

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Ю.В. Петраков
(ініціали, прізвище)
“ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом **131. Прикладна механіка**
(код та назва напряму підготовки або спеціальності)

на тему: Технологічне забезпечення виробництва корпусу редуктора

Виконав студент 4 курсу, групи **МТ - 81**

Кедрик Максим Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник Доктор технічних наук, професор Пуховський Є.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент Доктор технічних наук, професор Пуховський Є.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2022 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри ТМ

_____ Ю.В. Петраков
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 20__ р.

Завдання на дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом **131. Прикладна механіка**
(код та назва напряму підготовки або спеціальності)

Студенту групи МТ-81 Кедрику Максиму Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту _____

Технологічне забезпечення виробництва корпусу редуктора

Керівник проекту Пуховський Євген Степанович, д.т.н, професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проекту «___» _____ 20__ р.

3. Завдання з загальних питань машинобудування Прогресивні способи
обробки лезовими інструментами: ротаційне різання, ультразвукове
різання, різання з накладенням вібрацій.

«___» _____ 20__ р. _____ завідувач кафедри ТМ Ю.В. Петраков
(дата) (підпис)

4. Завдання за темою дипломного проекту

Кресленик деталі «Корпус редуктора»,
Величина замовлення 5000 деталей на рік

5. Зміст пояснювальної записки

Розроблення креслень заготовки і деталі

Проектування маршрутного і операційного технологічного процесу

Визначення припусків і режимів різання

Проектування креслень пристроїв для закріплення

6. Перелік графічного матеріалу

Загальні питання машинобудування – 1 аркуш

Креслення заготовки і деталі – 1 аркуш

Схеми технологічних переходів – 3 аркуша

Креслення пристроїв – 2 аркуша

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Вирішення загальних питань машинобудування	7.06.2022	
2	Розроблення креслень заготовки і деталі	15.05.2022	
3	Проектування маршрутного і операційного технологічного процесу	15.05.2022	
4	Визначення припусків і режимів різання	22.05.2022	
5	Проектування креслень пристроїв	10.06.2022	

Студент

Кедрик М. І.

Керівник

Пуховський Є.С.

УДК 621.91.02

Автор: Кедрик Максим Іванович

Керівник: Пуховський Євген Степанович

Кедрик М.І.

Технологічне забезпечення виробництва деталі «Корпус редуктора»:
дипломний проект за напрямом 131. Прикладна механіка, спеціалізація
Технологія машинобудування / Кедрик Максим Іванович. – Київ, 2022. – 53 с.

Обробка. Корпус.

Анотація

Пояснювальна записка до дипломного проекту бакалавра містить в собі 52 аркушів формату А4, 22 рисунків, 9 таблиць. При написанні дипломного проекту було використано 16 джерел, серед яких в переважній більшості були підручники та інтернет джерела.

Даний дипломний проект містить в собі також і графічну частину, яка складається з 7 листів А1: загальні питання машинобудування, кресленики деталі та заготовки з їх тривимірними моделями, схеми технологічних переходів для операцій 005 та 010, та складальні креслення пристроїв для операцій 005 та 010.

В дипломному проекті:

- Розглянуто прогресивні способи обробки лезовими інструментами: ротаційне різання, ультразвукове різання, різання з накладенням вібрацій.
- Розроблено креслення деталі і заготовки.
- Обрано схеми базування по ЗТБ і ТБ.
- Розроблено маршрутний та операційних технологічний процес.
- Розраховано припуски поверхонь, що оброблюються.
- Розраховано режими різання.
- Розраховано норми часу для виробництва деталі.
- Спроектовано креслення затискних пристроїв для операцій 005 та 010.
- Знайдено похибки установки в пристрої на операціях 005 та 010.
- Розраховано сили закріплення та затиску.

