

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня **«магістр»**

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**

(код та назва)

освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: **Удосконалення технологічного процесу виготовлення кільця проміжного**

314.07.032 шляхом застосування високопродуктивної технологічної оснастки

Здобувача (ки) групи **ТМ.м-21**

(шифр групи)

Мікуліна Дмитрія Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Дмитрій МІКУЛІН

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

ст. викладач, канд. техн. наук Юлія ДЕНИСЕНКО

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

(підпис)

Консультант

з питань

охорони праці

ст. викладач, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО

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

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, канд. техн. наук, доцент Олександр ІВЧЕНКО

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

(підпис)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Кафедра	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i> <i>технології машинобудування, верстатів та</i> <i>інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>другий (магістерський)</i> (назва)
Спеціальність	<i>131 «Прикладна механіка»</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Технології машинобудування»</i> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«___» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Мікулін Дмитрій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Удосконалення технологічного процесу виготовлення*
кільця проміжного 314.07.032 шляхом застосування
високопродуктивної технологічної оснастки

керівник проекту *Денисенко Юлія Олександрівна, канд. техн. наук, ст. викладач*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ 2023 року № _____

2. Строк подання студентом роботи (проекту) *20.12.2023 року*

3. Вихідні дані до роботи (проекту) _____

3.1 Робоче креслення деталі «Кільце проміжне 314.07.032».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 1100 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.2 Розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі

4.3 Наукове дослідження

4.4 Формулювання висновків та рекомендацій щодо запропонованого

технологічного процесу виготовлення деталі

4.5 Аналіз питань щодо охорони праці та безпеки у надзвичайній ситуації

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	<i>Віра ФАЛЬКО</i> , ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання « 02 » _____ 09 _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>02.10.2023</i>	
2	<i>Розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>27.10.2023</i>	
3	<i>Наукове дослідження</i>	<i>07.11.2023</i>	
4	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>19.11.2023</i>	
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>24.11.2023</i>	
	<i>Оформлення комплекту технологічної документації</i>	<i>07.12.2023</i>	
	<i>Оформлення креслень та презентації</i>	<i>15.12.2023</i>	

Студент

(підпис)

Дмитрій МІКУЛІН

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Юлія ДЕНИСЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

Завідувачу кафедри

Віталію ІВАНОВУ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

здобувача (ки) групи **ТМ.м-21**

(шифр групи)

Дмитрія МІКУЛІНА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАЯВА

Прошу затвердити мені тему кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня **«магістр»** зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**

(бакалавр/магістр)

(код та назва)

освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування» :**

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

Удосконалення технологічного процесу виготовлення кільця проміжного

(назва теми)

314.07.032 шляхом застосування високопродуктивної технологічної оснастки

(дата та підпис здобувача)

ПОГОДЖЕНО:

Керівник кваліфікаційної роботи:

Юлія ДЕНИСЕНКО

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Записка: 97 с., 18 рис., 9 табл., 10 додатків, 48 посилань.

Об'єкт розробки – деталь «Кільце проміжне 314.07.032», що входить до складу газоперекачувального агрегата.

У випускній роботі за освітнім рівнем магістра проаналізовано службове призначення виробу - газоперекачувального агрегата, вузла та деталі «Кільце проміжне», крім того технічні вимоги з показниками технологічності конструкції деталі. Проаналізовано та обгрунтовано вибір способу отримання заготовки (поковка), були розраховані припуски на діаметральний розмір 180.

Також для операції 030 проведено аналіз з обгрунтуванням схем базування деталі; обгрунтовано вибір верстата, верстатного пристрою, різальних та вимірювальних інструментів; провели розрахунки режимів різання і нормування операцій.

Спроековано спеціальний верстатний пристрій для фрезерної з ЧПК операції 030. Досліджено застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів для кінцевих фрез. Проведено моделювання деформацій та температур кінцевої фрези в SolidWorks Simulation.

КІЛЬЦЕ ПРОМІЖНЕ, АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ІНСТРУМЕНТ, МОДЕЛЮВАННЯ, ПРИСТРІЙ, АЛМАЗОПОДІБНІ ПОКРИТТЯ

SUMMARY

Report: 97 pages, 18 pictures, 9 tables, 10 additions, 48 sources.

The object of researching is part «Intermediate ring 314.07.032», which is part of the gas pumping unit.

In the given diploma project on the educational and qualification level of the master, the official purpose of the product- gas pumping unit and part «Intermediate ring», as well as technical requirements and technological indicators of the part design are analyzed. The choice of method of obtaining the initial blank by stamping was justified, machining allowances for diametral dimension 180 were calculated.

For operation 030 an analysis and justification of the part basing scheme were carried out; the choice of the metal-cutting machine, tools, cutting and measuring tools is justified; the cutting conditions were calculated and operations were normalized.

A special machine tool fixture for CNC milling operation 030 has been designed. The application of strengthening diamond-like coatings for end mills has been studied. The deformations and temperatures of the end mill were simulated in SolidWorks Simulation.

INTERMEDIATE RING, ANALYSIS, TECHNOLOGICAL PROCESS, BILLET, PROCESSABILITY, TYPE OF PRODUCTION, TOOL, MODELING, DEVICE, DIAMOND-LIKE COATINGS

ЗМІСТ

	с.
Вступ	7
1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032»	10
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис їхніх конструктивних особливостей і умов експлуатації	10
1.2 Аналіз технічних умов і вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань для її виготовлення	13
1.3 Характеристика типу і організаційної форми виробництва	15
1.4 Аналіз технологічності конструкції кільця проміжного 314.07.032 ...	17
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032».....	19
1.6 Висновок і завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032»	20
2 Удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032»	22
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів і вибір оптимального для виготовлення «Кільця проміжного 314.07.032»	22
2.2 Обґрунтування способів отримання, розрахунок і формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	24
2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання $\varnothing 180$	28
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів	30
2.5 Призначення і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки кільця проміжного	35
2.6 2.6 Обґрунтування й вибір моделей металорізальних верстатів	37
2.7 Обґрунтування і вибір верстатних пристроїв, різального і вимірювального інструментів	39
2.8 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій	40

2.9	Проектування засобів технологічного оснащення – верстатного пристрою для фрезерної з ЧПК операції 030	42
2.10	Висновок	49
3	Дослідження зносостійкості кінцевої фрези $D=8$ мм з алмазоподібним покриттям	50
	Висновки	66
	Перелік джерел посилань	67
	Додаток А Креслення деталі «Кільце проміжне 314.07.032»	72
	Додаток Б Результати визначення типу виробництва	73
	Додаток В Результати розрахунку припусків	74
	Додаток Г Специфікація на верстатний пристрій	75
	Додаток Д Креслення заготовки	78
	Додаток Е Креслення маршруту обробки деталі «Кільце проміжне 314.07.032»	79
	Додаток Ж Креслення операційного налагодження на фрезерну з ЧПК операцію 030	80
	Додаток К Складальне креслення верстатного пристрою	81
	Додаток Л Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	82
	Додаток М Матеріали публікації	95

ВСТУП

Сучасне машинобудування вимагає створення та впровадження високоефективної техніки в усіх галузях народного господарства. Це сприяє прискоренню науково-технічного прогресу нашої держави та підвищенню рівня життя. Тому верстати з ЧПУ набувають особливого значення в наш час, бо вони надають можливість широкого використання новітніх технологій, сучасних виробничих комплексів для оброблення заготовок. Тому використання сучасних верстатів з ЧПК замість універсального металорізального обладнання надає важливих імпульсів у подальшому розвитку розвиненого промислового виробництва, його інтенсифікації та технічного оновлення.

Актуальність роботи.

Всебічне вдосконалення і розроблення сучасних технологічних процесів є актуальною проблемою сьогодення. Тематика випускної магістерської роботи сформована на основі номенклатури виробів, що виробляються на машинобудівних підприємствах міста Суми, та з урахуванням зміста проходження переддипломної практики. Це дозволяє студенту докладно вивчити існуючий технологічний процес виготовлення конкретної деталі, проаналізувати його недоліки і переваги та дати пропозиції щодо його вдосконалення. Конкретна тема наведеної роботи стосується розробки сучасних газоперекачувальних агрегатів, що здійснюється в умовах жорсткої конкуренції, оскільки виріб має задовольняти критеріям якості та продуктивності при мінімальних витратах. Тому шляхом вирішення цього питання є вдосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення однієї з деталей ГПА із застосуванням сучасних методів обробляння, високоефективних інструментальних матеріалів, металорізальних верстатів та технологічної оснастки.

Зв'язок магістерської роботи із науковими темами, планами та програмами. Дослідження виконано на кафедрі «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ в рамках НДР «Інтенсифікація виробничих процесів та розробка інтелектуальних систем контролю якості продукції в

інтелектуальному виробництві» (ДР № 0122U200875, Міністерство освіти і науки України).

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення «Кільця проміжного 314.07.032».

Предмет дослідження. Особливості застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів на інструмент для операції фрезування пазу «Кільця проміжного 314.07.032».

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення кільця проміжного 314.07.032 шляхом застосування високопродуктивної технологічної оснастки.

Завдання дослідження:

- розроблення спеціального верстатного пристрою, що забезпечує сталі показники якості й продуктивність обробляння;
- обґрунтування шляхів підвищення ефективності існуючого технологічного процесу виготовлення «Кільця проміжного 314.07.032»;
- аналіз особливостей застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів (АПП) для кінцевої фрези $D=8$ мм;
- дослідження швидкості зношення нанесених АПП на кінцеві фрези з інварного сплаву та із швидкорізальної сталі;
- визначення періодів стійкості кінцевих фрез без покриття та з нанесеними АПП при частотах 10 Гц та 30 Гц.

Методами дослідження є:

- здійснення кількісного й якісного аналізу технологічної інформації;
- синтезування нових конструкцій технологічного оснащення і удосконаленого технологічного процесу на основі здійсненого теоретичного аналізу;
- моделювання в SolidWorks Simulation переміщень та температур різальних кромek кінцевих фрез.

Наукова новизна досліджень:

– визначено, що застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів (АПП) є виправданим у випадках, коли температура в зоні різання не перевищує максимально допустиму температуру експлуатації (500°C) і внаслідок чого не відбувається руйнування графіту;

– виявлено, що при нанесенні АПП на інварний сплав, напруги в покритті є в 6 разів меншими, ніж при нанесенні АПП на швидкорізальну сталь, що говорить про те, що покриття не руйнується;

– виявлено, що застосування інварних сплавів в якості різального матеріалу, через свою високу вартість, є виправданим лише у випадках, коли інструмент має невеликі розмір (діаметром до 8 мм), або коли застосуємо варіант зварної конструкції з традиційними інструментальними сталями.

Значення отриманих результатів на практиці. Отримані при дослідженнях результати рекомендовані до використання на підприємствах у галузі машинобудування та інженерії.

Власний внесок здобувача. Результати наведених досліджень були отримані здобувачем спільно із його науковим консультантом.

Апробація отриманих результатів. Матеріали кваліфікаційної роботи магістра було апробовано на 29-ій науково-практичній конференції у Сумському НАУ «Технологія XXI століття» (20-22 листопада 2023 р.).

Публікації. Було опубліковано тези науково-практичної конференції (див. додаток М) [43].

Структура магістерської роботи: вступ, 3 розділи, 10 додатків, перелік джерел посилань з 48 найменувань. Загальний обсяг роботи – 97 сторінок.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КІЛЬЦЕ ПРОМІЖНЕ 314.07.032»

1.1 Аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі. Опис їхніх конструктивних особливостей і умов експлуатації

«Кільце проміжне 314.07.032» є деталлю вузла «Опорно-упорний підшипник». А вузол у свою чергу як складальна одиниця входить до відцентрового компресора типу 323ГЦ2-310/45-76М, що призначений для підвищення тиску й переміщення газу. Відцентрові компресори використовують в газоперекачувальних агрегатах на магістральних газопроводах для збирання та транспортування попутних газів, на компресорних станціях. Агрегат 323ГЦ2 - це відцентровий компресор динамічної дії, що використовують в магістральних трубопроводах, причому його приводять в дію від електричного двигуна.

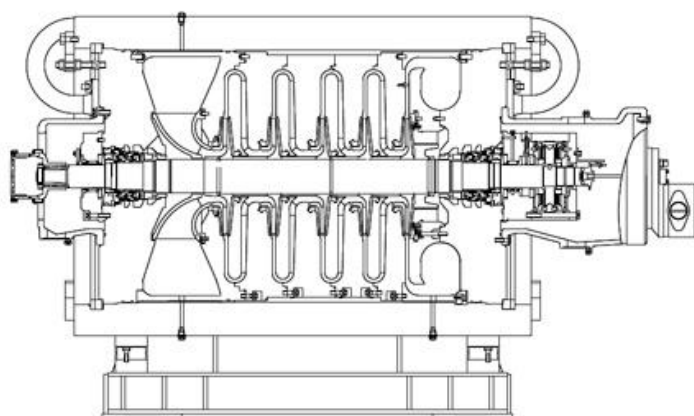


Рисунок 1.1 – Виріб – компресор 323ГЦ2-310/45-76М

ГПА 323ГЦ2 є складною автоматизованою установкою, що міститься у блочних контейнерах, і за принципом дії працює за рахунок підвищення величини тиску газу на виході з ГПА до такого рівня, що перевищує тиск у сховищі при закачуванні газу або в середині самого газопроводу при відборі газу. Сам ГПА складають із блоків й вузлів високої заводської готовності: складання і монтаж

проводять на місцях експлуатації. Блоки та вузли ГПА містять елементи системи життєзабезпечення.

З обох торців корпус ГПА закритий сталевими кришками, що фіксуються в корпусі спеціальними розрізними стопорними кільцями й шпильками. В цих кришках розміщують функціональні газові та масляні канали, вони мають вихід на зовнішній верхній торець кришок для під'єднання фланців трубопроводів. До кожуха опорно-упорного підшипника приєднують блок маслonaсосів, який складається з насоса системи мастил й насоса системи ущільнень. Внутрішній корпус є складальним. Саме до нього прикріплюють діафрагму, яка має горизонтальний роз'єм. А корпус внутрішній від провертань фіксують шпонкою, яка входить у паз корпусу.

Датчики вібрації для вимірювання вібрації ротора встановлено на опорному підшипнику. Також спеціальним датчиком контролюють осьові переміщення ротора.

Статорна частина конструктивно є унікальною, оскільки вона дозволяє знімати і встановлювати ротор без процесу винімання внутрішнього корпусу. Це значно спрощує технічне обслуговування компресора персоналом. З метою герметизації порожнин внутрішньої проточної частини, використовуються кінцеві ущільнення, які розташовують в центральній частині кришки.

Ротор встановлюють на двох підшипниках - опорному та опорно-упорному, що містить корпус компресора ГПА. Оці два підшипники кріпляться до торцевих кришок, і їх закрито спеціальними кожухами, утворюючими підшипникові камери із роз'ємом по горизонталі. В таких підшипникових камерах збирається і зливається відпрацьоване масло з підшипників й ущільнень.

Під час запуску агрегату і при його максимальному навантаженні осьові сили на ротор є максимальними. Тому радіальні й осьові навантаження ротора компресора сприймає підшипник опорно-упорний. В залежності від напрямку дії сили на ротор, цей підшипник може працювати як опорний в обидва боки, і це цілком пов'язано з функціональним призначенням підшипника.

Упорний та опорний підшипники входять до складу опорно-упорного підшипника, при цьому опорний підшипник складається із роз'ємного в горизонтальній площині сталевого корпусу, що стягують болтами. Також є опорні колодки, що утримуються в корпусі підшипника проточками у втулках. Від повертань відносно корпусу колодки надійно фіксують штифтами. Пакет містить так званий сепаратор, де в пазах встановлені упорні колодки, пружини й кільце. В сепараторах для фіксації пружин виконують декілька спеціальних поглиблень, а від повертання сепаратор стопорять стопорним гвинтом.

Кільце проміжне кріплять гвинтами до корпусу опорно-упорного підшипника. В робоче положення Установлення кільця проміжного забезпечується штифтом при монтажі опорно-упорного підшипника. Сам упорний підшипник закріплюють болтами до корпусу підшипника опорного.

Зробимо висновок, що до деталей підшипника пред'являють жорсткі вимоги як з точності, так і з чистоти обробки. Причиною є досить велика осьова сила ротору під час роботи. Крім того досить значною є точність складання підшипників, а також підгоняння елементів при заключному складанні всього компресора в цілому. І тому для забезпечення якісної роботи підшипникових вузлів є необхідність витримувати всі радіальні й осьові зазори згідно з технічними вимогами.

