ЧПК	

Б	Код, найменування обладнання	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КООД	ОН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
Р		ПІ / D або B / L	t	i	S		n		V		Тд	То
Б 07	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b											
О 08	1 Підрізати торець в розмір $140,7_{-0,4}$	13	2.7	1	0,05		770		70			0,068
09	2 Точити поверхню 3 розміри Ø27,1±0,026 на базову довжину $14,4_{-0,4}$	14	0,85	1	0,4		1160		105			0,028
10	3 Точити поверхню 5 на прохід в розмір $Ø32_{-0,25}$	22	1,9	1	0,4		930		105			0,062
11	4 Свердлити центрувальний отвір Ø3 на глибину 6,9	6,9	1,6	1	0.25		5000		22.4			0,013
Т 12	Різець: DCLNR2525M12KC04											
Т 13	Свердло центрувальне Ø3,15мм.											
14												

КТП	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	1

ДСТУ 3.1404 **Форма 1а**

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
			2	2	

БР.ПМ-0051.21.02

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КООД	ОН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
К/М	Назва деталі, збірної одиниці або матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КІ	Н.розх.
Р				ПІ	D або B	L	t	і	S		n		V		Тд	То
Р					мм	мм	мм		мм (мм/хв.)		1/хв.		м/хв.		хв.	хв.
А 03	015 Токарна з ЧПК															
Б 04	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b															
О 05	*1 Точити фаску (поверхня 2) 1х45°*					*1*	1	1	0,4		1200		105			0,002
06	*2 Точити радіусну канавку (поверхня 4) Ø23$_{-0,21}$ х2,2$_{-0,1}$*					*2*	2,05	1	0,2		3300		60			0,002
Т 07	*Різець: : DCSNR2525M12KC04*															
08	*Різець: A3SCR2525M0226*															
09																
А 10	*020* Токарна з ЧПК															
Б 11	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b															
О 12	*1 Точити поверхню 3 в розмір Ø26.3±0,01*					*14*	0,4	1	0,15		1500		120			0,027
Т 13	*Різець: PDJNR2525M11*															
14																
15																
А 16	*025* Токарна з ЧПК															
Б 17	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b															
О 18	*1* Підрізати торець (поверхня 15) в розмір 138$_{-0,4}$					*10*	2.7	1	0,05		770		70			0,068

КТП	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	2

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
			2	2

БР.ПМ-0051.21.02

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОУД	ОН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
К/М	Назва деталі, збірної одиниці або матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КІ	Н.розх.
Р			ПІ	D або B	L	t	i	S		n		V			Тд	То
Р				мм	мм	мм		мм (мм/хв.)		1/хв.		м/хв.			хв.	хв.
03	2 Точити поверхню 13, з підрізанням торця 12 в розміри Ø19$_{-0,084}$ на довжину18$_{-0,084}$					22	1,4	1	0,4		1600		105			0,053
04	3 Точити поверхні 10, 9 в розмір Ø27,2 ±0,065					94	0,8	1	0,4		1200		105			0,252
05	4 Точити галтель(поверхня 8) в розмір R1					2	0,8	1	0,4		1200		105			0,004
06	5 Точити поверхню 7 в розмір Ø29,5 ±0,065					26	0,65	1	0,4		1100		105			0,121
07	6 Свердлити центрувальний отвір Ø3 на глибину 6,9					6,9	1,575	1	0.25		5000		22.4			0,028
Т 08	Різець: DCLNR2525M12KC04															
09	Свердло центрувальне Ø3,15мм.															
10																
А 11				030	Токарна з ЧПК											
Б 12	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b															
О 13	1 очити фаску(поверхня 14) 1х45°					1	1	1	0,4		1600		105			0,002
О 14	2 Точити канавку (поверхня 17) R1, 1х45°,Ø14$_{-0,11}$, на ширину 4$_{-0,06}$					2	1	1	0,4		2300		105			0,002
О 15	3 Точити радіусну канавку R0.5 (поверхня 6) в розмір Ø26$_{-0,13}$ на ширину2$_{-0,06}$					2	1,75	1	0,4		1300		105			0,002
Т 16	Різець: DCLNR2525M12KC04															
17	Різець: A3SCR2525M0226															

ДСТУ 3.1404 **Форма 1а**

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
			2	2

БР.ПМ-0051.21.02

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа
Б	Код, найменування обладнання					СМ / Проф. / Р / УП / КР / КООД / ОН / ОП / К шт. / Т п.з. / Т шт.
К/М	Назва деталі, збірної одиниці або матеріалу					Позначення, код / ОПП / ОВ / ОН / КІ / Н.розх.
Р			ПІ	D або B	L	t / і / S / n / V / Тд / То
Р				мм	мм	мм / мм (мм/хв.) / 1/хв. / м/хв. / хв. / хв.

А	03				035	Токарна з ЧПК												
Б	04	Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b																
Б	05	*1 Точити поверхні 9, 10 в розмір Ø25,96±0,026*					94	0,62	1	0,15		1100		120			0,026	
О	06	*2 Точити поверхню 7 Ø28,66 ±0,026*					26	0,42	1	0,15		1100		120			0,13	
	07	*3 Нарізати різь (поверхня 13) М18х1,5*					16	5	*	*		700		139*			0,45	
Т	08	*Різець: PDJNR2525M11*																
	09	*Різець: NSR2525M3*																
	10																	
А	11				040	Фрезерна з ЧПК												
Б	12	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000																
О	13	*1 Фрезерувати паз (поверхня 16) 6х8х16*					16	4	2	40		800		15			0,13	
Т	14	*Фреза: F2AH0600ADN30*																
	15																	
А	16				045	Фрезерна з ЧПК												

ДСТУ 3.1404 **Форма 1а**

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
			2	2	

БР.ПМ-0051.21.02

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КООД	ОН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
К/М	Назва деталі, збірної одиниці або матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КІ	Н.розх.
Р			ПІ	D або B	L	t	і	S		n			V		Тд	То
Р				мм	мм	мм		мм (мм/хв.)		1/хв.			м/хв.		хв.	хв.
Б 03	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000															
О 04	*1 Фрезерувати паз (поверхня 18) в розміри 8х4х20*					*16*	4	2	40		630		15			0,05
Т 05	*Фреза: F2AH08800ADN30*															
06																
А 07				*050*	Шліцефрезерна											
Б 08	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000															
О 09	*1 Ф*резерувати шліци (поверхня 11)					*244*	4,5(0,15)	17	0,8		100		22,3			1,05
Т 10	*Фреза: RA171.4-64C5-L5*															
11																
А 12				*055*	Контрольна											
Б 13					КВМ											
14																
15																
16																
17																

КТП	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	

ДСТУ 3.1404 **Форма 1а**

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
			2	2

БР.ПМ-0051.21.02

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КООД	ОН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
К/М	Назва деталі, збірної одиниці або матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КІ	Н.розх.
Р				ПІ	D або B	L	t	і	S		n		V		Тд	То
Р					мм	мм	мм		мм (мм/хв.)		1/хв.		м/хв.		хв.	хв.
А 03				060	ТО											
04																
05																
06																
А 07				065	Кругло-шліфувальна з ЧПК											
Б 08	*Кругло-шліфувальний верстат з ЧПК E-tech EGR-2550CNC*															
О 09	*1* Шліфувати поверхню 3 в розмір Ø25,75±0,01					*14*	0,275	1	12		250		19			0,05
10	*2* Шліфувати поверхню 7 в розмір Ø28,24±0,01					*26*	0,21	1	12		250		19			0,09
11	*3* Шліфувати поверхню 9, 10 в розмір Ø25,38±0,01					*96*	0,29	1	12		250		19			0,214
Т 12	*Круг абразивний: Zak 54C F46 L 6 35*															
13																
14																
15																