Зміст

Анотація	5
1. Вирішення загальних питань машинобудування.....	8
1.1. РОТАЦІЙНЕ РІЗАННЯ	8
1.2. РІЗАННЯ З НАКЛАДЕННЯМ ВІБРАЦІЙ	12
1.3. УЛЬТРАЗВУКОВЕ РІЗАННЯ.....	17
1.4. ВИСНОВКИ.....	21
2. Технологічний розділ	22
2.1. Аналіз службового призначення.....	22
2.1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	22
2.1.2. Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі.....	22
2.1.3. Аналіз вибору конструкційного матеріалу.....	22
2.2. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва	23
2.3. Короткий аналіз технологічності конструкції деталі	24
2.4. Визначення виду та способу виготовлення заготовки	24
2.5. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз.....	25
2.5.1. Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій	26
2.6. Проектування маршрутів оброблення елементарних поверхонь заготовки.....	27
2.7. Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі	29
005. Багатоцільова з ЧПК	30
010. Багатоцільова з ЧПК	31
015. Багатоцільова з ЧПК	32
2.8. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів.....	33
2.9. Визначення припусків на механічну обробку	34

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Кедрик М. І.			ДПБ.ММІ.МТ-81.8103.000 ПЗ
Пер.					
Реценз.		Пуховський С.С.			
Н. Контр.					
Утверд.					
					НТУУ «КПІ» ім. І. Сікорського

2.9.1. Аналітичний розрахунок припусків	34
2.9.2. Табличний метод призначення припусків.....	39
2.10. Розрахунок режимів різання	40
2.10.1. Розрахунок режимів різання аналітичним методом	40
2.10.2. Розрахунок режимів різання аналоговими методами.....	43
2.11. Нормування технологічних операцій	44
2.11.1. Розрахунок поштучного часу для операції.....	44
2.11.2.Нормування аналоговими методами.....	47
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ	48
3.1. Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв	48
3.1.1. Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв ...	48
3.2. Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв	49
3.2.1.Розрахунок похибок базування.....	49
3.2.2. Визначення похибок закріплення верстатного пристрою	49
3.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв	49
3.3.1. Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q	49
3.3.2. Розрахунок силових механізмів пристроїв та визначення розмірних параметрів приводів.....	51
Список використаних джерел:	52

1. Вирішення загальних питань машинобудування. Прогресивні способи обробки лезовими інструментами: ротаційне різання, ультразвукове різання, різання з накладенням вібрацій.

1.1. РОТАЦІЙНЕ РІЗАННЯ

Для кращої ефективності обробки високоміцних матеріалів необхідна висока стійкість різального інструменту. Збільшити стійкість різального інструменту можна шляхом заміни ковзання ріжучої частини між обробленою поверхнею і збігаючою стружкою на кочення. Така заміна може бути частково досягнута завдяки ротаційному різанню. Ротаційне різання здійснюється круглими обертовими різцями.

Характеризувати його можна постійним оновленням контактних поверхонь інструмента та оброблюваної деталі, процесом періодично повторюваного різання і значним зменшенням швидкості відносного ковзання в зонах контакту.

За рахунок збільшення довжини активної ділянки леза і його обертанню підвищується стійкість інструменту. Також це відводить тепло з зони різання чим зменшує її температуру.

Ротаційне різання здійснюється спеціальним інструментом, що виглядає як конічна чашка, кільце, циліндричний стовпчик чи трубка. Використовуються у звичайних металообробних верстатах. Різець обертається силами, що виникають в процесі різання або примусово за рахунок джерела енергії.