Поверхні деталі «Кільце проміжне» показано на рисунку 1.2.

Основними конструкторськими базами (ОКБ) є поверхні: 4, 5, 6.

Допоміжними конструкторськими базами (ДКБ) є поверхні: 1, 13, 10.

Виконавчими (ВикП) є поверхні: 7, 8.

Вільними поверхнями (ВілП) є всі інші поверхні, що призначені для створення конфігурації або посилення конструкції деталі «Кільце проміжне».

«Кільце проміжне» базується в підшипнику по торцю $\varnothing 180/\varnothing 160$ мм, яка є встановлювальною базою. Циліндрична поверхня $\varnothing 180$ мм виконує функцію подвійної опорної бази. Бічна поверхня пазу $B=8$ мм виконує функцію опорної бази. Як результат деталь позбавлено всіх 6 ступенів свободи.

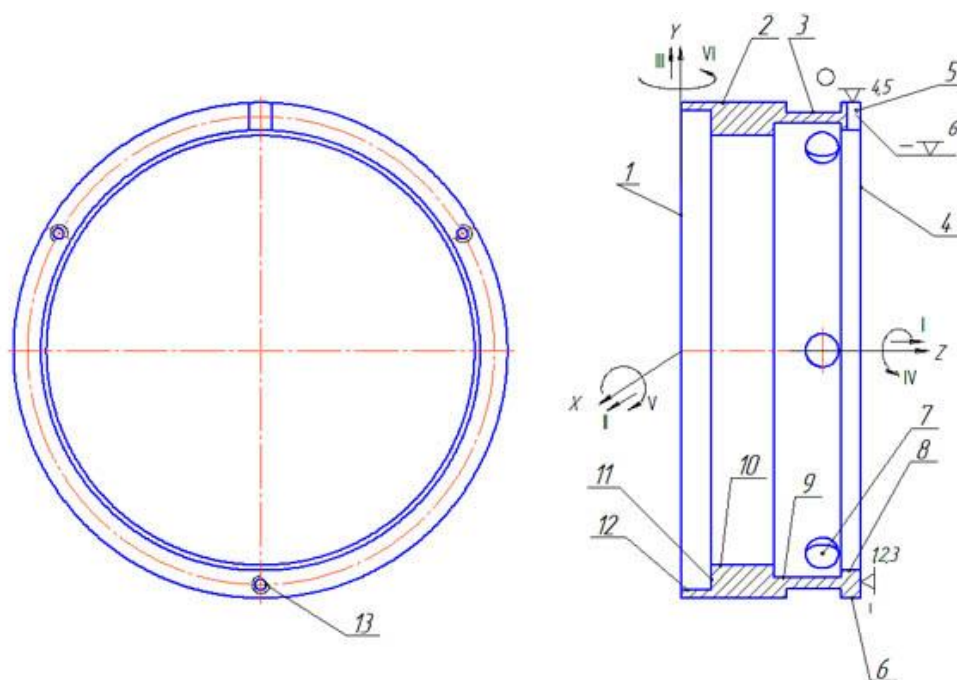


Рисунок 1.2 – Класифікація поверхонь деталі «Кільце проміжне»»

1.2 Аналіз технічних умов і вимог до конструкції кільця проміжного. Визначення технологічних завдань для його виготовлення

«Кільце проміжне 314.07.032» - це типовий представник цього класу деталей, вона виготовена зі Сталі 20Х13. Розглянуте службове призначення кільця проміжного визначатиме і технічні вимоги на виготовлення деталі.

Креслення «Кільця проміжного 314.07.032» виконано згідно з діючими стандартами. Робимо висновок, що наявних проєкцій і перерізів достатньо, вони вірно розміщені відповідно до існуючих стандартів, і на всіх поверхнях правильно вказано їх точність розмірів та шорсткість оброблювання.

Креслення «Кільця проміжного 314.07.032» містить досить багато поверхонь, а саме: отворів для кріплення, пазів, циліндричних поверхонь, чим ускладнюються проєкції.

Функціональні призначення поверхонь зумовлюють відповідні вимоги з якості їх виготовлення. Основні й допоміжні конструкторські бази (базові

поверхні) - торці й пояски - вимагають шорсткість $Ra=3,2$ мкм. Саме тому такі параметри будуть досягнені на токарних чистових операціях обробки.

Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 180$ виконана за 6 квалітетом точності, інші – від 11 до 14 квалітетом: це також обґрунтовано їх функціональним призначенням. Здійснено аналіз технічних вимог до деталі «Кільце проміжне»:

- розміри забезпечити інструментом: це означає, що радіус при вершині різальної частини повинен забезпечити необхідну геометрію оброблюваної заготовки;
- маркувати: марку матеріалу і номер заказу: означає, що треба здійснювати маркування матеріалу та заказ на вказаній ділянці;
- невказані граничні відхилення розмірів отворів виконують – по Н14, валів – по h14, інших - по $\pm IT14/2$: ця вимога означає, що поверхні, на яких не стоять вимоги до точності оброблення, мають бути виконані саме за цими квалітетами.

Деталь має відповідальні й точні поверхні з шорсткістю $Ra=3,2$ мкм, оскільки кільце проміжне сприймає динамічні навантаження. Цим зменшуються концентрації руйнівних напружень при динамічних навантаженнях вузла підшипника.

Робимо висновки, що деталь є досить відповідальною, тому від відповідності вимогам креслення деталі буде залежити працездатність всього виробу. При проведенні механічних випробовувань, аналізі хімічного вмісту, при виготовленні деталі необхідно фіксувати усі данні. Так, знак ВТК вказує на відповідність обробленої деталі всім необхідним вимогам, також гарантувати безпеку й безперебійність роботи самого кільця проміжного і всього виробу.

Це пояснює, чому згідно з технічними вимогами, конструктором пред'явлено досить високі вимоги як з точності так і з якості оброблення (6-й квалітет; шорсткість $Ra 3,2$; торцеве і радіальне биття поверхонь).

1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Вихідні дані для розрахунку типу виробництва за допомогою комп'ютерної програми «*Tip2 beta 4*» :

Існуючий ТП:

- 015 Токарно-гвинторізна ($T_{шк}=2,13$ хв.);
- 020 Токарно-гвинторізна ($T_{шк}=4,86$ хв.);
- 025 Токарно-гвинторізна ($T_{шк}=5,32$ хв.);
- 030 Вертикально-фрезерна ($T_{шк}=7,61$ хв.);
- 035 Радіально-свердлильна ($T_{шк}=10,74$ хв.);
- 040 Радіально-свердлильна ($T_{шк}=8,52$ хв.);
- 045 Технічний контроль;
- 050 Слюсарна.

Річна програма випуску деталей: $N = 1100$ штук.

Дійсний річний фонд часу праці: $F=4015$ годин.

Кількість робочих днів у році: 258.

Режим праці підприємства: 2 зміни.

Периодичність запуску деталей: 7 днів.

Результати розрахунків комп'ютерної програми «*Tip2 beta 4*» (див. роздрук, Додаток Б «Результати визначення типу виробництва»):

- коефіцієнт закріплення операцій: $K_{30}=27,33$;
- тип виробництва: дрібносерійний;
- форма організації виробництва: групова;
- розмір виробничої партії: $n = 30$ шт.

Згідно з розрахунками, коефіцієнт закріплення операцій $K_{30}=27,33$. Оскільки $20 < 27,33 < 40$, то маємо дрібносерійний тип виробництва.

Характеристика отриманого дрібносерійного виробництва:

- обмежена номенклатура виробів, які виготовлюються періодично повторюваними партіями і досить великим обсягом випуску;

- середня кваліфікація у робітників є вищою, ніж при масовому виробництві, але є нижчою, ніж у одиничного. На настроєних верстатах працюють робітники-оператори й наладчики. Поряд з ними можуть працювати робітники і високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах;

- технологічне обладнання розташовують згідно групової форми організації технологічного процесу (конструктивно-технологічно однорідні ознаки виробів, єдність засобів технологічного оснащення, інструменту);

- верстати розставляють за технологічними групами та з урахуваннями напрямків основних вантажепотоків цехів, за предметно-замкнутим ділянкам виробництва;

- технологічний процес переважно диференційований (розчленований на окремі операції, які закріплені за конкретними визначеними верстатами);

- верстати як універсальні, так і спеціалізовані (з ЧПК), обробні центри, гнучкі автоматизовані системи з ЧПК;

- в основному використана універсальна технологічна оснастка, також поширена універсально-збірна або переналагоджувана технологічна оснастка;

- ріжучі інструменти застосовують універсальні та спеціальні;

- вимірювальні інструменти застосовують універсальні, але також і калібри та спеціальний вимірювальний інструмент;

- технологічні документи й нормування докладно розроблені тільки для найбільш складних і відповідальних деталей, а спрощене нормування - для простих деталей.

- необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних проходів з частковим застосуванням розмітки для складних деталей.

1.4 Аналіз технологічності конструкції кільця проміжного 314.07.032

Аналіз технологічності конструкції деталі означає комплект певних заходів по досягненню необхідного рівня технологічності конструкції із заданими параметрами. Наявна технологічність деталі чи виробу дозволить знижувати витрати на виробництво та підвищувати продуктивність праці. Скорочується час на виготовлення при забезпеченні вимоги по точності й якості оброблення.

Показники технологічності якісні надають характеристику технологічності конструкції деталі чи виробу більш загально, переважно на базі особистого досвіду робітника. Це такі якісні показники: простановлення на кресленні допусків розмірів, форми і розташування; установлення заготовки на верстаті; матеріал виготовлення деталі; можливість використання прогресивних режимів оброблення; геометричні параметри форми деталі. Тоді аналізується таке:

- конструктивні елементи деталі у відношенні технології виготовлення;
- матеріал отримання заготовки;
- спосіб отримання заготовки;
- конструкції деталі, її елементів (по кресленню);
- можливість режимів різання, що є прогресивними;
- правильності простановлення на кресленні деталі розмірів, їх допусків, шорсткості.

Зробимо оцінку за якісними показниками технологічності.

Оброблюваність сталі 20X13, яка використана як матеріал, задовільна. Вірогідне використання дешевших матеріалів не є раціональним, оскільки це призводитиме до погіршення механічних й фізичних властивостей матеріалу, а наша деталь «Кільце проміжне» є досить відповідальною, бо працює в умовах постійних вібрацій, ударів і силових навантажень.

В таблиці 1.1 наведено хімічний склад сталі 20X13.

Сталь 20X13 відносять до таких сталей: жароміцні хромисті сталі мартенситного класу, застосовують у різних енергетичних установках, вони працюють при температурі до 600°C, які сприймають навантаження ударів, а також виробу, де є слабо агресивні середовища з температурою до 32°C. З них виготовляють ротори, диски та лопатки турбін, останнім часом їх використовують для кільцевих деталей великих товщин.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20X13 (у відсотках)

C	Fe	Cr	Mn	Si	S	S	P
0,16 – 0,25	84	12-14	до 0,6	до 0,6	до 0,025	до 0,025	до 0,03

Маса заготовки 7,8 кг (маса деталі 3,8 кг) є невеликою, при встановленні не потрібно користування допоміжними підйомними пристроями. Висновок: заготовка кільця проміжного за масою є технологічною.

За матеріалом (сталь 20X13) деталь є технологічною, оскільки механічна обробка кільця проміжного відбувається без ускладнень.

Щодо точності й якості поверхонь - вимоги креслення спростити неможливо, тому запропоновані вимоги є досить високі й деталь тут не є технологічною.

Поверхні кільця проміжного є досить розвинутими, що полегшує умови базування і закріплення на операціях обробляння. Заготовка має порівняно невелику товщину стінки, тому деталь не є жорсткою і режими різання будуть непрогресивними (це - нетехнологічно).

Також значна кількість отворів розташована на периферії кільця проміжного. Точне свердлення їх є досить трудомістким, оскільки можлива поломка інструмента. Необхідним є попереднє засвердлення отворів та використання занижених режимів різання (це - нетехнологічно).

Нетехнологічні конструктивні елементи, що виявлені на кресленні кільця проміжного:

- тонка стінка кільця проміжного, що під дією сили різання або сили затискання може деформуватись, є нетехнологічною;
- нетехнологічним є глухий отвір під різь М6-7Н.

1.5 Аналіз існуючого техпроцесу виготовлення «Кільця проміжного 314.07.032»

Проведемо аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032».

Технологічний процес розроблено з урахуванням особливостей наявного дрібносерійного типу виробництва, а також у відповідності до наявних технічних вимог до виготовлення заданої деталі. Детальний аналіз технологічного процесу з послідовністю операцій наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.2 – Існуючий технологічний процес оброблення кільця проміжне 314.07.032

№ оп.	Найменування технологічної операції	Зміст технологічної операції	Обладнання, верстат
1	2	3	5
005	Оброблення тиском	Кування на молотах, в підкладних штампах	Молота
010	Термооброблення	Зняття внутрішніх напружень, розподілення структури матеріалу	Термічна піч
015	Токарно-гвинторізна	Точіння циліндричних поверхонь, торців, з шорсткістю Ra=12,5 мкм	мод. 16K20
020	Токарно-гвинторізна	Точіння циліндричних поверхонь, торців, з шорсткістю Ra=6,3 мкм	мод. 16K20
025	Токарно-гвинторізна	Точіння чистове циліндричних поверхонь,	мод. 16K20

		торців, шорсткість Ra=6,3 та Ra=3,2 мкм	
030	Розмітка	Розмітка пазу, отворів	Плита
035	Вертикально-фрезерна	Фрезування пазу 8 мм	мод. 6P13
040	Радіально-свердлувальна	Свердління отворів $\varnothing 12$	мод. 2M55
045	Радіально-свердлувальна	Різенарізання M6-7H	мод. 2M55
050	Технічний контроль	Технічний контроль згідно з кресленням деталі	Стіл ВТК
055	Слюсарна	Правлення фасок	Верстак слюсарний

Аналіз показує, що в базовому технологічному процесі застосовані тільки універсальні верстати. Це пов'язано з дрібносерійним типом виробництва та особливостями конструкції кільця проміжного. Наявним є принцип диференціації технологічних операцій, оскільки напівчистові й чистові операції виконуються на різних операціях. Для розмітки оброблюваних поверхонь застосовується розмічувальна операція, оскільки використані універсальні верстати. Ці верстати є досить застарілими універсальними, такою самою є і технологічна оснастка на цих технологічних операціях.

В цілому, не зважаючи на наявні недоліки, існуючий технологічний процес дозволяє отримувати задані кресленням точність й якість оброблення поверхонь деталі «Кільце проміжне 314.07.032».

1.6 Висновок і завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення «Кільця проміжного 314.07.032»

В базовому технологічному процесі заготовкою «Кільця проміжного 314.07.032» є поковка, що кується на пресах. Ми пропонуємо це замінити на поковку, яка кується на молотах: такий спосіб є більш дешевшим, ефективнішим, що має великі переваги: більша точність розмірів і форми поковки, менша вартість поковки, менший коефіцієнт використання метала, вища продуктивність і ККД основного устаткування, кращі умови праці для робітників, відсутність ударів та великого шуму у роботі, можливість використання складених штампів замість суцільних, тощо.

З точки зору оснащення, зараз при закріпленні заготовки кільця проміжного використовують універсальну оснастку, а саме - затискачі з ручним приводом та прихвати. Необхідним є для збільшення продуктивності праці використання спеціального сучасного оснащення з механізованим приводом, наприклад, пневматичним.

Наявний різальний інструмент є малопродуктивним і морально застарілим. Як правило використовується напайний інструмент, що є в наявності в інструментальних кладових цехів. Але більш рекомендованим є інструмент із багатогранними змінними різальними пластинами, який зменшує витрати часу на відновлення різальних властивостей.

Також верстати, які використані в базовому технологічному процесі, є дещо застарілим і малопродуктивним. Бажано замінити обладнання на більш сучасне з системою ЧПК, тому що це дозволить підвищити продуктивність та якість виконуваних операцій з меншою собівартістю оброблюваної деталі.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ «КІЛЬЦЯ ПРОМІЖНОГО 314.07.032»

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів і вибір оптимального для виготовлення «Кільця проміжного 314.07.032»

Технологічні способи оброблення, які забезпечують однакові параметри оброблюваних поверхонь, відрізняються один від одного собівартістю їх реалізації. Тому маршрути оброблення поверхонь, складені із різних методів досягнення точності, можна об'єднувати в однакові етапи технологічного процесу виготовлення. Тоді механічне оброблення заготовки може перериватися іншими операціями етапів. Ми спостерігаємо при цьому багатоваріантність шляхів проектування технологічних процесів.