КТП	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	

ДСТУ 3.1404 **Форма 1а**

Дубл.			
Взам.			
Оригінал			

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
			2	2	

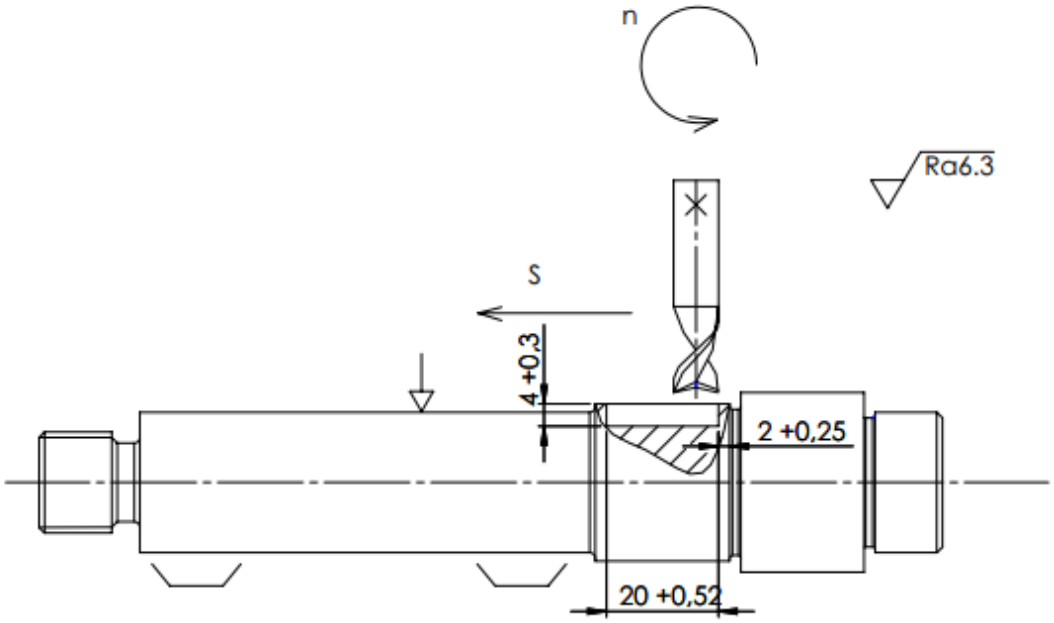
БР.ПМ-0051.21.02

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КООД	ОН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
К/М	Назва деталі, збірної одиниці або матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КІ	Н.розх.
Р			ПІ	D або B	L	t		i	S		n		V		Тд	То
Р				мм	мм	мм			мм (мм/хв.)		1/хв.		м/хв.		хв.	хв.
03																
А 04				070	Кругло-шліфувальна з ЧПК											
Б 05	Кругло-шліфувальний верстат з ЧПК E-tech EGR-2550CNC															
О 06	1 Шліфувати поверхню 3 в розмір Ø25±0,0065					18	0,375	1	10		120		35			0,204
07	2 Шліфувати поверхню 7 в розмір Ø28±0,0065					26	0,12	1	10		120		35			0,359
08	3 Шліфувати поверхню 9, 10 10 в розмір Ø25±0,0065					96	0,19	1	10		120		35			0,845
Т 09	Круг абразивний: Zak 54C F46 L 6 35															
10																
А 11				075	Контрольна											
Б 12					КВМ											
13																
14																
15																

КТП	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	

Дубл.											
Взам.											
Оригінал								Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
										1	1	

Розроб.				ІФНТУНГ	БР.ПМ-0051.21.02				
Перевір.									
Затверд.									
				Вал ПМ-0051.21.02			Н		045
Н.Контр.									



КЕ	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	

Дубл.											
Взам.											
Оригінал							Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
										2	1

Розроб.	Тертичний Н.І.			**ІФНТУНГ**	**БР.ПМ-0051.21.02**	76019 60101.01002
Перевір.	Войтенко П.І.					
Затверд.						
				Вал ПМ-0051.21.02		Н
Н.Контр.	Войтенко П.І.					

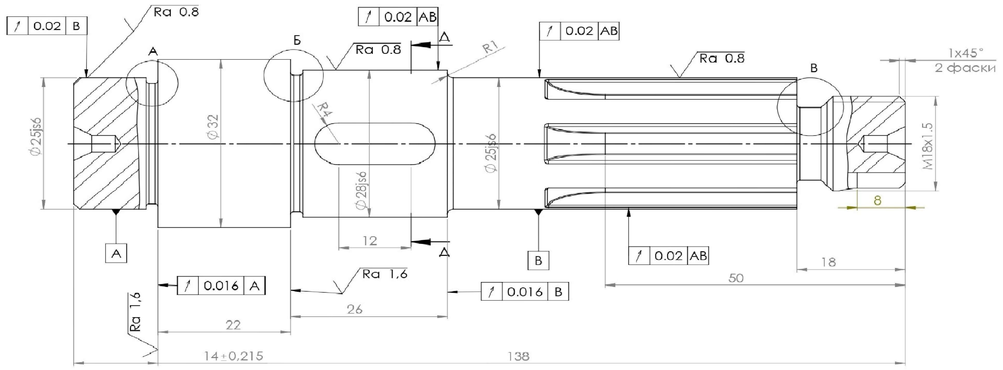
Номер і назва операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	КООД
010 Фрезерно-центрувальна	Сталь 40Х ДСТУ 7806:2016	217 НВ	кг	18	Круг Ø32х138	0,968	1

Обладнання, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	Тд	Т п.з.	Т шт.	МОР
МР77	-	0,05			0,175	Емульсія

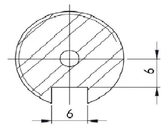
Р		ПІ	D або B	L	t	i	S	n	V	Тд	То
Р			мм	мм	мм		мм (мм/хв.)	1/хв.	мм/хв.	хв.	хв.
О 01	1. Встановити і закріпити заготовку: зняти заготовку										
П 02	Пристрій при верстаті,										
03											
О 04	2. Фрезерувати шпонковий паз 18 в розміри 8х4х20										
П 05	Фреза: F2AH08800ADN30										
Р 06			20	16	4	2	40	630	15		0,05
07											
08											
09											
10											
11											
12											

ОК	Технологічний процес механічного обробляння деталі «Вал ПМ-0051.21.02»	