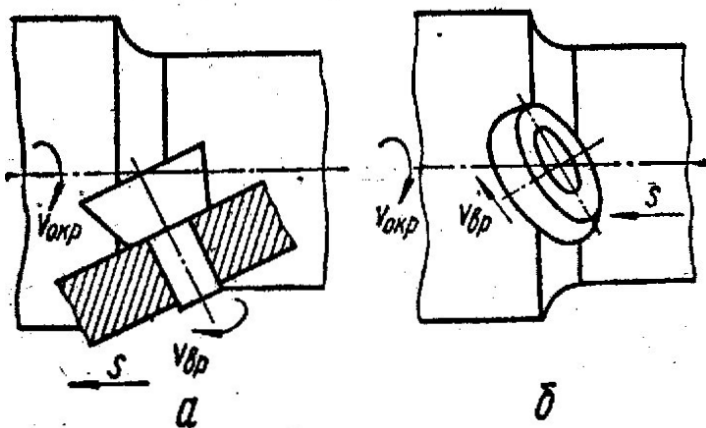


Рис. 1 Способи установки оборотных резцы конической формы

Оборотные резцы конической формы можно установить двумя способами: коли торцевая поверхность – передняя, а внешний конус – задняя (рис. 1а); коли внешний конус передняя поверхность, а торец – задняя (рис. 1б). [1] Крім головного руху різання $V_{окр}$ і подачі S є також обертання різця $V_{вр}$. Найбільший вплив при цьому на процес різання має рух площини, перпендикулярної до вектора швидкості різання і нахилу головної різальної кромки. Матеріал з заготовки знімається шарами майже без проковзування в напрямку подачі, за рахунок обкатування різця відносно деталі. Шари

матеріалу знімаються недеформованими. В контактній зоні різця і деталі, які обкатуються відносно один одного, тертя ковзання замінюється тертям кочення. Так відбувається тому, що вектори збігу стружки і швидкості різання наближаються по дотичній до різальної кромки. Так як швидкість обертання різця близька до швидкості різання, швидкість переміщення деталі і стружки відносно передньої і задньої поверхні близькі до нуля. Тому стружка практично не зношує передню поверхню.

Розроблено ротаційні різальні інструменти різних конструкцій: торцеві фрези, різці для токарної обробки, розточувальні головки, зенкери і комбіновані інструменти для різання разом з пластичним деформуванням обробленої поверхні.

Для обробки високоміцних матеріалів доцільно використовувати спеціальні різцетримачі з високою жорсткістю конструкції.