Можна обрати різні методи оброблення поверхонь заготовки і запропонувати інші варіанти забезпечення вимог до оброблення циліндричних поверхонь, використовуючи як існуючу довідкову літературу, так і надані вимоги:

- спосіб отримання заготовки: кування на пресах чи кування на молотах, прокат;
- за точністю форми й розташування поверхонь (табл. 2.1);
- за шорсткістю поверхні (табл.2.2);
- необхідні механічні властивості деталі можна забезпечити використанням відповідного матеріалу, наприклад, сталі 20Х13, з наступним термообробленням, де присутні закалка, відпуск з нормалізацією та штучне старіння для зняття напружень (внутрішніх).

Таблиця 2.1 – Методи досягнення технічних вимог форми й розміщення

Відхилення допусків розташування і форми	Величина допуску, мм	Пропоновані методи забезпечення
Торцеве, радіальне биття	0,025	Використання принципів постійності баз
		Використання центруючих оправок для встановлення
		Підвищена жорсткість технологічної системи

Після аналізу способів досягнення точності, видно, що при оброблянні не дуже точних циліндричних поверхонь можна обрати два види точіння - чорнове і напівчистове. Більш відповідальні та точні базові поверхні отримуємо за допомогою комплексу декількох операцій, а саме точінням чорновим, точінням напівчистовим і точінням чистовим.

Таблиця 2.2 – Методи досягнення шорсткості оброблення поверхні

Поверхні, що оброблюють	Шорсткість Ra, мкм	Методи забезпечення точності
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні	3,2	Точіння чорнове, точіння напівчистове, точіння чистове
		Точіння чорнове, точіння напівчистове
	6,3	Точіння чорнове, точіння напівчистове
		Точіння чорнове

Маємо перелік операцій оброблення за запропонованим технологічним процесом виготовлення кільця проміжного 314.07.032:

- 015 Токарно-гвинторізна;
- 020 Токарна з ЧПК;
- 025 Токарна з ЧПК;
- 030 Фрезерна з ЧПК;
- 035 Свердлильна з ЧПК;
- 040 Свердлильна з ЧПК;

- 045 Технічний контроль;
- 050 Слюсарна.

В новому технологічному процесі виготовлення кільця проміжного 314.07.032 застосовано сучасне обладнання з ЧПК. Також використано принципи концентрації операцій та сталості технологічних баз.

2.2 Обґрунтування способів отримання, розрахунок й формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки

З метою економії металу й зменшення трудомісткості обробляння, конфігурацію заготовки бажано максимально наблизити до конфігурації готової деталі. Тоді собівартість заготовки й трудомісткість її виготовлення будуть мінімальними. Геометрична форма заготовки повинна дозволяти проводити обробляння з мінімальною кількістю установів, тобто – з одного установа. Бажано, щоб матеріал заготовки не мав рихлостей, тріщин і розшарувань.

Деталь «Кільце проміжне 314.07.032» можна отримувати такими альтернативними методами:

- вільним куванням на молотах;
- прокатом сортовим;
- поковкою кованою на пресах.

Особливості конфігурації деталі «Кільце проміжне 314.07.032», технічні вимоги креслення деталі та матеріал надають перевагу застосуванню поковки, що кована на молотах.

Наводимо вихідні дані, що є необхідними для розрахунків припусків:

- маса кільця проміжного – 3,6 кг;
- матеріал кільця проміжного – Сталь 20X13.

Згідно із діючими стандартами призначаємо допуски, граничні відхилення і припуски:

- для Ø180 мм – розмір заготовки приймаємо Ø190±3,00 мм;
- для Ø156 мм – розмір заготовки приймаємо Ø140±3,00 мм;
- для L65,5 мм – розмір заготовки приймаємо 75±2,500 мм.

Масу заготовки розрахуємо за формулою (2.1):

$$m = \rho \cdot v, \quad (2.1)$$

де v – це об'єм заготовки кільця проміжного, см^3 ,

$$v = \frac{\pi d^2}{4} L, \quad (2.2)$$

Маємо довжину заготовки у см: $L=74$;

Маємо діаметр заготовки у см: $d=19$ і 14 ;

Тоді

$$v = \frac{3,140 \cdot 19^2}{4} 7,50 - \frac{3,140 \cdot 14^2}{4} 7,50 = 2123 - 1153 = 971 \text{ (см}^3\text{)},$$

$\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ – щільність матеріалу заготовки, сталь 20X13;

Маса заготовки:

$$m = 971 \cdot 7,84 = 7624 \text{ (гр)} = 7,8 \text{ (кг)}.$$

Тоді коефіцієнт використання заготовки кільця проміжного:

$$K_3 = \frac{m_D}{m_3} \geq 0,7, \quad (2.3)$$

де $m_3=7,8$ – маса заготовки у кг;

$m_D=3,8$ – маса деталі у кг;

0,7 – це рівень технологічності за ЄСТПП.

$$K_3 = \frac{3,80}{7,8} = 0,49$$

Оскільки $K_3 < 0,7$, тоді це є нетехнологічним. Причиною є досить великі припуски та напуски у поковки. У кільця проміжного наявною є велика кількість циліндричних проточок і отворів, це зменшить масу деталі кільця проміжного.

За формулою (2.4) зробимо розрахунки собівартості заготовки, кованої на молотах:

$$S_{\text{заг_моло}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_e \cdot K_m \cdot K_t \cdot K_c \cdot K_{H'} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відхл}}}{1000} \quad (2.4)$$

де $q=3,8$ кг – це маса деталі кільця проміжного;

$Q=7,8$ кг – це маса заготовки кільця проміжного;

$C_{\text{іст}}=49100$ грн – це базова вартість однієї тони матеріалу сталі у грн;

$K_{\text{н}} = 1,25$ – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_{\text{м}} = 1,2$ – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_{\text{т}} = 1,10$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки кільця проміжного;

$K_{\text{с}} = 1,3$ – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_{\text{в}} = 0,95$ – коефіцієнт враховуючий масу поковки кільця проміжного;

$S_{\text{відх}} = 5810$ грн – ціна однієї тони відходів сталі,

$$S_{\text{заг01}} = \left(\frac{49100}{1000} \cdot 7,8 \cdot 1,10 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 0,95 \right) - (7,8 - 3,80) \frac{5810}{1000} = 693 \text{ (грн.)}$$

Заготовка, яка отримана куванням на молотах, більш дешевша і зміцнена (рисунок 2.1).

Проставимо технічні вимоги на кресленні:

1. Матеріал-замінник – сталь 30X13;
2. Незазначені зовнішні ухили заготовки 5° ;
3. Поковка Гр.І;
4. Незазначені радіуси $R4^{+2,0}$ мм;
5. Маркувати шифр деталі шрифтом 5Пр3.

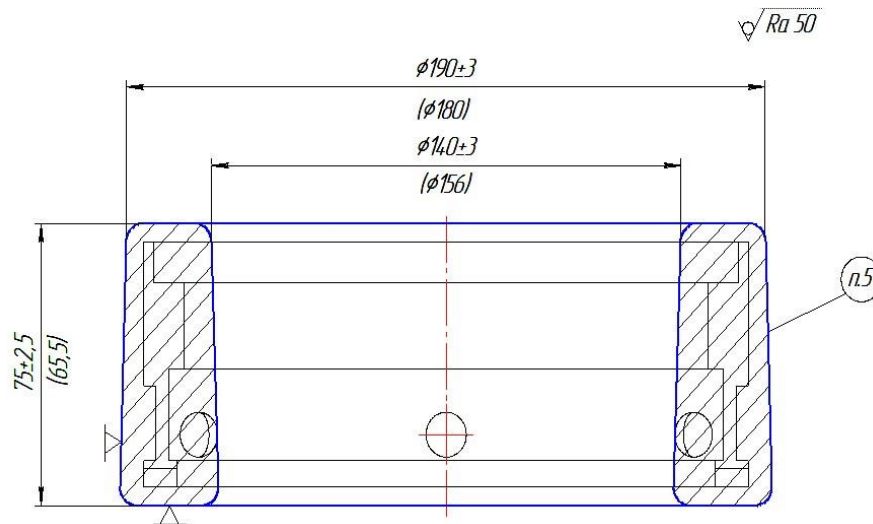


Рисунок 2.1 - Ескіз поковки кільця проміжного

Як альтернативну заготовку розглянемо прокат $\phi 185(+1,00;-1,5)$ мм та довжиною 72 мм.

Повторимо розрахунки за формулами (2.1) і (2.2). Маємо об'єм заготовки:

$$V = \frac{3,14 \cdot 18,50^2}{4} \cdot 7 = 1881 \text{ (см}^3\text{)},$$

Маса заготовки: $m = 1881 \cdot 7,86 = 14741 \text{ (г)} = 14,74 \text{ (кг)}$.

Собівартість прокату розрахуємо за формулою (2.5):

$$S_{\text{заг}_02} = M_{\text{мат}} + C_{\text{о.з.}}, \quad (2.5)$$

де $M_{\text{мат}}$ це – витрати на матеріали по формулі (2.6):

$$M_{\text{мат}} = Q_2 S_2 - (Q - q) \frac{S_{\text{ВЛДХ}}}{1000}, \quad (2.6)$$

$S_2 = 49$ грн – це ціна одного кг матеріала.

$$M_{\text{мат}} = 49 \cdot 14,70 - (14,74 - 3,8) \frac{5810}{1000} = 698 \text{ (грн.)}$$

$C_{\text{о.з.}}$ – технологічна собівартість операцій розрізання заготовки на окремі частини, знаходимо за формулою (2.7):

$$C_{\text{о.з.}^4} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{ум}}}{60 \cdot 100}, \quad (2.7)$$

де $C_{п.з.ч} = 9810$ (коп/год.) – затрати на робочому місці на розрізування заготованки:

$T_{ум} = 5,75$ хв. – штучний час на заготівельну операцію.

$$C_{о.з.} = \frac{9810 \cdot 5,75}{60 \cdot 100} = 9,4 \text{ (грн.)}$$

$$S_{заг02} = 698 + 9,4 = 707 \text{ (грн.)}$$

Оскільки собівартість кованої заготовки є нижчою, то прийmemo її метод отримання.

Річна економія одного способу у порівнянні з іншим:

$$E_{річ} = (707 - 693) \cdot 1100 = 15400 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання $\varnothing 180$

Розрахунок допусків і припусків на оброблення поверхні $\varnothing 180$ (-0,014; -0,039) проводимо за допомогою комп'ютерної програми «Priskus», результати наведено в додатку В.

Мінімальний припуск на зовнішню циліндричну поверхню:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.8)$$

де R_{z-1} – шорсткість мікронервностей поверхні кільця проміжного, отримана на попередній операції (попередньому переході);

ε_i – похибка базування на виконуваний операції (переході);

ρ_{i-1} – просторове відхилення форми, отримане на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару, отримана на попередній операції (переході).

Величину ρ_{i-1} розраховуємо так:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{экс}^2 + \rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (2.9)$$

$\rho_{см} = 1,5$ мм – це просторове відхилення - зміщення заготовки кільця проміжного;

$\rho_{экс} = 1,00$ мм – це просторове відхилення - ексцентриситет;

$\rho_{кор} = 1,00$ мм – просторове відхилення - коробління;

$$\rho_{заг} = \sqrt{1^2 + 1,5^2 + 1^2} = 2,11 \text{ (мм)},$$

ρ_{i-1} знаходимо у відсотковому відношенні від $\rho_{заг}$.

Тоді $\rho_{черп} = \rho_{заг} k_y$,

де коефіцієнт уточнення k_y знаходять в залежності від виду переходу:

$$\rho_{чис} = 2110 \cdot 0,04 = 84 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{n/ч} = 2100 \cdot 0,05 = 105 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{чер} = 2110 \cdot 0,06 = 125 \text{ мкм.}$$

В таблиці 2.3 наведені вихідні данні для розрахунку шуканих припусків.

Таблиця 2.3 – Вихідні данні для розрахунку припусків

Найменування переходу	Точність, квалітет	Граничні відхилення	Елементи припусків, мкм				
			Rz	T	ρ	ε_y	
Поковка	T3	$\pm 3,0$	250	250	2110	e_6	e_3
Точіння чорнове	IT 12	-0,40	150	150	125,0	50	150
Точіння напівчистове	IT 10	-0,160	50	50	105,0	0	0
Точіння чистове	IT 8	-0,0630	25	25	84,0	0	0
Точіння тонке	IT 6	-0,0140 -0,0390	5	5	63	0	0

На рисунку 2.2 показано схему припусків і допусків на оброблення.

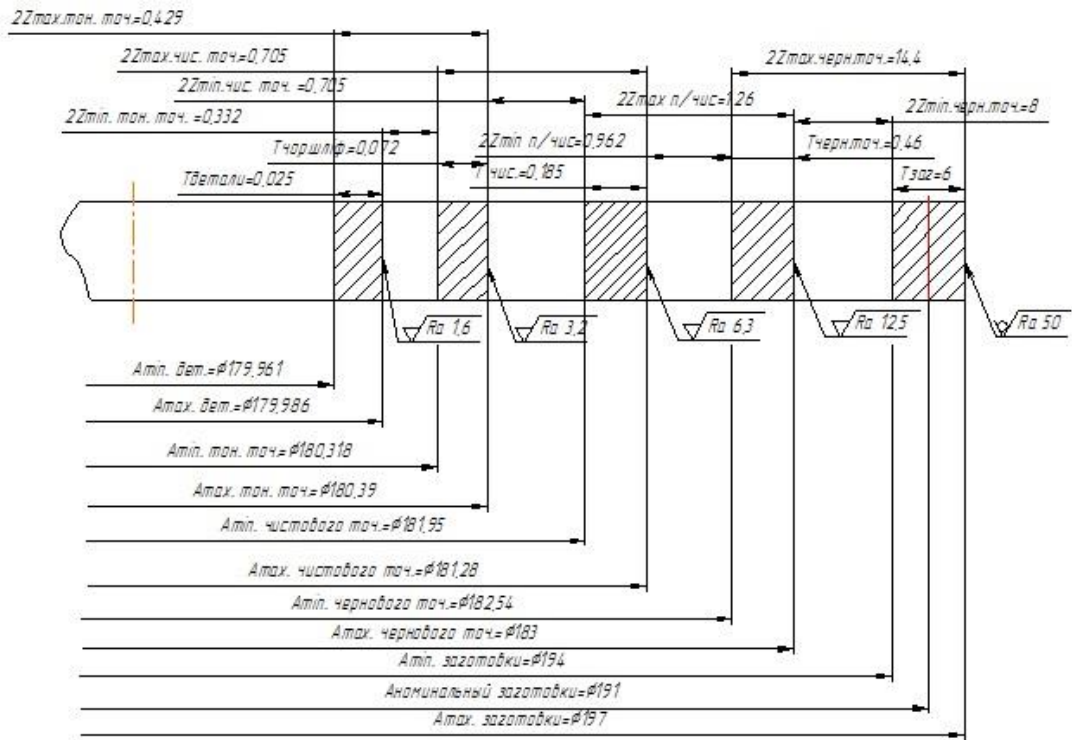


Рисунок 2.2 – Схема припусков і допусків на оброблення

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів

Шукаємо допуски на технологічні розміри по економічній точності і існуючим домінуючим похибкам (див. таблицю 2.4). Розмірну схему зображено на рисунку 2.3. Далі знайдемо домінуючи похибки. А саме для розміра А1.1 домінуюча похибка буде дорівнювати $\rho_{кор1} = \Delta_{кD} = 0,70 \cdot 180 = 126 \text{ мкм} \approx 0,12 \text{ мм}$.