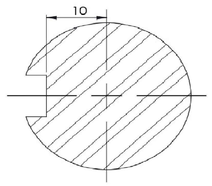
Ra 3,2



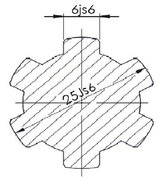
Г-Г



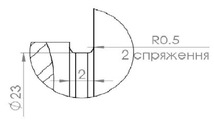
Д-Д



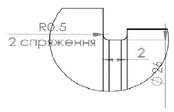
І-І



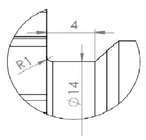
А



Б



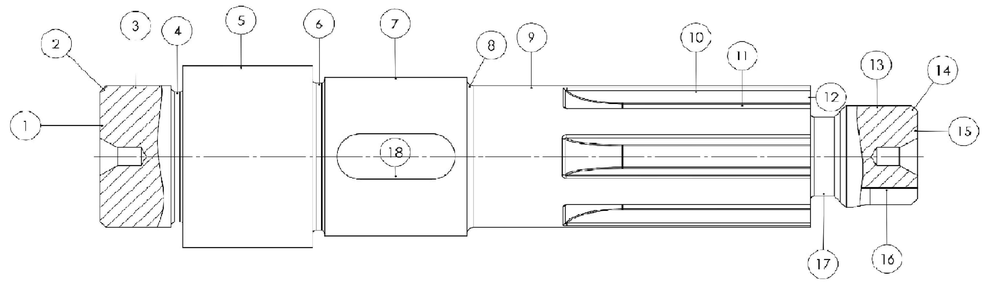
В



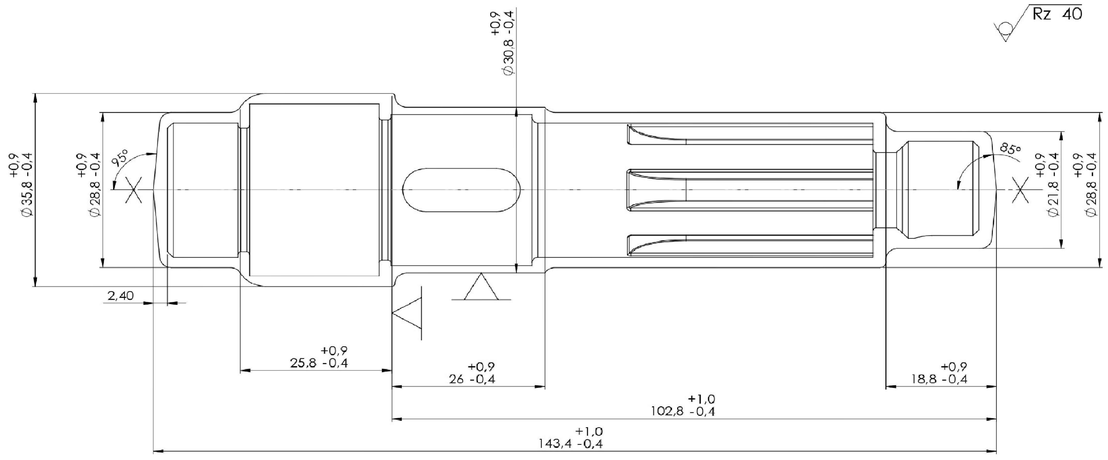
1. Твердість 28...32 HRC
2. Термічне обробляння: гартування, відпал поверхонь Ø25js6, Ø28js6, Ø25js6
3. Покриття хім. окс.
4. ISO 2768 - mK
5. Шліци виконані за ДСТУ 1139

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-0051.21.02			
Розроб.		А. Хромей			Вал ПМ-0051.21.02	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.		Л. Пітулей				Н	0,53	2:1
Т. контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Реценз.		В. Копей			Сталь 40Х	ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Н. контр.		Л. Пітулей						
Затвер.		В. Панчук						

Копіював Формат А2



Rz 40



1. Клас точності – Т2;
2. Група сталі – М2;
3. Ступінь складності – С1;
4. Штампувальні нахили – 5°;
5. Зовнішні радіуси заокруглень - R2, внутрішні радіуси заокругдень - R6;
6. Площина роз'єму - горизонтальна.

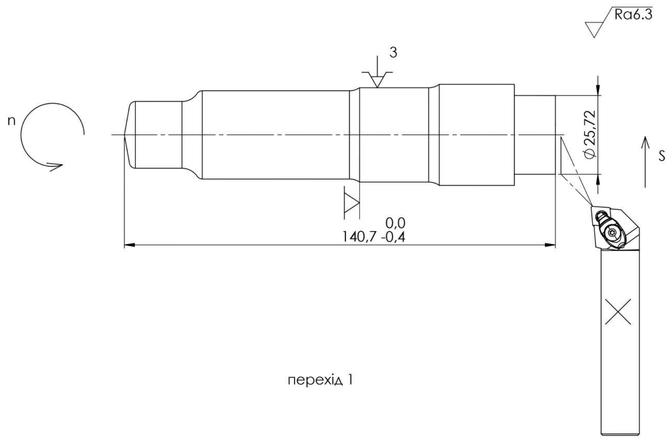
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-0051.21.02			
Розроб.		А. Хромей			Вал ПМ-0051.21.02 (заготовка)	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.		Л. Пітулей				Н	0,77	2:1
Т. контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Реценз.		В. Копей			Сталь40Х	ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Н. контр.		Л. Пітулей						
Затвер.		В. Панчук						

Копіював Формат А2

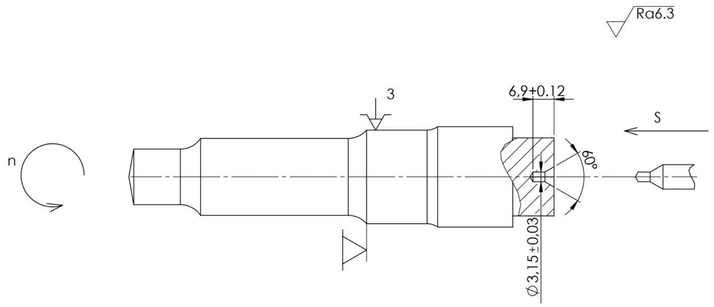
Підпис і дата | Інв. № подл. | Підпис і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підпис і дата