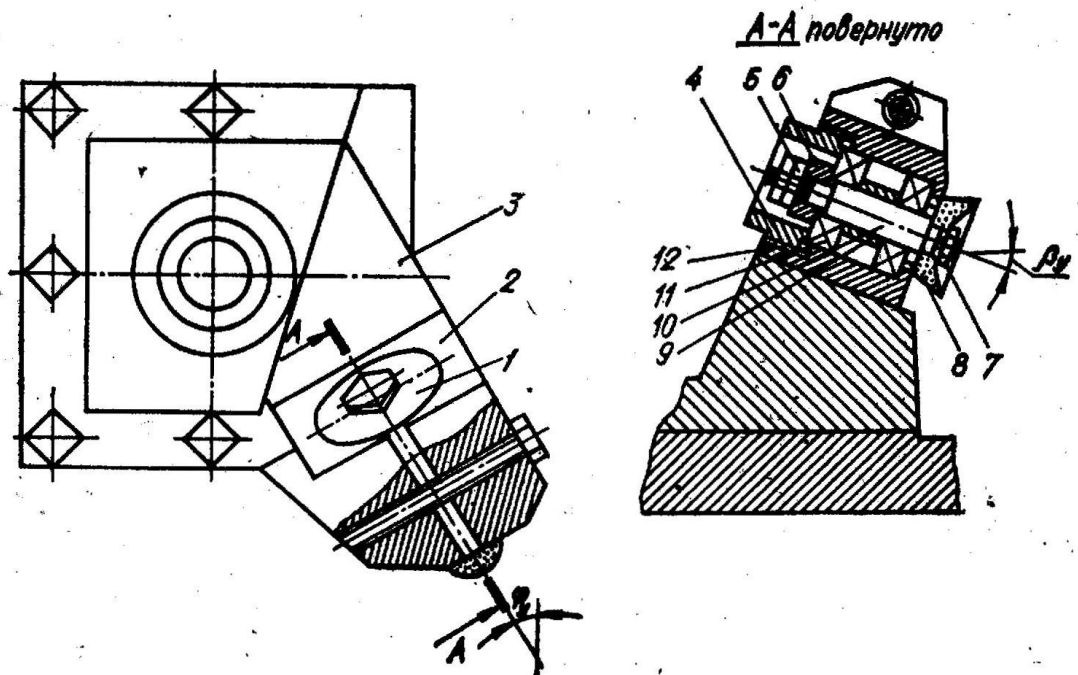


Рис. 2 Різцетримач для точіння ротаційними різцями

На супорті верстата закріплюється корпус різцетримача 3 на якому установлюється головка 2 з вузлом різця 1 під кутами β_y і φ_y . У складі різцевого вузла в корпусі 12 обертається валик 10 на двох радіально-упорних підшипниках 11. Між підшипниками знаходиться розпірна втулка 9. Осьовий зсув підшипників прибирається за допомогою гайки 4, а зазор підшипникового вузла – двома гайками 5 і кільцем 6. Твердосплавний різець 8 кріпиться за допомогою гайки 7 на валику 10. Ріжуча чашка приєднується до шпинделя підшипникового вузла механічним кріпленням, пайкою, посадкою з натягом і склеюванням.

Ротаційне різання застосовується також при фрезеруванні. Воно поліпшує продуктивність і якість обробки. Інструмент і підшипниковий вузол мають відповідати підвищеним вимогам жорсткості через такі особливості фрезерування як ударні навантаження, переривчасте різання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MT81.DM0105.000 ПЗ

Арк.

9

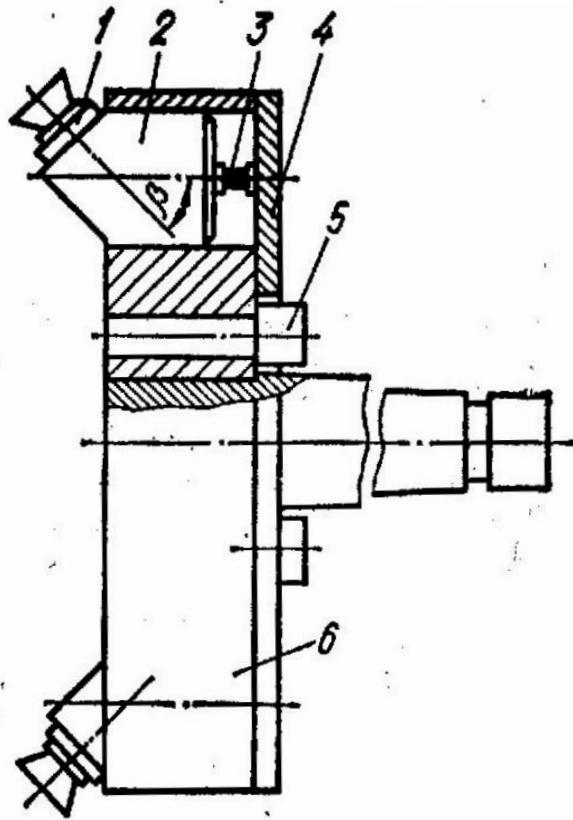


Рис. 3 Ротаційна фрезерна головка

У корпусі 6 під кутом β у втулках 2 закріплені різцеві вузли 1. Шпонками 5 передається крутний момент від шпинделя верстата фрези. Болтами 3 регулюється осьовий виліт різців. Болти впираються своєю сферичною головкою в інсталяційну головку 4. Для заміни різцевих вузлів без знімання фрези, осьовий виліт налаштовується поза корпусом фрези. При чорновій обробці кожен різець знімає до 2 мм металу, а при чистовій – 0,2...0,3 мм. Шорсткість після такої обробки буде $Ra = 2$ мкм.

Зараз ротаційне різання прогресує в сторону багатолезових інструментів з гвинтовою ріжучою кромкою (рис. 4). При використанні такого інструменту зона різання матеріалу оброблюється одразу декількома витками. Складається такий різець з ріжучою частини і державки. Ріжуча частина являє собою черв'як циліндричної форми в якого витки заточені під конкретними кутами. Державка виглядає як вилка з хвостиком. Різець під час обробки нахилений на кут ε відносно повздовжньої подачі для самообертання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MT81.DM0105.000 ПЗ

Арк.