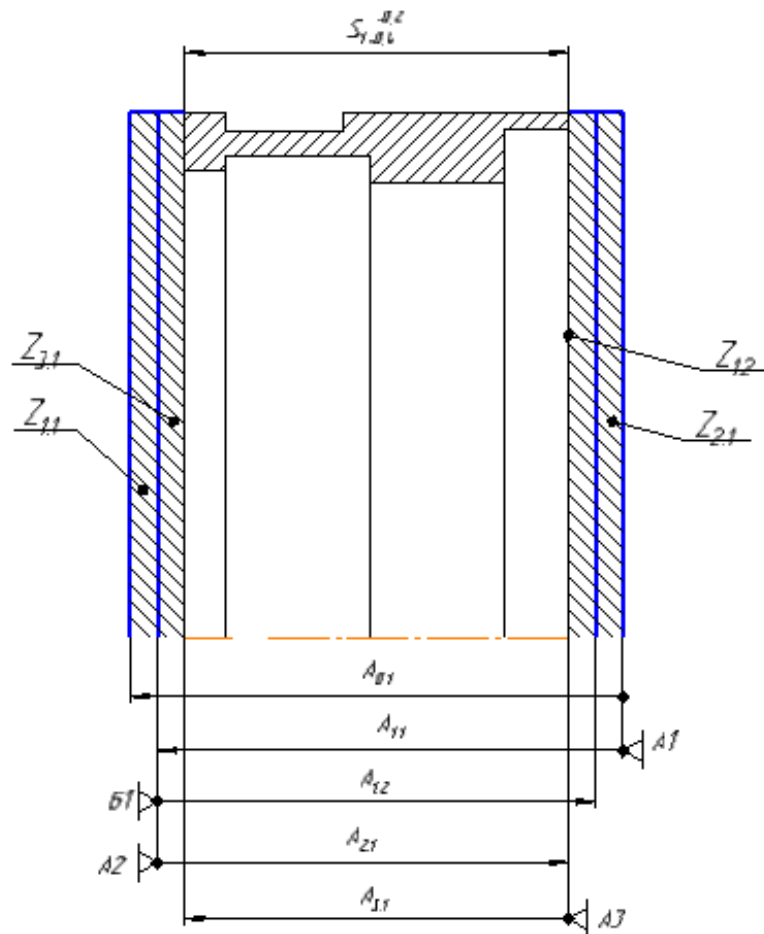


Рисунок 2.3 – Схема розмірна

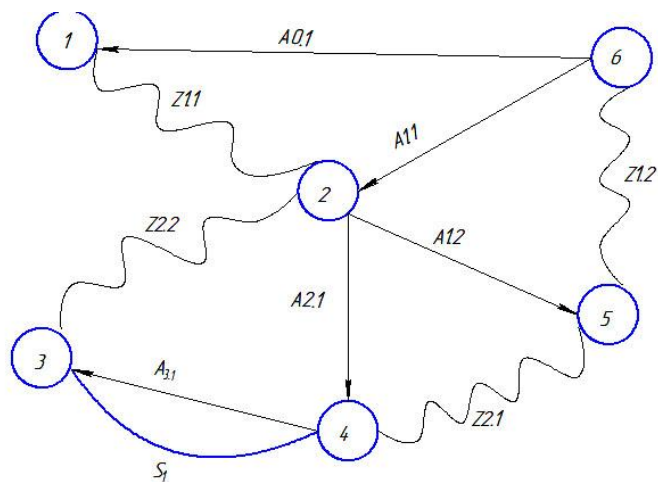


Рисунок 2.4 – Граф ТРЛ

Для зручності знаходжень технологічних розмірних ланцюгів (ТРЛ) побудуємо граф маршрутного техпроцесу (див. рисунок 2.4).

Прийmemo рівною нулю домінуючу похибку за виконання останніх розмірів: при отриманні цих розмірів співпадатиме як технологічна, так і конструкторська база. На цю величину збільшимо допуски на розміри, де виникли домінуючі похибки. Отримані розрахунками дані занесли до таблиці 2.4. Величини припусків розрахуємо так:

$$Z_{\min i,j} = R_{z_{i-1,j}} + h_{i-1,j}, \quad (2.10)$$

де $h_{i-1,j}$ – це дефектний шар у мкм;

$R_{z_{i-1,j}}$ – це шорсткість з попередньої операції у мкм.

За таблицею для поковки масою більше 10 кг, виготовляється куванням:

$R_z = 600$ мкм та $h = 400$ мкм.

Маємо $Z_{1,1} = 500 + 400 = 900$ мкм = 0,9 мм.

За таблицею 24 для чорнового оброблення $R_z = 250$ мкм, $h = 240$ мкм.

Маємо $Z_{1,2} = 250 + 240 = 490$ мкм = 0,490 мм.

Дані запишемо до граfi 2 у таблиці 2.4.

За таблицею 24 для чистового оброблення $R_z = 125$ мкм, $h = 125,0$ мкм. Тоді $Z_{2,1} = Z_{3,1} = 125,0 + 125,0 = 250$ мкм = 0,250 мм. Дані запишемо до граfi 2 у таблиці 2.5.

Очікувані похибки знайдемо з дерева графа:

$$\omega S_1 = T_{A_{3,1}} = 0,20 \text{ мм};$$

$$\omega Z_{1,1} = T_{A_{1,1}} + T_{A_{0,1}} = 5,0 + 0,860 = 5,860 \text{ мм};$$

$$\omega Z_{1,2} = T_{A_{1,1}} + T_{A_{1,2}} = 0,860 + 0,30 = 1,160 \text{ мм};$$

$$\omega Z_{2,1} = T_{A_{1,2}} + T_{A_{2,1}} = 0,30 + 0,20 = 0,50 \text{ мм};$$

$$\omega Z_{3,1} = T_{A_{2,1}} + T_{A_{3,1}} = 0,20 + 0,20 = 0,40 \text{ мм}.$$

Дані запишемо до граfi 3 у таблиці 2.5.

Розрахуємо середні розміри й запишемо до граfi 4 таблиці 2.5. Середні припуски знайдемо так:

$$Z_{i,j_{cp}} = \frac{\omega Z_{i,j}}{2} + Z_{\min i,j}. \quad (2.11)$$

Допущене коректування конструкторських розмірів:

$$K_{S_i} = \pm \frac{1}{2} (TS_i - \omega S_i). \quad (2.12)$$

$$\text{Тоді } K_{S1} = \pm \frac{1}{2} (0,20 - 0,20) = \pm 0.$$

Таблиця 2.4– Розрахунки допусків на шукані технологічні розміри

Індекси розмірів	Способи оброблення	Точність розмірів заготовки	Шорсткість	Величини розмірів, мм	Величини допусків, мм	Домінуюча похибка, мм	Розрахунковий допуск, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
A _{0.1}	Оброблення тиском	T3	Ra 25	75	±2,5	-	5
A _{1.1}	Чорнове підрізування торця	IT14	Ra 12,5	71	-0,740	РКОР = 0,120	0,860
A _{1.2}	Чорнове підрізування торця	IT12	Ra 6,3	67	-0,30	-	0,30
A _{2.1}	Чистове підрізування торця	IT11	Ra 3,2	66,20	-0,20	-	0,20
A _{3.1}	Чистове підрізування торця	IT11	Ra 3,2	65,50	-0,20 -0,40	-	0,20

Дані запишемо до графі 5 у таблиці 2.4. Використовуємо граф і запишемо рівняння РЛ до графі 9 таблиці 2.5.

До графі 7 запишемо технологічний розмір, що знаходять за відповідними рівняннями. До графі 8 таблиці 2.5 запишемо допуск на відповідний технологічний розмір РЛ.

Розраховуємо про рівнянням РЛ конструкторські розміри:

$$A_{3.1\text{сер}} = S_1 = 65,20;$$

$$A_{3.1\text{ном}} = A_{3.1\text{сер}} + TA_{3.1}/2 = 65,20 + 0,20/2 = 65,50_{-0,4}^{-0,2};$$

$$A_{3.1\text{ном скор}} = 65,50_{-0,4}^{-0,2};$$

$$A_{3.1\text{ ср скор}} = A_{3.1\text{ном скор}} - TA_{3.1}/2 = 65,50 - 0,20/2 = 65,40;$$

Таблиця 2.5 – Розрахунки величин технологічних розмірів

Відомі данні						Невідомі розміри						
Розмір	Величина допуску	Очікувана похибка	Середнє розрахунковий	Допустиме коректування	Середнє ескоректований розмір	Розмір	Допуск	Рівняння контуру	Середнє розрахунковий розмір	Номинальний розмір	Номинальний ескоректований розмір	Середній ескоректований розмір
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S ₁	65,5 ^{-0,2} _{-0,4}	0,57	65,2	±0	65,2	A _{3.1}	±2,5	A _{3.1cp} =S ₁	65,2	65,5 ^{-0,2} _{-0,4}	65,5 ^{-0,2} _{-0,4}	65,4
Z _{1.1}	0,9	5,86	3,83	+ ∞		A _{2.1}	-0,86	A _{2.1cp} = A _{3.1} + Z _{3.1}	65,85	65,95 ^{-0,2}	65,1 ^{-0,2}	66
Z _{1.2}	0,49	1,16	1,07		1,52	A _{1.2}	-0,3	A _{1.2cp} = A _{2.1} + Z _{2.1}	66,5	66,65 ^{-0,3}	66,7 ^{-0,3}	66,5
Z _{2.1}	0,25	0,5	0,5	+ ∞	0,6	A _{1.1}	-0,2	A _{1.1cp} = A _{1.2} + Z _{1.2}	67,62	68,15 ^{-0,86}	68,2 ^{-0,86}	67,77
Z _{3.1}	0,25	0,4	0,45	+ ∞	0,69	A _{0.1}	^{-0,2} _{-0,4}	A _{0.1cp} = A _{1.1} + Z _{1.1}	71,6	71,6±2,5	73±2,5	73

Перевіряння:

$$S_1 = A_{3.1} = 65,50_{-0,4}^{-0,2}, S_{1к} = 65,50_{-0,4}^{-0,2} \text{ (конструкторський допуск забезпечено).}$$

$$A_{2.1cp} = A_{3.1} + Z_{3.1} = 65,40 + 0,45 = 65,850;$$

$$A_{2.1ном} = A_{2.1cp} + TA_{2.1}/2 = 65,850 + 0,20/2 = 65,950_{-0,2};$$

$$A_{2.1ном скор} = 65,950 + 0,15 = 66,10_{-0,2};$$

$$A_{2.1 ср скор} = A_{2.1ном скор} - TA_{2.1}/2 = 66,10 - 0,20/2 = 66;$$

Перевіряння:

$$Z_{3.1} = A_{2.1} - A_{3.1} = 66,10_{-0,2} - 65,50_{-0,4}^{-0,2} = 0,690 \pm 0,40, Z_{3.1 min} = 0,290;$$

$$Z_{3.1} = 0,250.$$

$$A_{1.2cp} = A_{2.1} + Z_{2.1} = 66 + 0,50 = 66,50;$$

$$A_{1.2ном} = A_{1.2cp} + TA_{1.2}/2 = 66,50 + 0,30/2 = 66,650_{-0,3};$$

$$A_{1.2ном скор} = 66,650 + 0,05 = 66,70_{-0,3};$$

$$A_{1.2 ср скор} = A_{1.2ном скор} - TA_{1.2}/2 = 66,70 - 0,30/2 = 66,55;$$

Перевіряння:

$$Z_{2.1} = A_{1.2} - A_{2.1} = 66,70_{-0,3} - 66,10_{-0,2} = 0,60_{-0,3}^{-0,2}, Z_{2.1 min} = 0,3;$$

$$Z_{2.1} = 0,250.$$

$$A_{1.1cp} = A_{1.2} + Z_{1.2} = 66,550 + 1,070 = 67,620;$$

$$A_{1.1ном} = A_{1.1cp} + TA_{1.1}/2 = 67,620 + 0,860/2 = 68,150_{-0,860};$$

$$A_{1.1ном скор} = 68,150 + 0,05 = 68,20_{-0,860};$$

$$A_{1.1 \text{ ср скор}} = A_{1.1 \text{ ном скор}} - TA_{1.1}/2 = 68,20 - 0,860/2 = 67,770;$$

Перевіряння:

$$Z_{1.2} = A_{1.1} - A_{1.2} = 68,20 - 0,860 - 66,70 - 0,3 = 1,520^{+0,86}_{-0,3}, Z_{1.2 \text{ min}} = 1,220;$$

$$Z_{1.2} = 0,490.$$

$$A_{0.1 \text{ ср}} = A_{1.1} + Z_{1.1} = 67,770 + 3,830 = 71,60;$$

$$A_{0.1 \text{ ном}} = A_{0.1 \text{ ср}} + TA_{0.1}/2 - ES_{A_{0.1}} = 71,60 + 5,0/2 - 2,50 = 71,60 \pm 2,50;$$

$$A_{0.1 \text{ ном скор}} = 71,60 + 1,40 = 73 \pm 2,50;$$

$$A_{0.1 \text{ ср скор}} = A_{0.1 \text{ ном скор}} - TA_{0.1}/2 + ES_{A_{0.1}} = 73 - 5,0/2 + 3 = 73.$$

Перевіряння:

$$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.1} = 73 \pm 2,50 - 68,2 - 0,860 = 4,80^{+3,36}_{-2,5}, Z_{1.1 \text{ min}} = 2,30; Z_{1.1} = 0,90.$$

Висновки: перевіряння забезпечення мінімальних допусків й припусків дало позитивний результат та підтверджує вірність розрахунків.

2.5 Призначення і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки кільця проміжного

Розглянемо операцію 030 – фрезерну із ЧПК, для якої будемо проводити наукове дослідження (розділ 3). На операції з одного установу виконують оброблення паза на прохід. Базування (перший варіант) пропонується в трихулачковому патроні (рисунок 2.5). Маємо установлювальну базу (торець) і подвійну опорну базу ($\varnothing 180$), при цьому заготованку позбавлено 5 ступенів свободи.

Для ширини паза 8 (+0,1) мм похибка базування забезпечується інструментом, тобто діаметром фрези. Для глибини паза 5 мм похибка базування забезпечується допуском на розмір 65,50(-0,20;-0,40), тоді $E_{5,0} = T_{65,5} = 0,20$ мм, що є меншою величиною ніж допуск на розмір виконуваний ($T_{5,0} = 0,5$ мм).

Для порівняння розглянемо базування заготованки на оправці (рисунок 2.6).

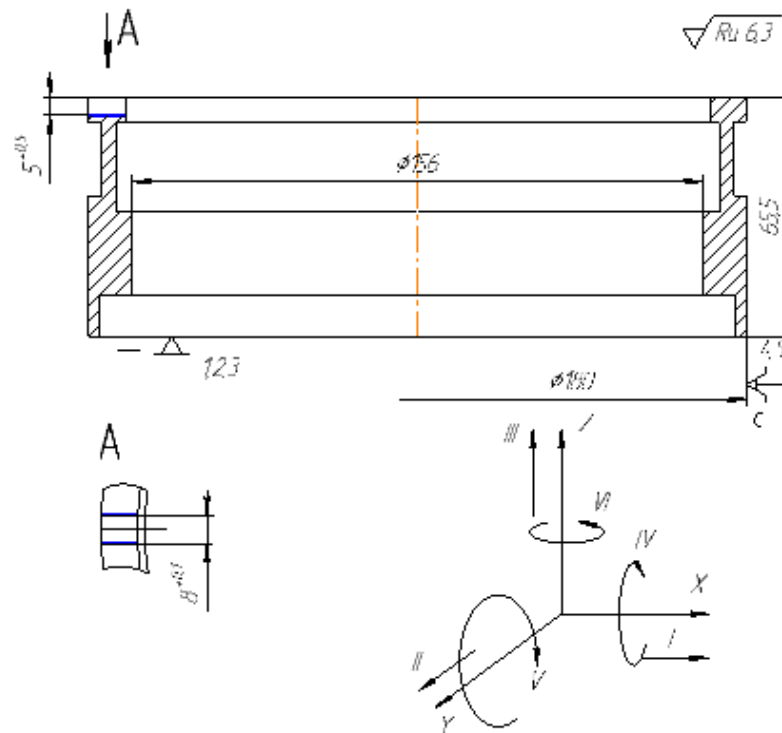


Рисунок 2.5 – Схема базування в патроні для операції 030 (перший варіант)

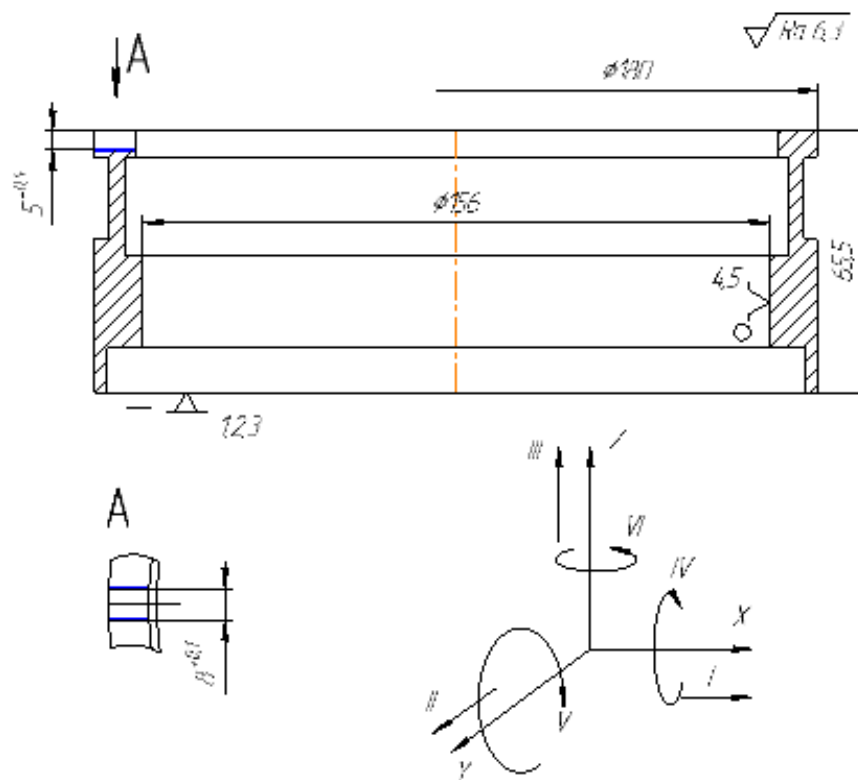


Рисунок 2.6 - Схема базування на оправці для операції 030 (другий варіант)

Наведена на рисунку 2.6 схема передбачає базування по центральному отвору, де присутні установлювальна база і подвійна напрямна бази, при цьому заготованка позбавлена п'яти ступенів свободи.