Файл: Draw1

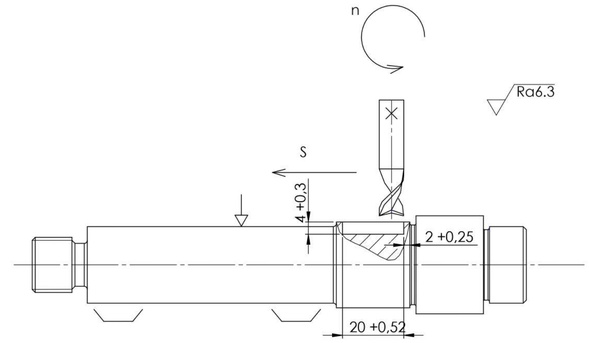
Операція010



перехід 1

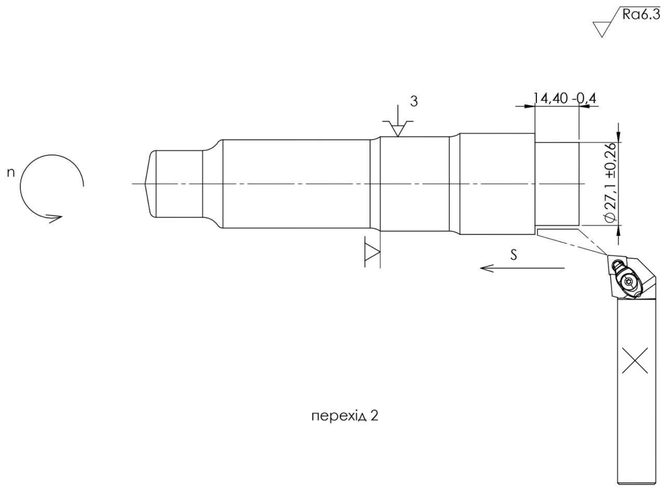


перехід 4

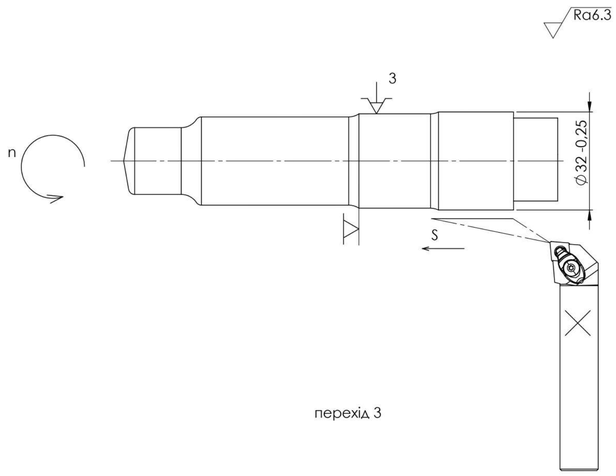


Ескіз операції 040

Фрезерний верстат з ЧПК моделі DN Solutions T4000



перехід 2



перехід 3

Кругло-шліфувальний верстат з ЧПК E-tech EGR-2550CNC

Токарний верстат з ЧПК моделі Lynx-210b

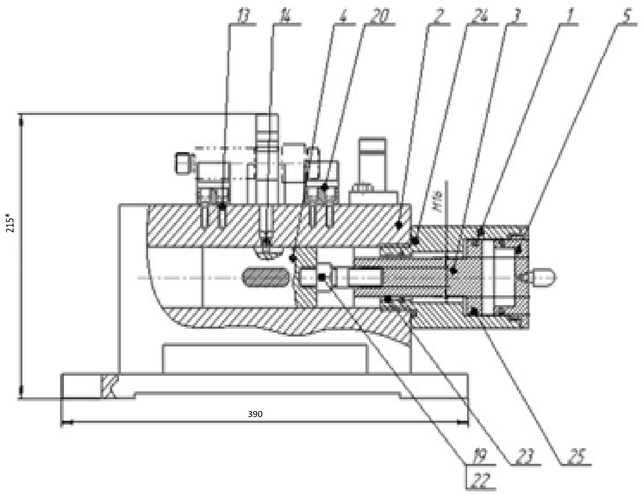
№ 040	Назва операції	Режими різання				
		t	S	v	n	to
1	Фрезерувати паз (поверхня 18) в розмір 8*12	4	40мм/хв	15	800	0,78

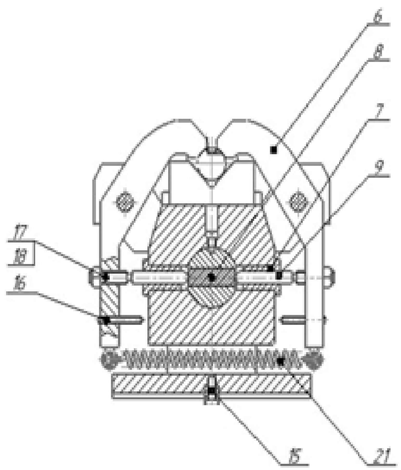
№ 010	Назва операції Токарна з ЧПК	Режими різання				
		t	S	v	n	to
1	Підрізати торець (поверхня 1) в розмір $140{,}7_{-0{,}4}$	2.7	0.4	105	770	0,002
2	Точити поверхню 3 з підрізанням торця в розміри Ø27,1±0,026 на базову довжину $14{,}4_{-0{,}4}$	0,85	0.4	105	1160	0,029
3	Точити поверхню 5 на прохід в розмір $Ø32_{-0{,}25}$	1,9	0.4	105	930	0,062
4	Свердлити центрувальний отвір Ø3 на глибину $6{,}9^{+0.12}$	1,6	0.25	22.4	5000	0,012

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-0051.21.02			
Розроб.		А. Хромей			Операційні ескізи токарного та фрезерного оброблняння	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.		Л. Пітулей				Н		
Т. контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Реценз.		В. Копей				ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Н. контр.		Л. Пітулей						
Затвер.		В. Панчук						

Копіював Формат А2

БР.ПМ-0051.21.02

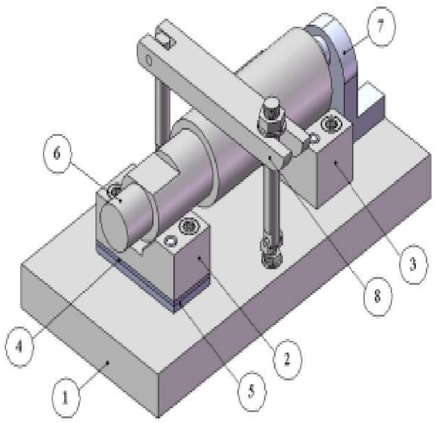




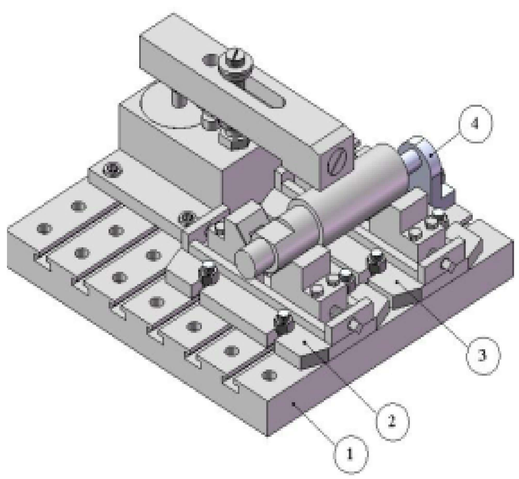
					БР.ПМ-0051.21.02	
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій фрезерний	Літ. / Маса / Масштаб
Розроб.		А. Хромей				Н / 2:1
Перев.		Л. Пітулей				Аркуш / Аркушів 1
Т. контр.						
Рецензія.		В. Копей				ІФНТУНГ ПМ-21-1
Н. контр.		Л. Пітулей				
Затверд.		В. Панчук				

Копіював Формат А2

БР.ПМ-0051.21.02



1. Базова плита
2, 3. Призми
4. Прокладка
5. Підкладка
6. Оброблювана деталь
7. Упор

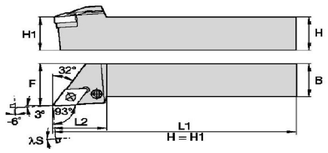


1. Базова плита
2, 3. переналогоджувані призми
4. Упор

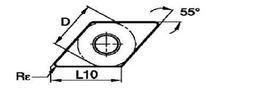
					БР.ПМ-0051.21.02	
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Призми для базування валів під час фрезерування шпонкових пазів та лисок	Літ. / Маса / Масштаб
Розроб.		А. Хромей				Н / 2:1
Перев.		Л. Пітулей				Аркуш / Аркушів
Т. контр.						
Рецензія.		В. Копей				ІФНТУНГ ПМ-21-1
Н. контр.		Л. Пітулей				
Затверд.		В. Панчук				

Копіював Формат А2

Файл: Draw1

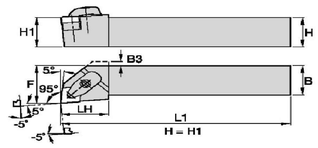


Номер	1192384
Ідентифікатор каталогу ISO	PDJNR2525M11
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LB]	36 мм
Кут нахилу	7
Вставка калібру	DN.110408

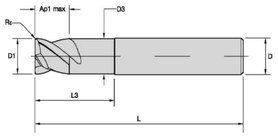


Номер	1589057
Ідентифікатор каталогу ISO	DNMG110408MP1
Клас точності	KC5010
[D] Розмір вставки мікросхеми	12,7 мм
[L10] Довжина ріжучої кромки пластини	15,504 мм
[S] Товщина пластини	4,76 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,8 мм
[D1] Розмір отвору пластини	5,16 мм