10

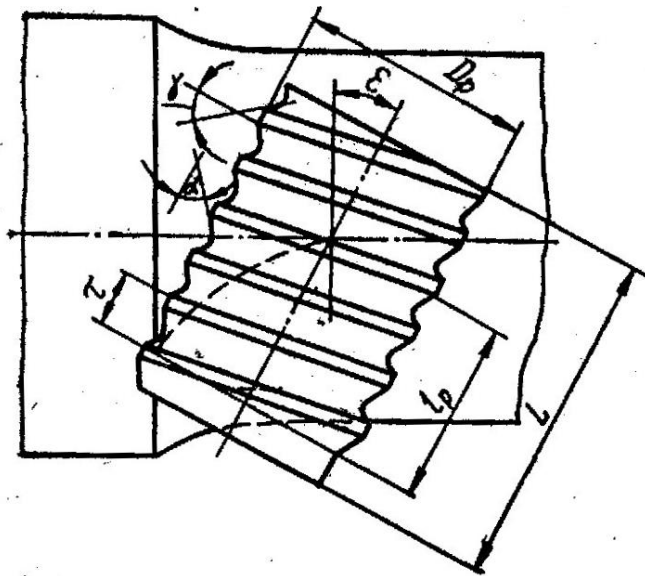


Рис. 4 Схема установки гвинтового обертального різця

Основні параметри ріжучої частини різця: діаметр D_p , довжина ріжучої частини L , довжина робочої частини L_p , кількість витків p , крок між витками t , кут нахилу осі ε , передній кут γ , задній кут α та напрямок і розмір стружководводної канавки. Як буде проходити процес різання залежить від цих параметрів. При збільшенні діаметра збільшуються також ріжучі кромки, радіальна сила різання і стають меншими кути в плані. Через це діаметр має бути мінімально допустимим міцністю і жорсткістю конструкції.

Крок між витками визначає кількість одночасно задіяних витків різця і навантаження, що діє на них. Зменшуючи крок, стає меншим і об'єм стружководних канавок та збільшується довжина гвинтових ріжучих кромок.

Довжину стружки можна регулювати змінюючи кількість одночасно працюючих витків різця. Проте краще не використовувати більше 4 заходів гвинтового різця, бо динамічні показники різання стають гіршими.

При збільшенні переднього кута сили різання стають меншими через меншу деформацію стружки і силу тертя на передній поверхні витка. Проте важко реалізувати різець з передніми кутами більше нуля, тому зазвичай їх приймають в межах $0...2^\circ$. Задні кути дорівнюють $6^\circ...10^\circ$. Якщо ж задні кути будуть більшими, то міцність витків стає меншою.

Кут нахилу осі різця обирається такий, при якому буде стабільним самообертання і будуть відсутні такі вібрації, які сильно збільшують шорсткість, бо це негативно впливає на стійкість інструменту.

Так як у порівнянні зі звичайними різцями у гвинтових обертових різців більша стійкість, то при додатковому кінематичному стружкодробленні їх можна використовувати для оброблення високоміцних в'язких сталей.

Завдяки тому, що обертових різцях лезо переміщується відносно зони різання, поліпшується стружкодроблення. Кінематичне ж стружкодроблення реалізується за допомогою зміни ріжучої частини різця. Вона виготовляється у вигляді двох конусів, що своїми основами напрямлені в сторону один одного і осі цих конусів зміщені паралельно на певну відстань.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MT81.DM0105.000 ПЗ

Арк.

11

Стружкодроблення відбувається коли робоча подача дорівнює нулю і забезпечується потрібною величиною ексцентриситету.

Передню поверхню різця можна виготовлена у вигляді конусу, у якого вісь переміщена паралельно осі обертання. Таким чином періодично змінюється товщина стружки, що призводить до дроблення стружки в місцях мінімальної товщини.

Продуктивність обробки високоміцних матеріалів сильно покращується при застосуванні ротаційного різання. Також при цьому забезпечуються висока якість поверхні і мала шорсткість. В процесі різання кожна точка ріжучої кромки круглого інструменту долає менший шлях, ніж ріжуча кромка звичайного різця, що призводить до високих показників продуктивності і стійкості різця за рахунок значно меншого зносу.