Можливі похибки базування за природою та за величинами аналогічні з попередньою схемою, зображеною на рисунку 2.5.

Більш доцільною з двох наведених вище схем є схема базування на оправці, тому що ця схема дозволить забезпечити швидке та точне базування, закріплення зі сталюю силою заготованки, тобто схема є більш досконалою з точки зору точності та продуктивності.

2.6 Вибір і обґрунтування моделей металорізальних верстатів

На операції 025 токарній із ЧПК виконується з одного установа чистове токарне оброблення. З верстатів моделей 16K20Ф3 і 16K20 обираємо більш сучасне обладнання з ЧПК.

На операції 035 свердлильній з ЧПК йде оброблення отворів. Порівнюючи застосування універсального свердлильного верстата моделі 2М55 і верстата із ЧПК моделі 2Р135Ф2, надаємо перевагу верстату із ЧПК, оскільки це сучасне обладнання може виконувати оброблення в автоматизованому режимі зі зміною різального інструмента.

Більш детально розглянемо операцію 030 – фрезерну із ЧПК, для якої будемо проводити наукове дослідження (розділ 3).

Запропоновано для порівняння два вертикально-фрезерних верстати для оброблення паза завширшки 8 мм: моделі 6Р13 й моделі 6Р13Ф3-1. Після проведеного аналізу обираємо верстат моделі 6Р13Ф3-1, так як цей верстат має більшу за розмірами робочу поверхню стола і, головне, систему ЧПК. Це дозволяє зменшити час на оброблення кільця проміжного і, відповідно, зменшити витрати

на виготовлення деталі. Нівелюється людський фактор в процесі оброблення, оскільки відбувається автоматичний вихід ріжучого інструменту у вихідні точки: використання цієї моделі верстата з ЧПК дозволить уникнути зайвих попередніх розмічувальних операцій, що виконувались вручну.

Також вибір верстата зроблено з урахуванням деяких технологічних ознак:

- необхідна потужність двигуна (верстат мод. 6P13Ф3-1 має двигун потужністю 7,5 кВт, і цього достатньо для кінцевого фрезерування паза 8 мм);
- технологічні методи оброблення поверхонь: було розглянуто для оброблення поверхонь кільця проміжного низку різних верстатів; і після аналізу було обрано фрезерний верстат саме моделі 6P13Ф3-1, так як цей верстат є більш продуктивним, жорстким та точним;
- наявний дрібносерійний тип виробництва: тут віддають перевагу верстатам із ЧПК, саме таким обладнанням буде верстат мод. 6P13Ф3-1;
- габаритні розміри робочого простору: верстат мод. 6P13Ф3-1 має робочий стіл з великими розмірами 670x1800 мм, тому це дозволить успішно встановлювати заготованку разом із верстатним пристроєм на столі верстата.

Головні технічні характеристики фрезерного верстата з ЧПК моделі 6P13Ф3-1:

- робоча поверхня стола – 670x1800 мм;
- потужність електродвигуна (головний привід) – 7,50 кВт;
- число швидкостей шпинделя – коробка має 6/с;
- маса верстата – 5670 кг;
- габарити Д x Ш x В = 3630x4170x2780 мм;
- внутрішній конус шпинделя – 50;
- частота обертання шпинделя – 45-2200 об/хв.;
- швидкості переміщення стола верстата:
 - вертикальне – 390 мм/хв.;
 - поздовжнє – 120 мм/хв.;
 - поперечне – 450 мм/хв.;

- кількість подач стола верстата:
 - поздовжнє й поперечне – 12-1400 мм/хв.;
 - вертикальна – 12-1400 мм/хв.

2.7 Вибір і обґрунтування верстатних пристроїв, різального і вимірювального інструмента

При виборі верстатних пристроїв, оснастки та інструментів враховуються:

- тип виробництва;
- методи обробки поверхонь кільця проміжного;
- матеріал заготовки кільця проміжного;
- етапи оброблення поверхонь кільця проміжного;
- габарити верстатів кільця проміжного;
- геометрію різальної частини інструментів для кільця проміжного;
- використання мастильно-охолоджуючих рідин, їх різновид для кільця проміжного;
- точність вимірювання параметрів кільця проміжного.

Більш детально розглянемо фрезерну із ЧПК операцію 030, для якої будемо проводити наукове дослідження (розділ 3).

Обираємо наступне:

- спеціальний пристрій, що дозволить реалізувати потрібну схему базування;
- патрон 1-32-2-98, який використано для установа кінцевої фрези в шпинделі верстата;
- фреза 2201-0019 P6M5, що є кінцевою фрезою $\varnothing 8$ зі швидкоріжучої сталі із циліндричним хвостовиком;

- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018, що використовується для контролю оброблених поверхонь;
- зразки шорсткості стандартні.

2.8 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій

Режими різання технологічних операцій визначаємо табличним способом (таблиці 2.6 – 2.8).

Таблиця 2.6 – Режими різання на операції 025 токарній зЧПК

Найменування, перехід	Режими оброблення					L, мм
	t, мм	S, мм/об.	V, м/хв.	n, об/хв.	i	
Точіння Ø182 мм	0,4	0,25	118	220	2	73
Точіння Ø172 мм	0,5	0,25	110	220	1	15
Точіння торця Ø182 мм	0,4	0,3	118	220	2	8
Точіння торця Ø172 мм	0,5	0,3	110	220	1	15

Таблиця 2.7 – Режими різання на операції 030 фрезерній зЧПК

Найменування, перехід	Режими оброблення					L, мм
	t, мм	Sz, мм/зуб.	V, м/хв.	n, об/хв.	i	
Фрезерування пазу B = 8 мм, глибиною H = 5 мм	5	0,08	25,2	1000	1	23

Таблиця 2.8 – Режими різання на операції 035 свердильній зЧПК

Найменування, перехід	Режими оброблення					L, мм
	t, мм	S, мм/об.	V, м/хв.	n, об/хв.	i	
Свердління Ø12 мм	6	0,21	22,5	600	1	11

Нормування технологічних операцій здійснюємо табличним способом (таблиця 2.9).

Таблиця 2.9 –Нормування операцій

№ і назва операції	T _о	T _{доп.}	T _{об.}	T _{відп.}	T _{шт.}	T _{підг.-з.}	n	T _{шт.-к.}
025 токарна з ЧПК	3,02	9,0	0,45	0,3	9,55	25	30	9,6
030 фрезерна з ЧПК	0,14	6,3	0,32	0,25	7,1	25	30	7,2
035 свердлильна з ЧПК	2,8	7,8	0,5	0,3	8,7	30,5	30	9,8

2.9 Проектування засобів технологічного оснащення – верстатного пристрою для фрезерної з ЧПК операції 030

Спроекуємо верстатний пристрій для фрезерної з ЧПК операції 030, де є обробляння пазу шириною 8 мм.

Пропонуємо для проєктованого технологічного процесу для фрезерної з ЧПК 030 операції зробити спеціальний пристрій з пневматичним приводом, що скорочує час установлення заготовки і знижує розряди операторів фрезувального верстата.

Розглянемо цілі фрезерної з ЧПК операції.

З одного установа на цій операції обробляють паз 8 X 5 мм. Із креслення деталі «Кільце проміжне 314.07.032» робимо висновки, що до поверхонь паза не пред'являють досить жорстких вимог по точності і якості обробляння. Моємо таку точність поверхонь:

– 8 мм, це є шириною паза, допуск складатиме $T=0,1$ мм, $ES=+0,1$ мм, а $EI=0$ мм, що відповідає 9-му квалітету точності;

– 5 мм, це є глибиною паза, допуск $T=0,5$ мм, $ES=+0,5$ мм, а $EI=0$ мм що відповідає 15-му квалітету точності.

Оскільки на кресленні деталі не вказують допуски на кутові розміри, то невказані граничні відхилення допусків прийматимемо за стандартами: $\pm AT16/2$, що дорівнює $\pm 30'$.

Розглядати довжину обробляння паза не будемо, тому що паз фрезується напрохід.

Також не вказаними є допуски форми поверхонь, і тому назначимо їх відповідно до відносної нормальної геометричної точності «А» Згідно зі стандартами беремо 60% від допуску на розмір:

допуск площинності складає 60% від відповідного допуску на розмір 8 мм, тобто $T=0,1 \cdot 0,6=0,06$ (мм). Це відповідатиме 13-му ступіню точності;

допуск паралельності стінок складатиме 60% від відповідного допуску на розмір 5 мм. Тоді $T=0,6 \cdot 0,5=0,3$ (мм). Прийmemo допуск 250 мкм, що відповідатиме 15-му ступіню точності.

Шорсткість обробляння згідно із кресленням складає $Ra=6,3$.

При базуванні приймаємо поверхні торця деталі та отвору, які вже оброблені начисто, є розвинутими і відкритими.

До базових поверхонь на кресленні пред'являють вимоги такі:

– поверхня $\varnothing 156^{+0,200}$ мм, де допуск є $T = 0,2$ мм ($EI=0$ мм, $ES=+0,2$), що відповідатиме 11-му квалітету точності;

– торець деталі виконано в розміри $65,5(-0,2;-0,4)$; це означає, що допуск є $T=0,2$ мм ($ei=-0,40$ мм, $es=+0,2$) і це відповідатиме 11-му квалітету точності.

Невказані допуски профіля повздовжнього перетину й циліндричності знаходяться в межах 30% від відповідного допуску розміру $\varnothing 155$ мм:

$$T=0,2 \cdot 0,3=0,06 \text{ (мм)}.$$

Прийmemo допуск 50 мкм, це відповідатиме 9-му ступіню точності.

Також допуск перпендикулярності торця складатиме 60% від відповідного допуску на розмір 65,5 мм. Маємо:

$$T=0,60 \cdot 0,20= 0,12 \text{ (мм)},$$

це відповідатиме 11-му ступіню точності згідно з діючими стандартами.

Шорсткість отвору $\varnothing 156$ згідно з кресленням деталі - $Ra=3,2$.

Обґрунтування та вибір схеми базування заготовки нами розглянуто у розділі 2.5.

Функціональна структура проєктованого спеціального пристрою наведено на рис. 2.7.

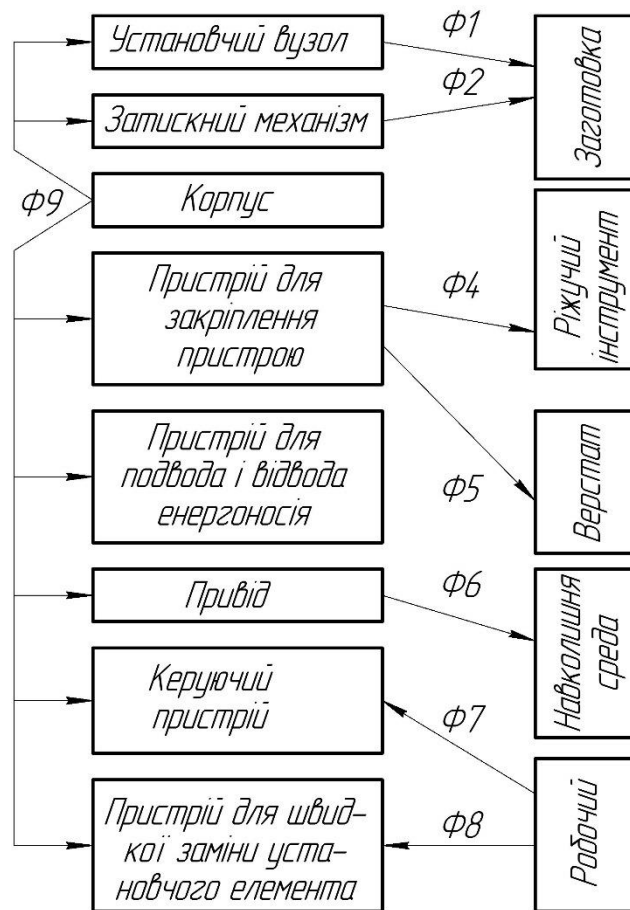


Рисунок 2.7 – Функціональна структура проектованого спеціального пристрою

Проаналізуємо структуру поля збурюючих сил при оброблянні заготовки. Для цього побудуємо графічну модель поля збурюючих сил (рис. 2.8).

По рисунку 2.8 видно, що складові сил різання є незрівноваженими, й вони потребують прикладання потрібних сил закріплення. Тоді величину сумарної сили розраховуємо за умов непровертання заготовки від дії складової сили різання P_z , яка створює момент повертання, зображений на рисунку 2.9.

Величина крутного моменту дорівнюватиме:

$$M_{\text{кру}} = D_3 \cdot P_z = 0,0080 \cdot 884 = 7,01 \text{ (Нм)} \quad (2.13)$$

Силу затиску заготовки знаходимо згідно з формулою:

$$\frac{KM_{\text{кру}}n}{\frac{1}{3}f \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)} \quad (2.14)$$

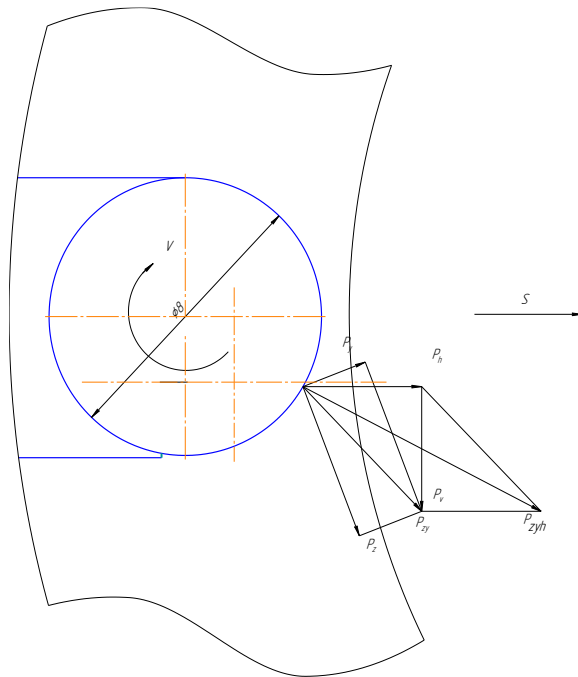


Рисунок 2.9 – Графічна структурна модель поля збурюючих сил

де $M_{\text{кру}}$ – це крутний момент;

n – кількість працюючих одночасно кінцевих фрез ($n=1$);

$D=170$ – найбільший з діаметрів, який визначає площу контактного тертя;

$d=171$ – найменший з діаметрів, який визначає площу контактного тертя;

$K = 2,6$ – коефіцієнт запаса, який залежить від умов оброблення (див. розрахунок).

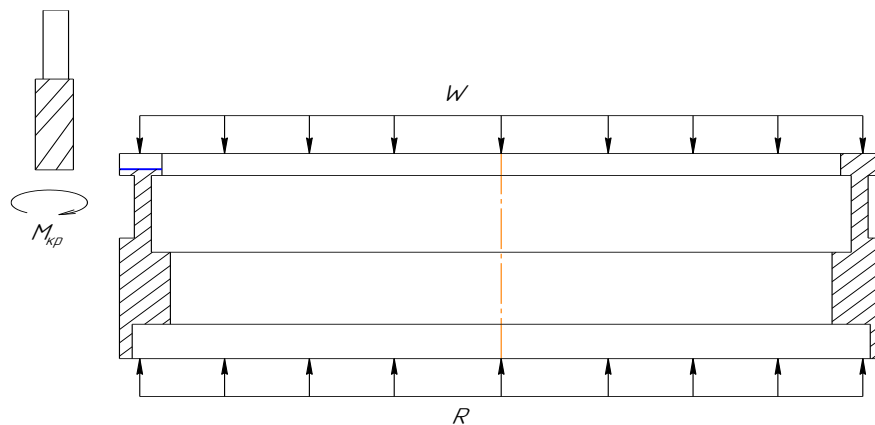


Рисунок 2.10– Графічна структурна модель поля зрівноважувальних сил

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (2.15)$$

де $K_0 = 1,50$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,20$ – коефіцієнт, який залежить від параметрів поверхні оброблення;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує сили різання при оброблянні поверхонь «на удар»;

$K_2 = 1,10$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при зношуванні різального інструменту;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність значень сил закріплення;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує сили, що повертатимуть заготованку;

$K_5 = 1,10$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку проектного пристрою.