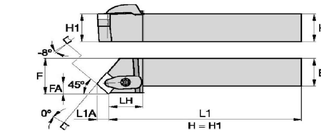
Пластинка DNMG110408FR



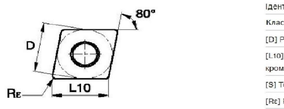
Номер	1675193
Ідентифікатор каталогу ISO	DGLNR/L25M12KC04
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LH]	32 мм
Вставка	CNL120408



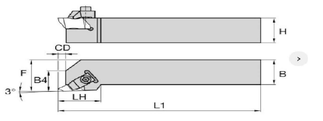
Номер	4090783
Ідентифікатор каталогу ISO	F2AU0575ADK38
Клас точності	KC643M
Тип адаптера	Прямо-циліндричний
[D1] Ефективний діаметр різання	6 мм
[D] Адаптер / Хвостовик / Діаметр отвору	6 мм
[D3] Діаметр шийки	5,712 мм
[APMAX] 1-ша максимальна глибина різання	7 мм
[L3] Корисна довжина	18 мм
[L] Загальна довжина	54 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,2 мм
[Z] Кількість зубів	2



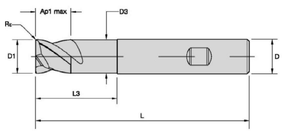
Номер	2273102
Ідентифікатор каталогу ISO	DCBN/L25M12KC04
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LB]	35 мм
[FA] Вимір FA	8,2 мм
[L1A] Розмір	8,45 мм
Вставка	CNL120408



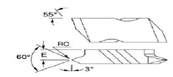
Номер	3758134
Ідентифікатор каталогу ISO	CNMA120408
Клас точності	KK20
[D] Розмір вставки	12,7 мм
[L10] Довжина ріжучої кромки пластини	12,886 мм
[S] Товщина пластини	4,763 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,8 мм
[D1] Розмір отвору пластини	5,16 мм



Номер	1068706
Ідентифікатор каталогу ISO	HCP2525M3
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LB]	32 мм
[B4] Кінцева фаска	12,6 мм
[CD] Глибина різання	5,33 мм
Вставка калібру	H.3P

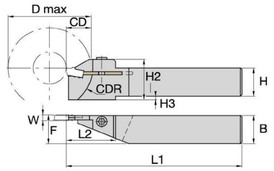


Номер	4090795
Ідентифікатор каталогу ISO	F2AU0775BDK38
Клас точності	KC643M
Тип адаптера	Циліндричний
[D1] Ефективний діаметр різання	8 мм
[D] Адаптер / Хвостовик / Діаметр отвору	8 мм
[D3] Діаметр шийки	7,763 мм
[APMAX] 1-ша максимальна глибина різання	9 мм
[L3] Корисна довжина	22 мм
[L] Загальна довжина	58 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,2 мм
[Z] Кількість зубів	2



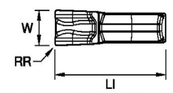
Номер матеріалу	4179995
Ідентифікатор каталогу ISO	NTF3R
Клас точності	KKU10
Розмір вставки	3
Тип різьби	OSH
[RG] Центр радіуса кута	0,075 мм
[E] Відстань профілю	3,691 мм
Крок різьби Зовнішній	0,60-2,5
Крок різьби внутрішній	1,0-2,5
Зовнішній TPI	10-44
TPI внутрішній	9-24

Пластинка NTF3R

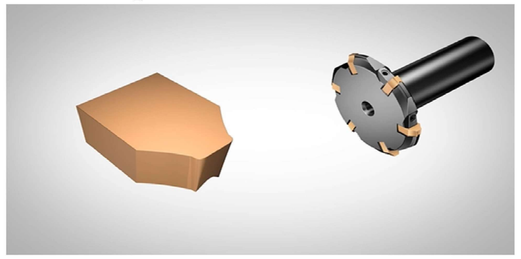


Номер	1796831
Ідентифікатор каталогу ISO	A2SCL2525M0326
Розмір вставки	3
[CD] Глибина різання	26 мм
[DMAX] Максимальний діаметр заготовки	63 мм
[W] Ширина канавки	3 мм
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[FS] Вторинний F-вимір	23,8 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [L2]	42 мм
[H2] Висота голови	31,5 мм
[CDR] Посилені радіуси леза	32,5 мм

Пластинка A2022N00CR02



Номер	7168192
Ідентифікатор каталогу ISO	A2022N00CR02
Клас точності	KCU25B
Розмір вставки	2
[W] Ширина різання	2,2 мм
[RL] Радіус заокруглення	0,2 мм



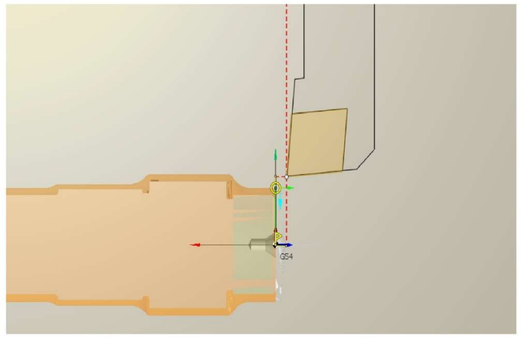
Фреза Coromill172 та ЗНБП

					БР.ПМ-0051.21.02	
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Різальний інструмент для механічного оброблювання деталі «Вал ПМ – 0051.21.02»	Літ. / Маса / Масштаб
Розроб.		А. Хромей				Н / 2:1
Перев.		Л. Пітулей				Аркуш / Аркушів 1
Т. контр.						
Рецензія.		В. Копей				ІФНТУНГ ПМ-21-1
Н. контр.		Л. Пітулей				
Затверд.		В. Панчук				

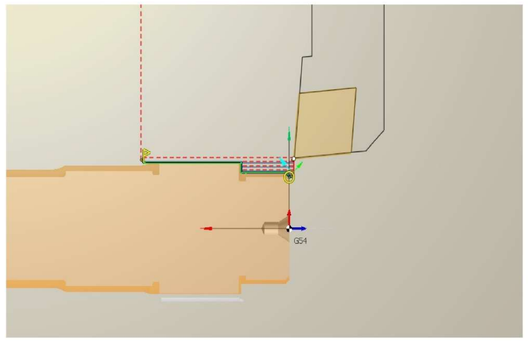
Копіював Формат А2

3D модель деталі

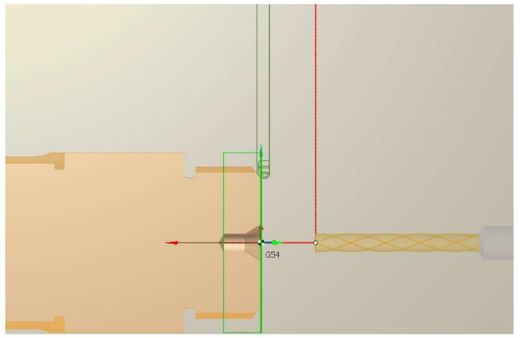
3D модель заготованки



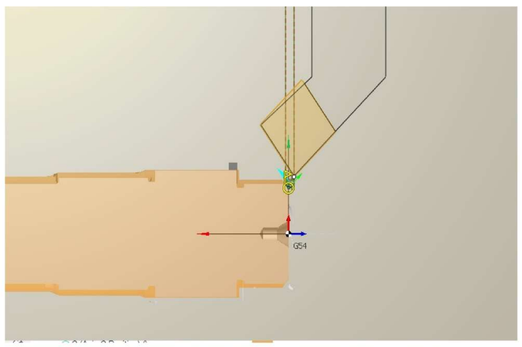
Траєкторія обробляння поверхні 1



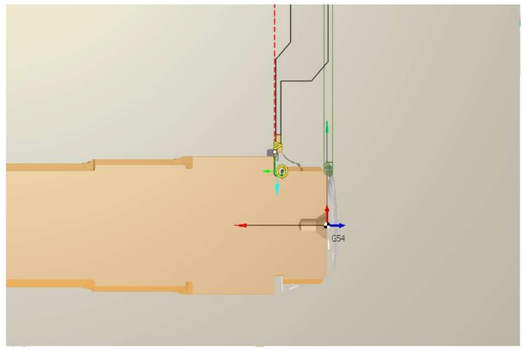
Траєкторія чорнового точіння поверхонь 3 та 5