Як результат: $K = 1,50 \cdot 1,2 \cdot 1,10 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 2,6$.

Якщо $f_{\text{терт}} = 0,2$ – коефіцієнт тертя між встановлювальною поверхнею заготованки та поверхнею пристрою, то необхідна сила для закріплення:

$$W = \frac{7 \cdot 2,60 \cdot 1}{\frac{1}{3} \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,180^3 - 0,174^3}{0,180^2 - 0,174^2} \right)} = 894 \text{ (Н)}.$$

Проведемо обґрунтування вибору пневматичного приводу.

Достатньо мати величину ходу штока менше 20 мм для закріплення деталі, тому беремо тарілчасту резинотканинову пневматичну камеру односторонньої дії. Діаметр діафрагми розраховуємо так:

$$Q = \frac{0,750 \cdot \pi}{16} [(D + d)^2 + d_1^2] p, \quad (2.16)$$

звідки маємо

$$D + d = \sqrt{\frac{16 \cdot Q}{0,750 \cdot \pi \cdot p} - d_1^2} \quad (2.17)$$

де $Q = 894 + 200 = 1094 \text{ Н}$ – це величина сили на виході пневмокамери з урахуваннями сили дії зворотної пружини;

діаметр штока: $d = 16$ мм;

тиск у пневмосистемі: $p = 0,4$ Мпа;

Маємо

$$D + d = \sqrt{\frac{16,0 \cdot 1094}{0,750 \cdot 3,14 \cdot 0,4}} + 1,6^2 = 124 \text{ (мм)},$$

Приймаємо зі стандартного ряду діаметр діафрагми $D=125$ мм; величина діаметра опорного диску $d=80$ мм.

Величина дійсної сили на штоці приводу:

$$Q = \frac{0,750 \cdot 3,14 \cdot 0,40}{16} (125 + 80)^2 = 2403, \text{ приймаємо } 2410 \text{ (Н)}.$$

Далі проведемо розрахунки точності спеціального пристрою.

Використовуємо допуск паралельності стінок пазу, який дорівнює 250 мкм.

Для досягнення цієї вимоги, потрібно забезпечити точність встановлювальної поверхні заготовки. Похибка проєктованого пристрою знаходиться так:

$$E_{\text{сум}} \leq T_n - K_T \sqrt{(K_{T3} \cdot E_{\sigma})^2 + E_{\text{зн}}^2 + E_3^2 + E_{II}^2 + E_Y^2 + (K_{T4} \cdot \omega)^2 + E_{\text{по}}^2}, \quad (2.18)$$

де $T_n = 252$ мкм – допуск паралельності стінок пазу;

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує можливість відхилень від закону нормального розподілення окремих похибок;

$K_{T3} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує можливість зменшення максимальних значень похибок базувань;

$E_{\sigma} = 0$ – величина похибки базування, знайдена раніше;

$E_3 = 33$ мкм – похибка закріплення;

$E_Y = 21$ мкм – похибка установа спеціального пристрою на фрезувальному верстаті:

$$E_Y = \frac{L_{n3} S}{l_{ун}}, \quad (2.19)$$

$L_{n3} = 180$ мм – це діаметр розташування паза на довжині оброблювання;

$l_{ун} = 314$ мм – це величина відстані між шпонками проєктованого пристрою.

$$E_y = \frac{180 \cdot 0,032}{314} = 0,020 \text{ (мм)}.$$

$S=0,032$ мм – це значення найбільшого зазора між пазом стола верстата і шпонкою пристроя та, $18H7(+0,0180)/g6(-0,060; -0,014)$,

$$S_{\max} = 0,0180 + 0,0140 = 0,032;$$

$E_{\Pi}=0$ – це є похибка перекошення осі фрези, оскільки відсутніми є напрямні елементи;

$E_{\text{зн}}=5,5$ мкм – це є похибка, яка може виникати через знос встановлювальних елементів проєктованого пристрою:

$$E_{\text{зн}} = \beta \cdot N = 0,0021 \cdot 1250 = 5 \text{ (мкм)};$$

$K_{T4}=0,6$ – це є коефіцієнт, який враховує ймовірність появ похибок оброблювання при фрезуванні паза заготованки;

$\omega = 220$ мкм – це є середнекономічна точність оброблювання при фрезуванні паза заготованки, що дорівнює допуску відповідного квалітету;

$E_{\text{ПО}}=0$ – це є похибка позиціювання фрези на верстаті.

Розрахункове значення похибки проєктованого пристрою:

$$E_{\text{пр}} = 252 - 1,20 \sqrt{(0 \cdot 0,8)^2 + 21^2 + 32 + 0^2 + 5,5^2 + 0^2 + (0,60 \cdot 220)^2} = 31 \text{ (мкм)}.$$

З урахуванням стандартного ряду приймаємо допуск паралельності встановлювальної поверхні корпусу пристрою та встановлювальної поверхні заготованки: $T_{\text{пар}}=30$ мкм.

Здійснено опис побудови проєктованого пристрою та його принципу дії.

Спроектований верстатний спеціальний пристрій встановлюють його базовою поверхнею на площині стола фрезерного верстата. Пристрій виставляють у поздовжньому напрямку подач за допомогою двох шпонок поз. 10, які встановлюють в корпусі 2 спеціального пристрою і заріплюють за допомогою двох гвинтів 7. Крім того, до корпусу спроектованого пристрою кріплять

пневматичну камеру поз. 1, а з іншого боку корпусу прикріплюють оправку 3 із затискними гвинтами 8.

Оброблювана заготованка кільця проміжного встановлюється на оправку поз. 3 до упора по торцю. У верхню порожнину пневмокамери подається робоче повітря під тиском 0,4 МПа, внаслідок чого шток поз. 6 пневмокамери буде рухатися вниз. Фіксація та затискання заготованки здійснюється прихватом поз. 4 та швидкозмінною шайбою поз. 5. Пружина пневмокамери при випусканні повітря з системи віджиматиме шток: швидкознімна шайба з прихватом звільняються й зможуть тепер зніматися, тобто таким чином відбувається розкріплення заготованки.

Необхідно слідкувати за чистотою базових поверхонь спроектованого пристрою: вони повинні бути очищеними від стружки, бруду та інших зайвих елементів за допомогою стисненого повітря або вітоші. Коли пристрій не використовується в роботі, його бажано зберігати в чистому сухому місці на дерев'яному настилі законсервованим та змащеним машинним мастилом.

2.10 ВИСНОВОК

В результаті проведеного аналізу технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце проміжне 314.07.032» ми прийшли до висновку, що для підвищення ефективності технологічного процесу заданої деталі потрібно застосування високопродуктивної технологічної оснастки та інструментів. Наприклад, потрібно проаналізувати особливості застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів (АПП) для кінцевої фрези $D=8$ мм, що використовується на операції 030 фрезерній з ЧПК. Якщо це буде можливим, то використати для зменшення зношення різальних кромek нанесення АПП на кінцеву фрезу з інварного сплаву або із швидкокорізальної сталі. Це дозволить підвищити стійкість інструменту та ефективність всього технологічного процесу.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ КІНЦЕВОЇ ФРЕЗИ D=8 ММ З АЛМАЗОПОДІБНИМ ПОКРИТТЯМ

На операції 030 фрезерній з ЧПК проводять фрезерування паза шириною 8 мм та глибиною 5мм. Фрезерування здійснюється кінцевою фрезою $D = 8$ мм. У існуючому технологічному процесі застосовується звичайна стандартна кінцева фреза із швидкорізальної сталі Р6М5. Пропонуємо вдосконалити технологічний процес шляхом застосування більш прогресивних конструкцій кінцевих фрез.

Спочатку розглянемо деякі варіанти можливих прогресивних конструкцій кінцевих фрез та виберемо оптимальні.

Для контурної обробки або фрезерування пазів і уступів під прямим кутом можуть бути використані, наприклад, кінцеві фрези зі змінною твердосплавною пластиною (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Конструкції кінцевих фрез зі змінними пластинами

Перевагами даних фрез є:

- застосування змінної пластини дозволяє підвищити швидкість заміни зношених та пошкоджених пластин;
- виготовлення ріжучої пластини з твердого сплаву дозволяє підвищити швидкість різання та підвищити стійкість інструменту;

- менша вартість пластини порівняно з монолітним твердосплавним інструментом.

Однак у даних фрез є й певні недоліки:

- знижена подача при фрезеруванні через наявність лише однієї ріжучої кромки (у монолітних фрез із швидкорізальної сталі – їх 3 або 5);

- вища вартість збірного інструменту в порівнянні з фрезою зі швидкорізальної сталі;

- зниження надійності збірного інструменту, що має кілька складових елементів (корпус, ріжуча пластина, гвинт), в порівнянні з монолітною конструкцією інструменту (відсутність складання фрези) [43].

Надійність – це одна з важливих властивостей, що є показником якості досліджуваного об'єкта. Однак у світі не існує єдиного тлумачення цього терміну. Прийняте в стандарті визначення дещо відрізняється від визначень, що прийняті в розповсюджених міжнародних документах. Так в Міжнародному стандарті ІЕС 50 (191) «надійність» (dependability) розглядається в якості збірного терміну, що використовують для не кількісного відображення властивостей ремонтпридатності, безвідмовності й забезпечення технічного обслуговування і ремонту [44]. А властивість «довговічність» (durability) розглядають окремо і не включають в саме поняття «надійності». В понятті «надійність» не розглядають і не термінують у згаданому стандарті ІЕС 50 (191) властивість «збережуваність».

Також в стандарті було введено поняття «заданих функцій об'єкта», порушення будь-якої з них може призводити до несправності. Всі задані функції об'єкта поділено на основні та допоміжні. Порушення допоміжної функції призводить до несправного, але працездатного стану. Порушення основної або потрібної функції призводить до несправного непрацездатного стану [44].

Проаналізувавши всі недоліки збірних кінцевих фрез, приходимо до висновку, що перевагу необхідно віддавати кінцевим монолітним фрезам зі швидкорізальної сталі. Розглянемо зносостійкість звичайних кінцевих фрез та фрез із алмазоподібним покриттям.

При фрезеруванні інструмент зношується по передній та задній поверхнях. На передній поверхні зуба фрези стружка вибирає лунку, а на задній утворюється притертий до поверхні різання майданчик без заднього кута.

Зношування переважає на задніх поверхнях зубів фрези. У деяких випадках при обробці пластичних металів фрезеруванням, коли тривалість контакту зубів із заготовкою відносно велика, зношування з'являється і на передніх поверхнях.

Інтенсивність зношування інструменту протягом його роботи неоднакова. Її можна зобразити у вигляді графіка, на якому по горизонталі відкладається час роботи фрези, а по вертикалі – її знос. Протягом першого періоду відбувається приробіток поверхонь, що труться, коли згладжуються шорсткості, що залишилися після заточування інструменту. Тривалість цього періоду можна скоротити доведенням фрези. Другий період характеризується нормальною (повільною) швидкістю зношування і становить близько 90...95 % часу роботи фрези. Третій період - період посиленого зносу, після досягнення якого фрези необхідно знімати зі верстата для заміни або для переточування.

В іншому випадку для їх відновлення заточуванням знадобиться зрізати з зубів значні шари металу, що набагато скоротить сумарну тривалу роботу фрез і значно збільшить їх витрату.

Ознаки гранично допустимого зносу (критерію затуплення), що вказують на необхідність переточування інструменту, залежать від характеру роботи, що виконується. При чорновому фрезеруванні, коли точність і чистота обробки не є кінцевою метою, допустиме зношування практично визначають за такими зовнішніми ознаками: появі на поверхні різання блискучої смужки (при обробці сталі) або темних плям (при обробці чавуну); різкого збільшення зусилля подачі та шорсткості обробленої поверхні; зміни форми та кольору стружки. При чистовому фрезеруванні знос фрези визначають зниження точності і чистоти обробки в порівнянні з тим, що допускається.

Таблиця 3.1 – Зношення, що допускається, по задній грані зуба кінцевої фрези

Тип фрези	Матеріал, що обробляється	Марка матеріалу ріжучої частини інструмента	Характер обробки	Знос, що допускається, мм
З коронками	Сталь	P6M5	Чорнова	0,2 – 0,3
			Чистова	0,3 – 0,5
З гвинтовим зубом			Чорнова	0,3 – 0,5
			Чистова	

Таблиця 3.2 – Середні значення періоду стійкості кінцевих фрез

Діаметр фрези	Фрези, оснащені твердим сплавом		Фрези зі сталі P6M5		
	Сталь	Чавун	Сталь та ковкий чавун	Чавун сірий	Мідні сплави
8	70	-	60	60	60
10	70	-	60	60	60
20	90	-	60	60	60
25	90	-	60	60	60
40	120	-	90	90	90
50	150	-	120	120	120

Розглянемо зносостійкі покриття, що використовуються для кінцевих фрез, та технології їх нанесення.

Фрези – це тип інструменту, на якому найбільше ефективно використовуються зносостійкі покриття. У зв'язку з тим, що при роботі фрези зазнають ударних навантажень, на них застосовуються багатошарові покриття зі змінною твердістю для того, щоб уникнути відколи.

Існує безліч випадків, коли фрезами проводяться операції з обробки складних поверхонь на дорогому обладнанні, тому суттєве збільшення режимів обробки (частота обертання, подача, товщина матеріалу, що знімається) і підвищення стійкості фрези, завдяки застосуванню інструменту з покриттям, істотно знижує собівартість виробу і дозволяє ефективніше використовувати обладнання. Крім цього, застосування покриттів дозволяє поліпшити якість поверхні, що обробляється, за рахунок зниження налипання стружки.

Таблиця 3.3 – Основні зносостійкі покриття, що наносять на фрези

Покриття	Матеріал, що обробляється
TiCN – карбонітрид титану	інструментальна сталь, чавун, леговані сталі
ZrCN – карбонітрид цирконію	леговані сталі
TiAlN – нітрид титаналюмінію	високошвидкісна обробка сталей та сплавів, обробка виробів без використання MOP

В даний час у світі приблизно 75% ріжучого інструменту виготовляється із твердого сплаву. Технології нанесення зносостійких покриттів представлено

двома методами: метод хімічного осадження (Chemical Vapour Deposition - CVD) і метод фізичного осадження покриттів (Physical Vapour Deposition - PVD).

У світі широке промислове використання отримали PVD способи нанесення захисних покриттів на ріжучий інструмент. Це пов'язано з тим, що технології CVD припускають використання дорогих високочистих хімічних реагентів ($TiCl_4$, NH_3 та інших) і точний контроль продуктів хімічних реакцій у робочій камері. А нанесення PVD-покриттів за допомогою дугового або тліючого розряду (магнетрону) має більшу продуктивність і є не настільки чутливим до незначних відхилень технологічних параметрів. Різноманітність способів фізичного осадження зносостійких покриттів, що застосовуються в даний час, зводиться до випаровування або іонного розпилення титану або його сплавів.

Структуру і адгезію покриття інструменту, а також його ріжучі властивості визначає багато параметрів: ступінь іонізації, швидкість і щільність потоку частинок, що напиляються, оптимізація температури нанесення покриттів, різні режими нанесення, конфігурація технологічного оснащення, проведення попереднього іонного травлення або легування і багато інших особливостей визначають структуру самих покриттів та будова міжфазного кордону «покриття - підкладка».

На початку 80-х років минулого століття почали застосовуватися (і одразу продемонстрували економічну ефективність) покриття TiN . Наступним кроком було створення двошарових покриттів, що складаються з послідовно нанесених шарів карбіду титану TiC або карбонітриду титану $TiCN$ і тонкого шару поверхневого оксиду алюмінію Al_2O_3 .