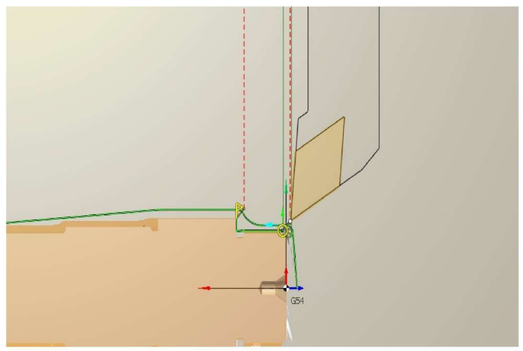
Траєкторія для свердління центрувального отвору



Траєкторія обробляння поверхні 2



Траєкторія обробляння поверхні 4



Траєкторія чистового точіння поверхні 3

Програма для обробляння деталі
Установ 1
%
O1

(Tools list)
(T02 IC16 Re0.2)
(T04 3.15mm)
(T06 La2 Re0.4)
(T08 IC16 Re0.2)
(T10 IC16 Re0.2)

N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40
N2 G53 Z0.
N3 G53 B0.C0.

N4 (Lathe facing 1)
N5 G53 Z0.
N6 T2 M06 (IC16 Re0.2)
N7 S150 M04
N8 G00 G43 Z3.1 H2
N9 X17.198
N10 Y0.
N11 Z0.
N12 G01 X-0.24 F1 M08
N13 Z2.8
N14 G00 Z3.1
N15 X17.198
N16 (OD Roughing 1)
N17 G00 G43 Z1.3 H2
N18 X17.007
N19 X16.007
N20 G01 Z-13.1
N21 X16.3
N22 Z-40.202
N23 X16.949 Z-40.85
N24 X17.007
N25 X17.307 Z-40.55
N26 G00 Z1.3
N27 X15.007
N28 G01 Z-13.1
N29 X16.007
N30 X16.307 Z-12.8
N31 G00 Z1.3
N32 X14.007
N33 G01 Z-13.1
N34 X15.007
N35 X15.307 Z-12.8
N36 G00 Z1.3
N37 X13.007
N38 G01 Z0.026
N39 X13.85 Z-0.817
N40 Z-13.1
N41 X14.007
N42 X14.307 Z-12.8
N43 G00 Z1.3
N44 X12.85
N45 G01 Z0.183
N46 X13.007 Z0.026
N47 X13.307 Z0.326
N48 G00 Z1.
N49 X12.55
N50 G01 Z-0.117
N51 X13.55 Z-1.117
N52 Z-13.4
N53 X16.

N54 Z-40.502
N55 X16.649 Z-41.15
N56 X16.707
N57 G00 M09
N58 G28 U0.
N59 G28 W0.

N60 (OD Roughing 2)
N61 G53 Z0.
N62 T10 M06 (IC16 Re0.2)
N63 S150 M04
N64 G00 G43 Z1.5 H10
N65 X14.3
N66 Y0.
N67 X13.3
N68 G01 Z-0.5 F1 M08
N69 X14.3
N70 X14.6 Z-0.2
N71 G00 Z1.5
N72 X12.3
N73 G01 Z-0.117
N74 X12.683 Z-0.5
N75 X13.3
N76 X13.6 Z-0.2
N77 G00 Z1.5
N78 X11.8
N79 G01 Z0.383
N80 X12.3 Z-0.117
N81 X12.6 Z0.183
N82 G00 Z1.2
N83 X11.5
N84 G01 Z0.083
N85 X12.383 Z-0.8
N86 X14.
N87 G00 M09
N88 G28 U0.
N89 G28 W0.

N90 (OD Grooving 1)
N91 G53 Z0.
N92 T6 M06 (La2 Re0.4)
N93 S150 M04
N94 G00 G43 Z-14. H6
N95 X17.
N96 Y0.
N97 X16.299
N98 G01 X11.598 F1 M08
N99 G00 X17.
N100 M09
N101 G28 U0.
N102 G28 W0.

N103 (Lathe hole machining 1)
N104 G53 Z0.
N105 T4 M06 (3.15mm)
N106 G97 S995 M04
N107 G00 G43 Z10. H4
N108 X0.
N109 Y0.
N110 G80 M08
N111 M09
N112 G28 U0.
N113 G28 W0.
N114 G49

N115 (OD Finishing 1)
N116 G53 Z0.
N117 T8 M06 (IC16 Re0.2)
N118 G96 S150 M04
N119 G00 G43 Z1.121 H8
N120 X15.271
N121 Y0.
N122 G01 X13.15 Z-1.2 F1 M08
N123 Z-12.207
N124 X13.025 Z-14.
N125 X15.8
N126 X18.121 Z-11.879
N127 M09
N128 M05
N129 G00 G28 U0.
N130 G28 W0.
M30

Установ 2
%
O1
(Tools list)
(T02 IC16 Re0.2)
(T04 3.15mm.)
(T06 IC16 Re0.2)
(T08 IC16 Re0.2)
(T10 La2 Re0.2)
(T11 IC16 Re0.2)

N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40
N2 G53 Z0.
N3 G53 B0.C0.

N4
N5 G53 Z0.
N6 T2 M06 (IC16 Re0.2)
N7 S150 M04
N8 G00 G43 Z141.1 H2
N9 X13.7
N10 Y0.
N11 Z138.
N12 G01 X-0.24 F1 M08
N13 Z140.8
N14 G00 Z141.1
N15 X13.7
N16
N17 G00 G43 Z139.866 H2
N18 X18.6
N19 X17.6
N20 G01 Z33.49
N21 X18.6
N22 X18.9 Z33.79
N23 G00 Z139.866
N24 X16.6
N25 G01 Z33.49
N26 X17.6
N27 X17.9 Z33.79
N28 G00 Z139.866
N29 X15.6
N30 G01 Z36.3
N31 X16.3
N32 Z33.49
N33 X16.6
N34 X16.9 Z33.79
N35 G00 Z139.866
N36 X14.6
N37 G01 Z36.3
N38 X15.6
N39 X15.9 Z36.6
N40 G00 Z139.866
N41 X13.6
N42 G01 Z62.3
N43 X14.3
N44 Z36.3
N45 X14.6
N46 X14.9 Z36.6
N47 G00 Z139.866
N48 X12.6
N49 G01 Z120.3
N50 X12.8
N51 Z63.102
N52 G18 G02 X13.6 Z62.3 I0.8 K-0.002
N53 G01 X13.9 Z62.6
N54 G00 Z139.866
N55 X11.6
N56 G01 Z120.3
N57 X12.6
N58 X12.9 Z120.6
N59 G00 Z139.866
N60 X10.6
N61 G01 Z120.3
N62 X11.6
N63 X11.9 Z120.6
N64 G00 Z139.866
N65 X9.949
N66 G01 X9.6 Z139.517
N67 Z120.3
N68 X10.6
N69 X10.9 Z120.6
N70 G00 Z139.517
N71 X9.9
N72 G01 X9.6
N73 X9.3 Z139.217
N74 Z120.3
N75 X9.6
N76 X9.9 Z120.6
N77 G00 X10.9
N78 Z139.566
N79 X9.649
N80 G01 X9. Z138.917
N81 Z120.
N82 X12.5
N83 Z62.802
N84 G02 X13.302 Z62. I0.8 K-0.002
N85 G01 X14.
N86 Z36.
N87 X16.
N88 Z33.19
N89 X18.3
N90 G00 M09
N91 G28 U0.
N92 G28 W0.