Альтернативним варіантом були багатошарові покриття типу $TiCTiCNTiN$. Поняття «багатошарові» у багатьох випадках досить умовне, оскільки методи напилення дозволяють досягти відсутності чітко виражених міжфазних меж між шарами, а також між покриттям та підкладкою. Багатошарові зносостійкі тверді покриття мають підвищену тріщиностійкість,

поліпшену адгезію, високу ударну міцність, менший рівень внутрішньої напруги і напруги на межі «покриття - підкладка» внаслідок вирівнювання коефіцієнтів термічного розширення. Наприклад, покриття TiCN має багат шарову двофазну структуру TiN-TiCN, що збільшує характеристики міцності і в'язкісні характеристики порівняно з покриттям TiN.

В останнє десятиліття розроблені та широко застосовуються різні комбінації покриттів із застосуванням тонких зовнішніх твердозмащувальних покриттів (наприклад, TiAlN/MoS₂), які забезпечують ефективне відведення стружки.

Далі розглянемо алмазоподібні покриття (АПП) та проведемо порівняльний аналіз існуючих зносостійких покриттів з АПП.

У природі вуглець може бути у кількох формах. Для технічного застосування найпоширенішими формами є графіт та алмаз. В основі відмінності цих двох форм є різні хімічні зв'язки між атомами вуглецю. У графіті атоми мають сильний зв'язок у площині та слабкий зв'язок між цими площинами. В результаті виходить м'який, електропровідний, непрозорий, сірий матеріал, що має низький коефіцієнт тертя. У алмазі всі атоми вуглецю мають сильні зв'язки в усіх напрямках. Тому алмаз – матеріал із найвищою твердістю, електроізоляційний, прозорий.

Алмазоподібні покриття складаються з атомів вуглецю як з алмазоподібними, так і з графітоподібними зв'язками, що істотно підвищує ресурс використання виробів з подібним напиленням. Такі аморфні вуглецеві покриття мають твердість алмазу і коефіцієнт тертя графіту.

Властивості та переваги:

- • висока твердість, порівнянна із чистим алмазом (5000–10000 Hv);
- • низький коефіцієнт тертя, характерний для графіту (0,15–0,08);
- • висока зносостійкість;

- хімічна інертність;
- біосумісність із живими тканинами;
- екологічна чистота.

Властивості та переваги АПП покриттів зарекомендували себе у багатьох галузях промисловості, зокрема метало- та деревообробній для різальних інструментів, на прес-формах та штампах. Термін служби виробів при цьому збільшується від 5 до 20 разів.

При цьому з усього масиву нині застосовуваних зміцнювальних покриттів алмазоподібні покриття мають найбільшу мікротвердість і найменший коефіцієнт тертя. Мікротвердість покриттів, що широко використовуються, становить величини від 10 до 45 ГПа, визначені за методом Віккерса. У той же час для алмазоподібних покриттів, отриманих методом імпульсного плазмового розпилення графіту у вакуумі і названих DLC (αC), мікротвердість лежить в межах значень від 50 до 100 ГПа і впритул наближається до чистого алмазу. За цим критерієм покриттю DLC (αC) немає аналогів.

Для напилення покриттів використовується універсальна вакуумна система типу «Q-150T ES», що дозволяє одержувати плівки металів методами термічного випаровування та катодного розпилення матеріалів, а також вуглецевих плівок методом вакуумно-дугового випаровування графіту.



Рисунок 3.2 – Установка для вакуумного напилення Q-150T ES

Розглянемо експериментальні дослідження зношення фрез $\varnothing 8$ мм.

В даному випадку досліджувалися кінцеві фрези без покриття та з АПП, нанесеним на частоті 10 і 30 Гц. Верстат мод. 6P13Ф3, режими різання такі:

кількість обертів фрези за хвилину $n=1000$ об/хв.,

швидкість різання $V = 80; 120; 160$ м/хв.,

подача $S_z = 0,08$ мм/зуб, $S = 160$ (мм/хв.),

ширина фрезерування $B = 2; 4; 5$ мм.

Залежності після математичної обробки експериментальних даних:

$$h = \exp(-8,17) \cdot S^{1.19} \cdot B^{0.24} \cdot \tau^{0.43} \quad (3.1)$$

(для фрез без покриття, $z = 0,932$);

$$h = \exp(-6,14) \cdot S^{0.51} \cdot B^{0.28} \cdot \tau^{0.44} \quad (3.2)$$

(для фрез з АПП, що нанесено з частотою 10 Гц, $z = 0,938$);

$$h = \exp(-7) \cdot S^{0.73} \cdot B^{0.29} \cdot \tau^{0.43} \quad (3.3)$$

(для фрез з АПП, що нанесено з частотою 30 Гц, $z = 0,894$).

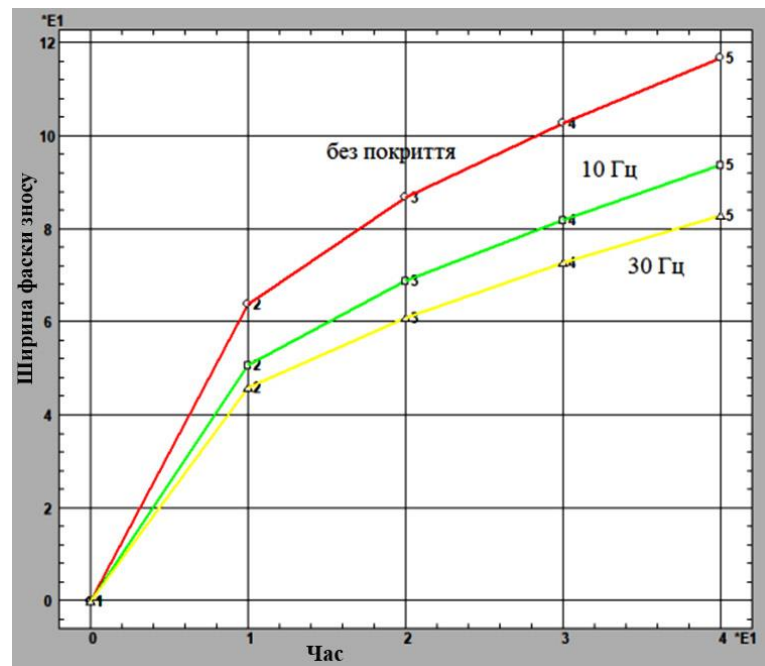


Рисунок 3.3 – Залежність $h=f(t)$. Фреза $D=8$ мм. Матеріал різальної частини Р6М5. $S=80$ мм/хв. $B=2$ мм. Оброблюваний матеріал – Сталь 20Х13

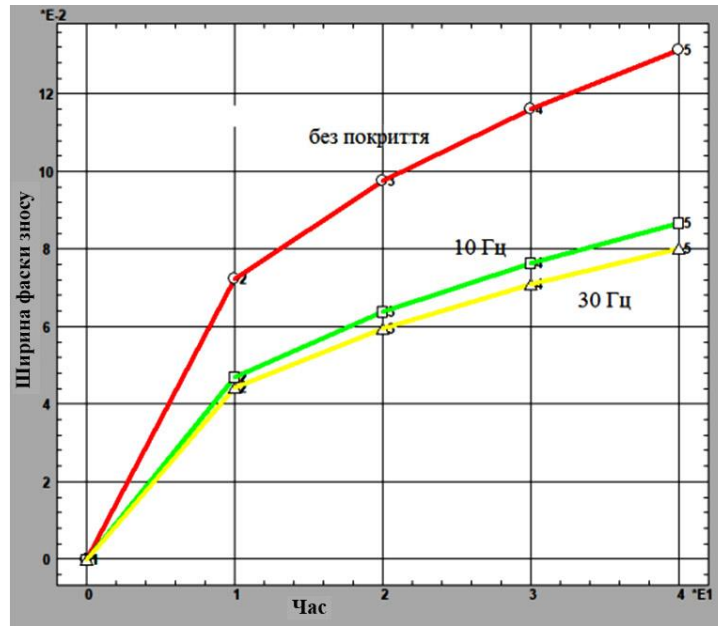


Рисунок 3.4 – Залежність $h=f(t)$. Фреза $D=8$ мм. Матеріал різальної частини Р6М5. $S=120$ мм/хв. $V=2$ мм. Оброблюваний матеріал – Сталь 20X13

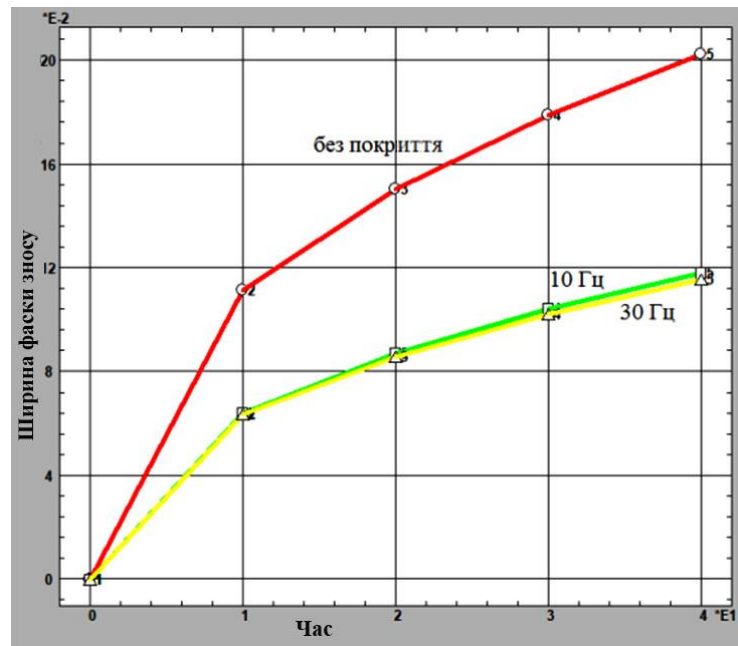


Рисунок 3.5 – Залежність $h=f(t)$. Фреза $D=8$ мм. Матеріал різальної частини Р6М5. $S=160$ мм/хв. $V=2$ мм. Оброблюваний матеріал – Сталь 20X13

Графіки цих залежностей при різних поєднаннях S і V показані на рис. 3.3 – 3.5. Як видно з цих графіків, зі збільшенням подачі криві, що відповідають

фрезам з АПП, нанесеним з частотами 10 і 30 Гц, зближуються. Зношування фрез без покриття, як правило, вище, ніж у фрез з покриттям в 1,37-1,66 рази.

Проведемо дослідження впливу частоти нанесення покриття на стійкість фрез. Оскільки з усього викладеного раніше видно, що фрези з АПП, нанесеним на різних частотах, мають різний знос, то на наступному етапі досліджень були отримані формули для оцінки зносу фрез в залежності від зазначеної частоти. Формули знаходилися лише для фрез Ø8.

Вирішуючи вирази (3.1), (3.2) та (3.3) щодо τ отримаємо формули для визначення періодів стійкості

Для фрез без покриття :

$$T = \exp(-8,17) \cdot S^{1,19} \cdot V^{0,24} \cdot B^{-2,326} \quad (3.4)$$

Для фрез з АПП, частота 10 Гц:

$$T = \exp(-6,14) \cdot S^{0,51} \cdot V^{0,28} \cdot B^{-2,273} \quad (3.5)$$

Для фрез з АПП, частота 30 Гц:

$$T = \exp(-7) \cdot S^{0,73} \cdot V^{0,29} \cdot B^{-2,326} \quad (3.6)$$

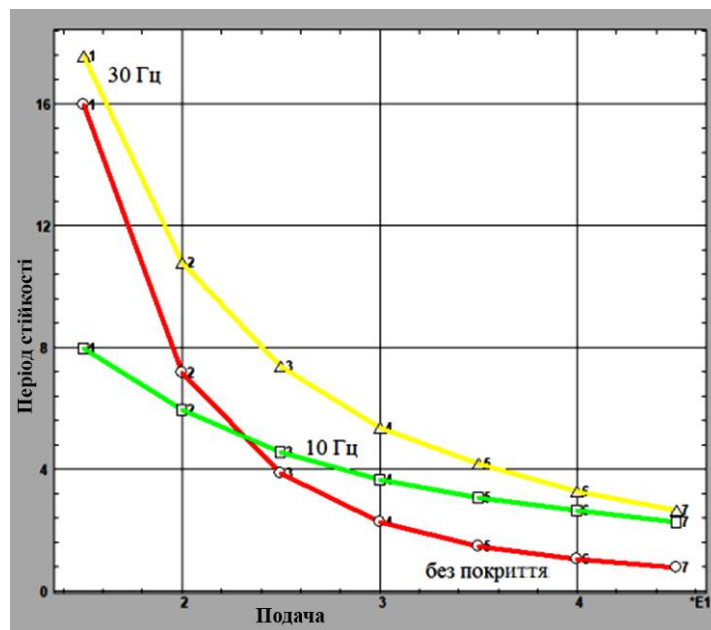


Рисунок 3.6 – Залежність $T=f(t)$.

Фреза $D=8\text{мм}$; $V_p = 25,2 \text{ м/хв.}$; $S = 80 \text{ мм/хв.}$; $B=2 \text{ мм}$; $h_{пр}=0,2 \text{ мм}$

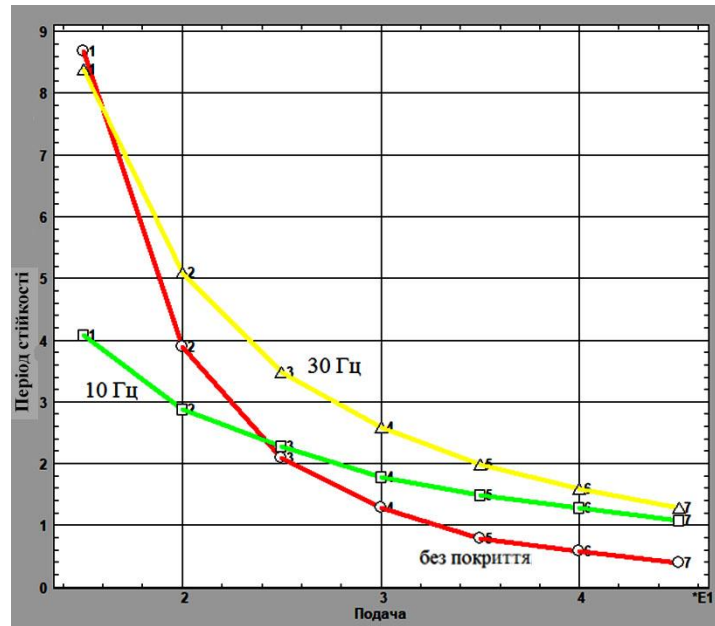


Рисунок 3.7 – Залежність $T=f(t)$.

Фреза $D=8\text{мм}$; $V_p = 25,2\text{ м/хв.}$; $S = 160\text{ мм/хв.}$; $B=5\text{ мм}$; $h_{пр}=0,2\text{ мм}$

З графіків, отриманих із цих виразів (рис. 3.6, 3.7), видно, що зі збільшенням подачі стійкість фрез падає. Період стійкості фрези з АПП, нанесеному з частотою 10 Гц, виявляється у 1,5 – 3 рази вище, ніж у фрез без покриття. Що стосується стійкості фрез з АПП, нанесеним із частотою 30 Гц, то вона вище, ніж у фрез без покриття при будь-яких подачах, причому зі збільшенням подачі виявляється зменшення стійкості до 4 разів.

Здійснимо моделювання параметрів кінцевої фрези в SolidWorks Simulation. Порівняємо параметри фрез, виготовлених із швидкорізальної сталі та з високоміцного інварного сплаву.

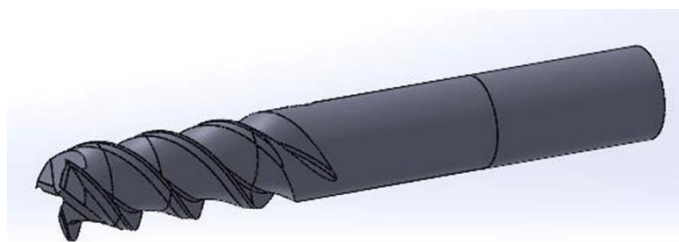


Рисунок 3.8 – 3D-модель кінцевої фрези в SolidWorks

В SolidWorks Simulation відкриваємо модель кінцевої фрези, застосовуємо матеріал – високоміцний інварний сплав, після чого застосовуємо кріплення (імітуємо закріплення фрези в патроні), а також прикладаємо до ріжучої кромки довжиною 5 мм температуру завбільшки 500°C. Далі програма створює сітку та проводить розрахунок. Результати представлені рисунку 3.9.