N93
N94 G53 Z0.
N95 T6 M06 (IC16 Re0.2)
N96 S150 M04
N97 G00 G43 Z139.5 H6
N98 X10.3
N99 Y0.
N100 X9.3
N101 G01 Z137.5 F1 M08
N102 X10.3
N103 X10.6 Z137.8
N104 G00 Z139.5
N105 X8.3
N106 G01 Z138.383
N107 X9.183 Z137.5
N108 X9.3
N109 X9.6 Z137.8
N110 G00 Z139.5
N111 X8.3
N112 G01 Z138.383
N113 X8.6 Z138.683
N114 G00 Z139.2
N115 X8.
N116 G01 Z138.083
N117 X8.883 Z137.2
N118 X10.
N119 G00 M09
N120 G28 U0.
N121 G28 W0.

N12
N123 G53 Z0.
N124 T4 M06 (3.15mm.)
N125 G97 S995 M04
N126 G00 G43 Z148. H4
N127 X0.
N128 Y0.
N129 G81 Y0. R0. F200 M08
N130 Z148.009
N131 G80
N132 M09
N133 G28 U0.
N134 G28 W0.
N135 G49

N136
N137 G53 Z0.
N138 T10 M06 (La2 Re0.2)
N139 G96 S150 M04
N140 G00 G43 Z122.933 H10
N141 X10.4
N142 Y0.
N143 X9.299
N144 G01 X7.816 F1 M08
N145 G00 X9.299
N146 Z121.467
N147 G01 X7.
N148 G00 X9.3
N149 Z120.
N150 G01 X7.
N151 X7.2 Z120.2
N152 G00 X10.4
N153
N154 G00 G43 Z36. H10
N155 X27.5
N156 X14.3
N157 G01 X13.296
N158 G00 X28.3
N159 M09
N160 G28 U0.
N161 G28 W0.

N162
N163 G53 Z0.
N164 T8 M06 (IC16 Re0.2)
N165 S150 M04
N166 G00 G43 Z122.121 H8
N167 X15.101
N168 Y0.
N169 G01 X12.98 Z119.8 F1 M08
N170 Z62.8
N171 G02 X13.78 Z62. I0.8 K0.
N172 G01 X14.33
N173 Z37.793
N174 X14.285 Z37.152
N175 X18.686 Z37.366
N176 M09
N177 G00 G28 U0.
N178 G28 W0.

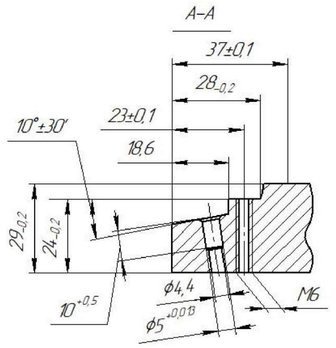
N179
N180 G53 Z0.
N181 T11 M06 (IC16 Re0.2)
N182 S150 M04
N183 G00 G43 Z142.017 H11
N184 X12.1
N185 Y0.
N186 X8.782
N187 Z126.017 M08
N188 X10.582 Z124.978
N189 X12.1
N190 Z141.965
N191 X8.691
N192 Z125.965
N193 X10.491 Z124.926
N194 X12.1
N195 Z142.005
N196 X8.622
N197 Z126.005
N198 X10.422 Z124.966
N199 X12.1
N200 Z141.971
N201 X8.564
N202 Z125.971
N203 X10.364 Z124.932
N204 X12.1
N205 Z142.001
N206 X8.512
N207 Z126.001
N208 X10.312 Z124.962
N209 X12.1
N210 Z141.972
N211 X8.462
N212 Z125.972
N213 X10.262 Z124.933
N214 X12.1
N215 Z142.001
N216 X8.412
N217 Z126.001
N218 X10.212 Z124.962
N219 X12.1
N220 Z141.972
N221 X8.362
N222 Z125.972
N223 X10.162 Z124.933
N224 X12.1
N225 Z142.001
N226 X8.312
N227 Z126.001
N228 X10.112 Z124.962
N229 X12.1
N230 Z142.
N231 X8.31
N232 Z126.
N233 X10.11 Z124.961
N234 X12.1
N235 Z142.
N236 X8.3
N237 Z126.
N238 X10.1 Z124.961
N239 X12.1
N240 Z142.
N241 X8.3
N243 X10.1 Z124.961
N244 X12.1
N245 Z142.
N246 M09
N247 M05
N248 G28 U0.
N249 G28 W0.
M30

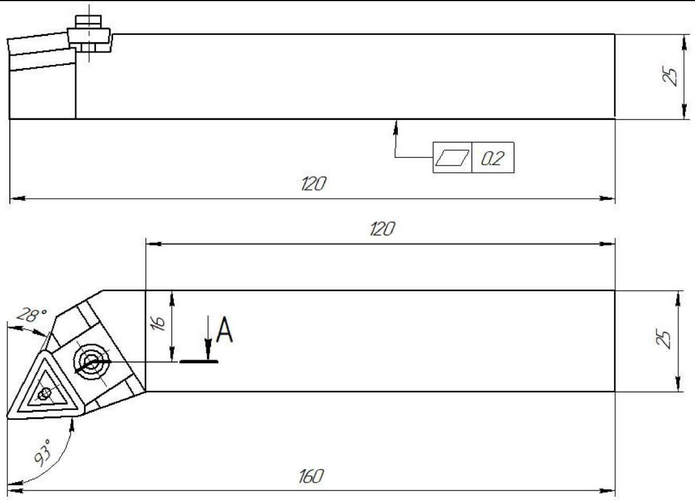
					БР.ПМ-0051.21.02		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Програма для обробляння на токарному верстаті з ЧПК	Літ.	Маса / Масштаб
Розроб.		А. Хромей				Н	
Перев.		Л. Пітулей				Аркуш	Аркушів 1
Т. контр.							
Реценз.		В. Копей				ІФНТУНГ ПМ-21-1	
Н. контр.		Л. Пітулей					
Затвер.		В. Панчук					

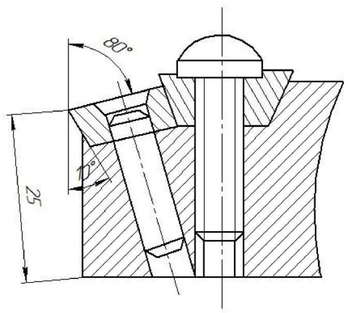
Копіював

Формат А2

БР.ПМ-00512102



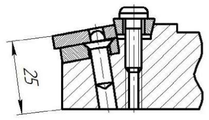


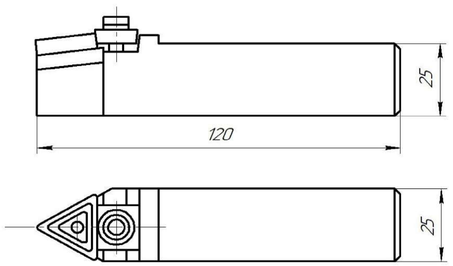


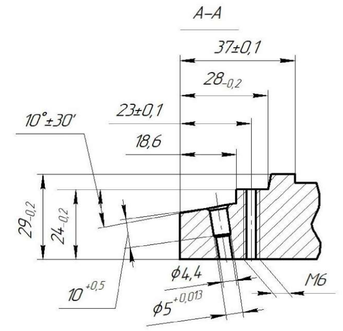
1. Матеріал державки – Сталь 40Х
2.Пластина твердого сплаву Т14К8