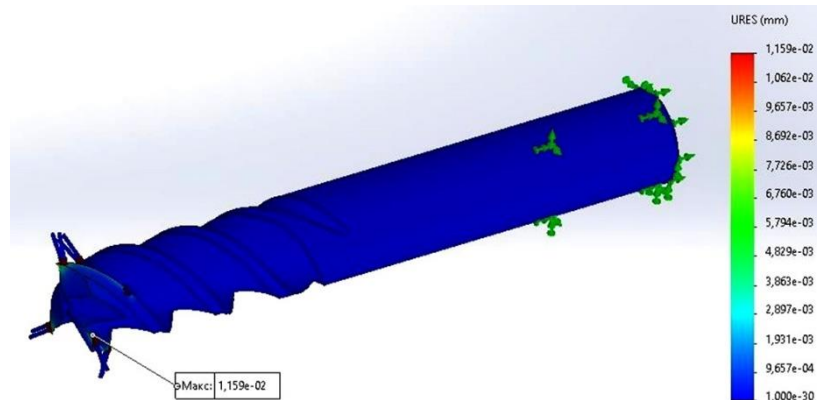


Рисунок 3.9 – Дослідження переміщення ріжучої кромки кінцевої фрези Ø8 мм із швидкорізальної сталі P6M5

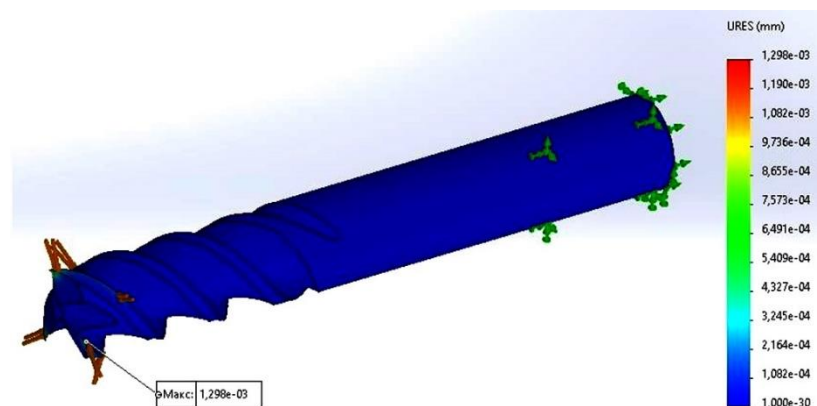


Рисунок 3.10 – Дослідження переміщення ріжучої кромки кінцевої фрези Ø8 мм із високоміцного інварного сплаву

Також розглянемо варіант зварної конструкції фрези, де різальна частина виконана з високоміцного інварного сплаву, а хвостовик – із сталі 45.

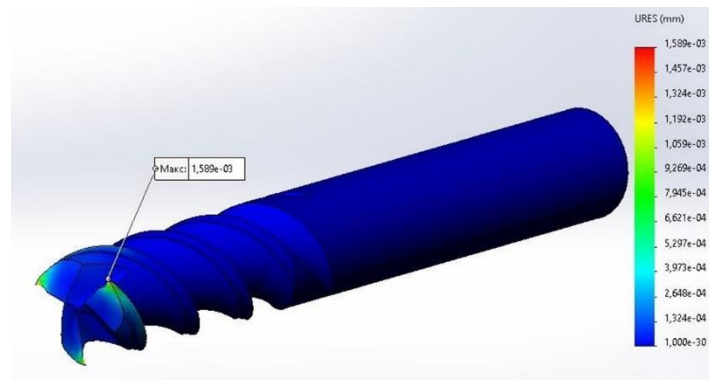


Рисунок 3.11 – Дослідження переміщення ріжучої кромки зварної кінцевої фрези Ø8 мм

Межа міцності алмазоподібного покриття $\sigma_b = 79$ ГПа. З отриманих даних ми бачимо, що при застосуванні інварного сплаву, напруга не перевищує межу міцності АПП, а це означає, що покриття не буде руйнуватися, тим самим застосування в якості матеріалу фрез інварного сплаву є доцільним.

Розглянемо також, як температура розподіляється по тілу фрези у всіх поданих вище випадках. Для цього необхідно запустити термічне дослідження у SolidWorks Simulation. Результати представлені на рисунках 3.12 – 3.13.

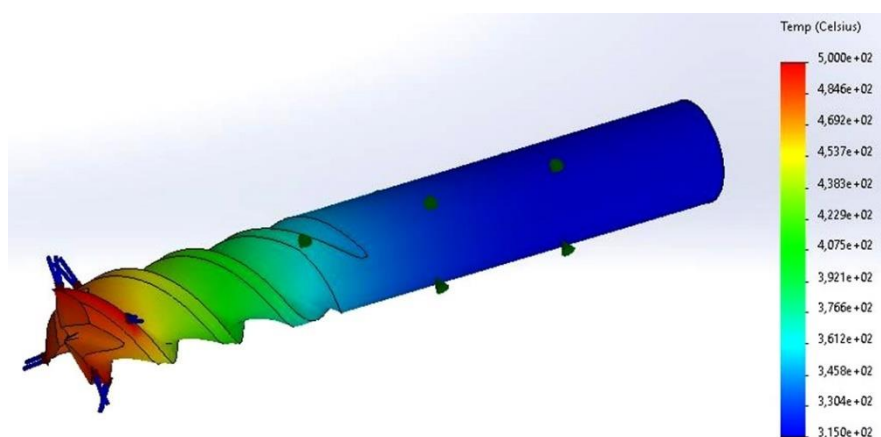


Рисунок 3.12 – Термічне дослідження кінцевої фрези Ø8 мм із швидкорізальної сталі P6M5

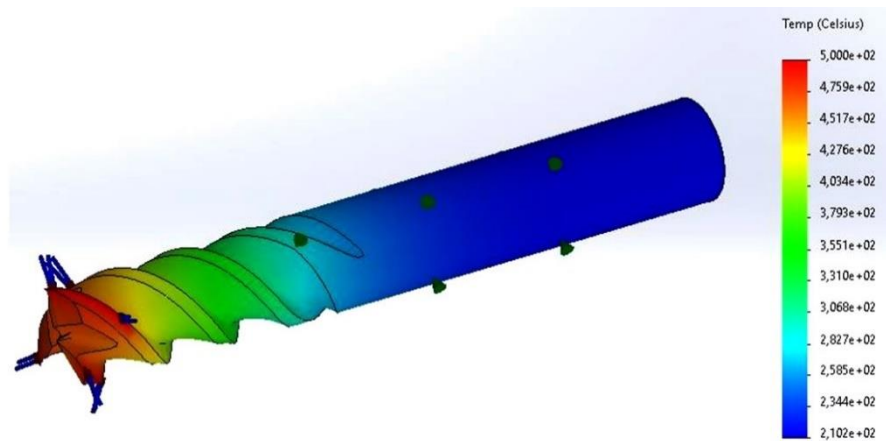


Рисунок 3.13 – Термічне дослідження кінцевої фрези Ø8 мм із високоміцного інварного сплаву

Висновки за розділом 3

З проведених досліджень випливає:

У ході виконання роботи були розглянуті питання щодо застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів (АПП) для кінцевих фрез. Проведено дослідження типорозміру кінцевої фрези $D=8$ мм, а також проаналізовано отримані результати.

Застосування АПП покриттів виправдане у випадках, коли температура в зоні різання не перевищує максимально допустиму температуру експлуатації 500°C і внаслідок чого не відбувається тендітного руйнування графіту. Для цього було розглянуто варіант застосування в якості матеріалу інструменту – інварного сплаву, стійкість якого близька до стійкості покриття. В результаті досліджень і розрахунків було виявлено, що при нанесенні АПП на інварний сплав, напруги в покритті є в 6 разів меншими, ніж при нанесенні АПП на швидкорізальну сталь, що говорить про те, що покриття не ламатиметься.

Застосування в якості матеріалу інструменту інварних сплавів, через свою високу вартість, є виправданим лише у випадках, коли інструмент малих розмірів, або коли застосуємо варіант зварної конструкції з традиційними інструментальними сталями. При проведенні дослідження зварної конструкції

фрези були отримані результати майже такі самі, як і при дослідженні монолітного інструменту.

Переваги застосування різального інструменту з покриттями АПП:

- • перехід до вищих режимів різання;
- • збільшення терміну служби інструмента;
- • покращення якості оброблюваної поверхні;
- • ефективне використання устаткування;
- • зниження собівартості виробу;
- • фрези з покриттям значно менше зношуються, ніж фрези без АПП;
- • період стійкості фрез з АПП, залежно від режимів різання, може бути в 1,5-6 разів вищим, ніж у фрез без АПП;
- • рекомендується наносити АПД із частотою 30 Гц.

ВИСНОВКИ

При виконанні випускної роботи магістра виконано такий обсяг робіт.

Проаналізовані службове призначення агрегата, вузла й деталі, описано основну характеристику та призначення машини «Газоперекачувальний агрегат типу ГЦ2». Для «Кільця проміжного 314.07.032» зроблена класифікація його поверхонь та також виконуваних ними функцій. Було проаналізовано робоче креслення деталі, пред'явлені технічні вимоги до деталі «Кільце проміжне 314.07.032».

Описано властивості сталі 20X13; за допомогою комп'ютерних програм визначені тип виробництва (дрібносерійний тип), партія запуску деталей та зроблено розрахунки припусків. Проаналізовано технічні вимоги, які запропонував конструктор при виготовленні деталі, відповідність діючим стандартам.

Також у якості заготованки було прийнято поковку, тому що це є найбільш раціональним методом отримання заготованки, який враховує і форму заданої деталі, і її масу, і тип виробництва-дрібносерійний. Спроекували верстатний пристрій для фрезерної операції 030, що підвищує продуктивність й точність оброблення заданої деталі.

В наукових дослідженнях визначено, що застосування зміцнювальних алмазоподібних покриттів (АПП) є виправданим у випадках, коли температура в зоні різання не перевищує максимально допустиму температуру експлуатації (500°C) і внаслідок чого не відбувається руйнування графіту. Виявлено, що при нанесенні АПП на інварний сплав, напруги в покритті є в 6 разів меншими, ніж при нанесенні АПП на швидкорізальну сталь, що говорить про те, що покриття не руйнується.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 8.05050202 «Технологія машинобудування» / укл. : Д.В.Криворучко, В.Г.Євтухов. – Суми: СумДУ, 2012. – 64 с.
2. Григурко І.О. Технологія обробки типових деталей та складання машин (практикум) : навчальний посібник. / І.О. Григурко, М.Ф. Брендуля, С.М. Доценко. – Львів : «Новий Світ - 2000» – 2020, 472 с.
3. Технологія обробки типових деталей та складання машин : метод. вказ. До викон. лаб. робіт / І. І. Павленко, А. М. Артюхов, М. М. Підгаєцький, М. О. Сторожук.– Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 74 с.
4. Доля В.М. Технологія обробки деталей машин: конспект лекцій для студентів спеціальності «Технології машинобудування» усіх форм навчання. / В.М. Доля, О.В. Доля – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 112 с.
5. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.
6. Захаркін, О. У. 7221 Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Технологічні основи машинобудування" [Текст] : для бакалавратури 6.0902 "Інженерна механіка" спец. 6.090202, 6.090203, 6.090204, 6.090209, 6.090220, 6.090515, 6.090520 усіх форм навчання / О. У. Захаркін, О. І. Ремньов. – Суми : СумДУ, 1999. – 30 с.
7. Захаркін, О. У. 2565 Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Технологічні основи машинобудування" (модульний цикл V) [Текст] : для студ. освітньо-кваліфікаційного рівня "Бакалавр" за напрямом підготовки 6.0902 "Інженерна механіка" усіх форм навчання / О. У. Захаркін. – Суми : СумДУ, 2009. – 31 с.
8. Іванов, В. О. 3176 Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з дисципліни "Технології машинобудівних виробництв" [Текст] : для студ. освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" за напрямом підготовки

6.050604 "Енергомашинобудування" денної форми навчання / В. О. Іванов. – Суми : СумДУ, 2011. – 41 с. – 4-23.

9. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

10. Міненко Д. О. 3389 Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Технології машинобудівних виробництв" [Текст] : для студ. освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" за напрямом підготовки 6.050604 "Енергомашинобудування" усіх форм навчання / Д. О. Міненко. – Суми : СумДУ, 2013. – 43 с. – 4-92.

11. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації) [Текст] : навч. посіб. / О. У. Захаркін. – Суми : СумДУ, 2009. – 137 с.

12 Петров О.В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 123 с.

13 Кушніров П.В., Євтухов А.В., Дегтярьов І.М. Технологічна оснастка [Електронний ресурс]: навч. посіб. Суми : СумДУ, 2020. – 140 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/81842>

14 Внуков Ю. М., Залога В. О. Зношування та стійкість ріжучих лезових інструментів: навч. посібн. – Суми: СумДУ, 2011.

15. Добротвор, І.Г. Системний аналіз: навчальний посібник / І.Г. Добротвор, А.О. Саченко, Л.М. Буяк. – Тернопіль: ТНЕУ, 2019. - 200 с.
<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30197>

16. Роїк, О.М. Системний аналіз [Електронний ресурс] / О.М. Роїк, А. А. Шиян, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця: ІРВЦ ВНТУ, 2017.– Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmib/32royik_systemnyj_analiz/txt/zmist.html

17. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів „Теоретичні основи технології виготовлення деталей” та „Технологія машинобудування” / упорядник О.У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2005. – 29 с.

18. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу „Теоретичні основи технологій виготовлення деталей” / О.У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2003. – 52 с.

19. Гладка Л.А .Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах для студентів спеціальності 7.090202 усіх форм навчання / Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 23с.

20. Методичні вказівки з курсу "Охорона праці": для студентів спеціальності 7.05050201 усіх форм. навч. / Л.А.Гладка, І.С.Козій. – Суми: СумДУ, 2014.– 31 с.

21. ДБН Д.2.6-3–2000. Збірник 3. Системи вентиляції і кондиціонування повітря.

22. ДБН В2.5-28–2006. Природне і штучне освітлення.

23. ДБН В.2.5-56:2010. Системи протипожежного захисту.

24. ДСТУ ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.

25. ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 12.4.041-2001, IDT).

26. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

27. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація.

28. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту.

29. ДСТУ EN 292-1-2001 Безпечність машин. Основні поняття, загальні принципи проектування. Частина 1. Основна термінологія, метрологія.

30. ДСТУ EN 292-2-2001 Безпечність машин. Основні поняття, загальні принципи проектування. Частина 2. Технічні принципи, технічні умови.
31. ДСТУ EN 292-2-2001 Безпечність машин. Ергономічні принципи проектування. Частина 1. Термінологія, загальні принципи.
32. ДСТУ EN 1032-2001 Вібрація механічна. Випробування рухомих машин і механізмів.
33. ДСТУ EN 165-2001 Засоби індивідуального захисту очей. Термінологічний словник.
34. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
35. ДСТУ ГОСТ 166:2009 Штангенциркули. Технические условия (ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76), IDT)
36. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT)
37. ДСТУ 2293: 2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
38. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В. та ін. Основи охорони праці: Підручник для ВНЗ. – К.: Основа, 2003. – 472 с.
39. Березуцький В.В., Бондаренко Т.С., Вершиніна Н.П. та ін. Основи охорони праці: Підручник / За ред. В.В.Березуцького – Харків, НТУ “ХПІ”, 2003. – 430 с.
40. Протоєрейський О. С., Запорожець О. І. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 268 с.
41. Технічний регламент засобів індивідуального захисту. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 р. № 761.
42. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
43. Мікулін, Д.О. Надійність збірного різального інструменту в контексті загального поняття надійності [Текст] / Д.О. Мікулін, Р.О. Орлов, П.В. Кушніров, Ю.О. Денисенко // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за

матеріалами 29-ої міжнародної науково-практичної конференції (20-22 листопада 2023 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2023.– С. 21.

44. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення [Чинний від 1996-01-01]. –К. : Держстандарт України, 1996. – 50 с. – (Національні стандарти України).

45. Sarvarova, Y. Wear and Durability Research of DLC Coated End Mills / Ed.: Ya. Liberman. – Ural FU. – 2021.– 99 p.

46. Okpala, C.C., Ezeanyim, O.C.: The Design and Need for Jigs and Fixtures in Manufacturing. Science Research 3(4), 213–219 (2015). <https://doi.org/10.11648/j.sr.20150304.19>

47. Kushnirov, P., Evtuhov, A., Dehtiarov, I., Denysenko, Y., Basov, B.: Expansion of technological capabilities of auxiliary supports of machine tools devices. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. «Mechanization and automation of production processes» series 1(51), 36–42 (2023) [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.1>

48. Maniar, N.P., Vakharia, D.P.: Design & development of rotary fixture for CNC with com-puter aided mass balancing method as premortem tool. In: 2nd International Conference on Innovations in Automation and Mechatronics Engineering, pp. 397–404. Procedia Technology, ICIAME (2014). <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.08.051>