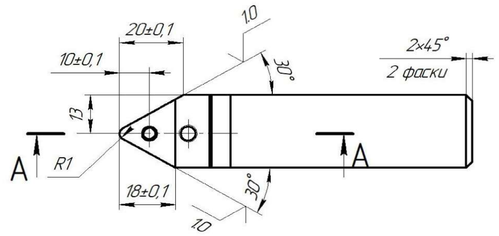
					БР.ПМ–0051.21.02	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.		А.Хромей			Прохідний різець	Літ. У; Маса; Масштаб 2:1
Перев.		Л.Тітулей				Аркуш; Аркушів
Т.контр.		Л.Тітулей				ІФНТУНГ ПМ-21-1
Реценз.		В. Копей				
Н.контр.		Л.Тітулей				
Затв.		В. Панчук				

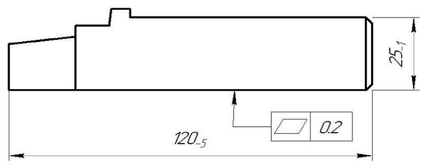
БР.ПМ-00512102







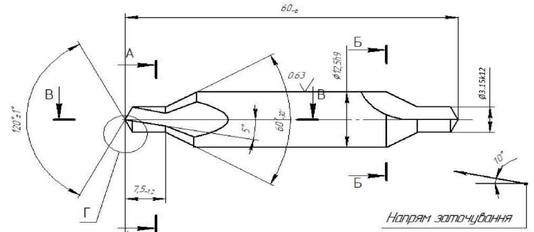


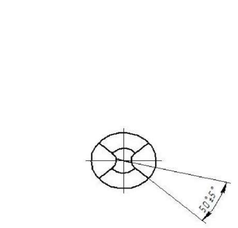


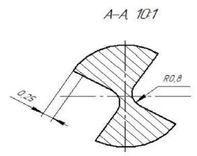
1. Матеріал державки – Сталь 40Х
2.Пластина твердого сплаву Т5К10
4. Маркувати позначення, форма пластинки і марка твердого сплаву

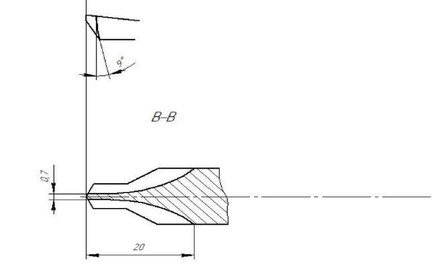
					БР.ПМ–0051.21.02	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.		А.Хромей			Різець різьбовий	Арк.; Маса; Масштаб 1:1
Перевір.		Л.Тітулей				Аркуш; Аркушів 1
Т.контр.		Л.Тітулей				ПМ–21–1
Реценз.		В. Копей				
Н.контр.		Л.Тітулей				
Затв.		В. Панчук				

БР.ПМ-00512102





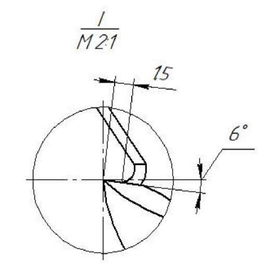


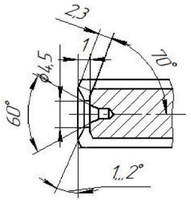


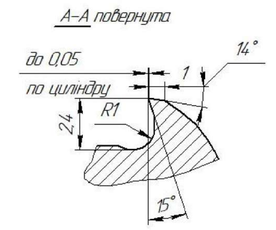
1. 63...66 HRC_E
2. h14, $\pm\frac{12}{2}$
3. Допуск радіального биття допоміжних кромок свердлильної частини відносно осі не більше 0,04мм
4. Допуск торцьового биття, що перевіряється посередині різальних кромок не більше 0,01мм.
5. Зворотній конус свержильної частини – 0,05...0,10мм на довжині 10мм
6. На поверхнях свердла не допускається тріщин, задирін.

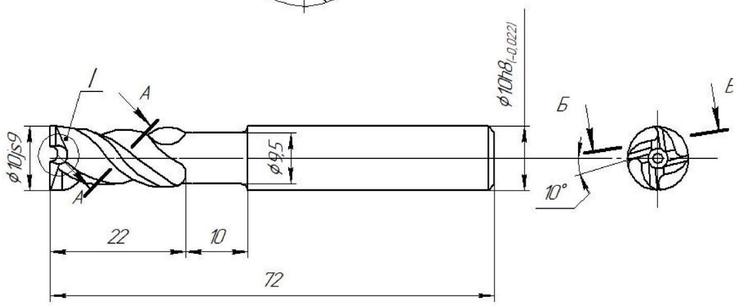
					БР.ПМ–0051.21.02	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Розроб.		А.Хромей			Свердло центрувальне	Літ.; Маса; Масштаб 4:1
Пров.		Л.Тітулей				Лист; Листов 1
Т.контр.		Л.Тітулей				ІФНТУНГ ПМ-21-1
Реценз.		В. Копей				
Н.контр.		Л.Тітулей				
Утв.		В. Панчук				
Копировал					Формат А2	

БР.ПМ-00512102



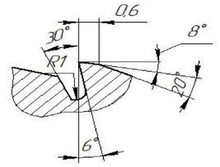






1 Фреза заточена нагостро
2 Кут нахилу стружкових канавок 35-45°
3 Для підвищення вібростійкості крок зубців виконують нерівномірним

Б–Б повернута



					БР.ПМ–0051.21.02	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.		А.Хромей			Фреза кінцева	Арк. Н; Маса; Масштаб 2:1
Перевір.		Л.Тітулей				Аркуш; Аркушів 1
Т.контр.		Л.Тітулей				ІФНТУНГ ПМ-21-1
Реценз.		В. Копей				
Н.контр.		Л.Тітулей				
Затв.		В. Панчук			Р6М5	

Реєстраційна форма

№	Назва поля	Зміст поля
1	Назва роботи	Бакалаврська роботи
2	УДК	621.91
3	Автор(ПІБ)	Хромей Андрій Ігорович
4	Дата (рік, місяць, день)	2025, червня, 11
5	Інститут	Інженерної механіки і робототехніки
6	Кафедра (назва)	Комп'ютеризованого машинобудування
7	Спеціальність	131 – Прикладна механіка
8	Освітньо-професійна програма	Прикладна механіка
9	Форма навчання	Денна
10	Тема бакалаврської роботи	Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ-0051.21.02» в умовах автоматизованого виробництва.
11	Керівник (ПІБ, науковий ступінь, вчене звання)	Пітулей Лоліта Дмитрівна , доц.
12	Рецензент/опонент	
13	Ключові слова	*вал, технологічний процес, числове програмне керування (ЧПК), фрезерування, шліфування, заготованка, пристрій механічного обробляння, сила затиску, автоматизоване виробництво.*
14	Анотація (до 300 символів)	Нозроблено технологічний процес механічногообробляння деталі. Обґрунтовано вибір способу отримання заготованки, виконано розрахунок припусків на обробляння та параметрів режимів різання. Проведено технічне нормування операцій та складено керуючу програму для верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК). Розроблено спеціальний фрезерний пристрій

Виконавець бакалаврської роботи _____ Хромей Андрій Ігорович
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)