Було помічено, що при чорновому точінні титанових сплавів чашковими різцями із матеріалу ВК8 на швидкостях 20...45 м/хв, подачах 0,3...1 мм/об, глибині 3...7 мм і нерівномірних припусках, ріжуча кромка плавно зношується до скруглення. Тому на практиці при обробленні високоміцних матеріалів варто оцінювати обертові різці по їх ріжучій здатності.

Найкраще використовувати круглі обертальні різці із твердих і швидкорізальних сплавів для різання високоміцних матеріалів точінням, фрезеруванням і струганням.

1.2. РІЗАННЯ З НАКЛАДЕННЯМ ВІБРАЦІЙ

Вібраційне різання це один з методів, який покращує обробку високоміцних матеріалів. Полягає він в тому, що до звичайного різання додається коливальний рух інструменту.

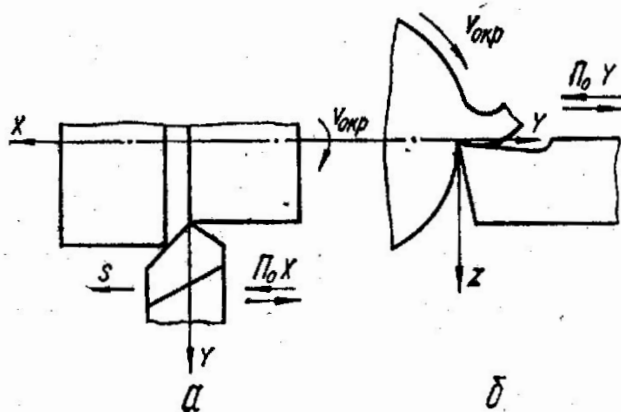


Рис. 5 Накладання вібрацій в напрямі подачі (а) і перпендикулярно заготовці

Накладаються вібрації уздовж осі X в напрямку подачі (рис. 5а), по дотичній до заготовки уздовж осі Z, перпендикулярно поверхні заготовки по осі Y (рис. 5б). Вібрації для якогось з цих випадків мають бути обертальними чи прямолінійним. Напрямок додаткових вібрацій може не співпадати з цими

координатними осями. Також вібрації можуть бути будь-якої форми. Найчастіше користуються коливаннями синусоїдальної форми.

Обробка з осьовими вібраціями допомагає у дробленні стружки, що особливо необхідно при різанні в'язких матеріалів на верстатах з ЧПУ з функцією багатOVERстатного обслуговування.

З додаванням вібрацій ефективність обробки високоміцних сталей зростає через менший знос інструменту, меншого опору різання і температури при обробці.

Мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) омивають зону різання краще при різанні з вібраціями завдяки періодичному подаванню в зону ріжучого клина інструмента.

З додаванням вібраційної системи підвищується вібростійкість, завдяки чому можна замінити інструмент з швидкорізальної сталі на твердосплавний чим підвищити продуктивність.

Точність різання ж при різанні з вібраціями не стає менше завдяки меншій силі різання і тому, що покращенню демпфування шкідливих коливань.

Вібраційне точіння забезпечує періодичне дроблення зливної стружки високоміцних сталей за рахунок циклічного виходу ріжучої кромки з металу, що ріжеться. Частота коливань, що додаються, в межах 5...100 Гц. Амплітуда вібрацій $A_x \geq 0,5 \cdot S_o / i \cdot \sin \pi$, де S_o - подача, мм/об; i -зсув фаз вібрацій, які накладаються, на суміжних оборотах. Щоб стружка дробилася без проблем, амплітуда має бути не більше 3 мм, а зсув фаз при мінімальних амплітудах має дорівнювати 0,5.

Крім товщини зрізу осьові коливання міняють геометрію інструменту, що впливає на температуру і сили різання. Максимальні сили різання стають більше на 150...200% аналогічних класичного точіння, але середня величина менша на 15...20%, що означає меншу роботу різання. На відносно високих швидкостях через непостійний характер різання стає кращим відведення тепла і температура при обробленні стає меншою. Зменшення цих характеристик позитивно впливає на стійкість інструменту, а саме при сприятливих режимах вібрацій і доведених ріжучих кромках стійкість на 15...20% більше ніж у інструмента безвібраційного різання.

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

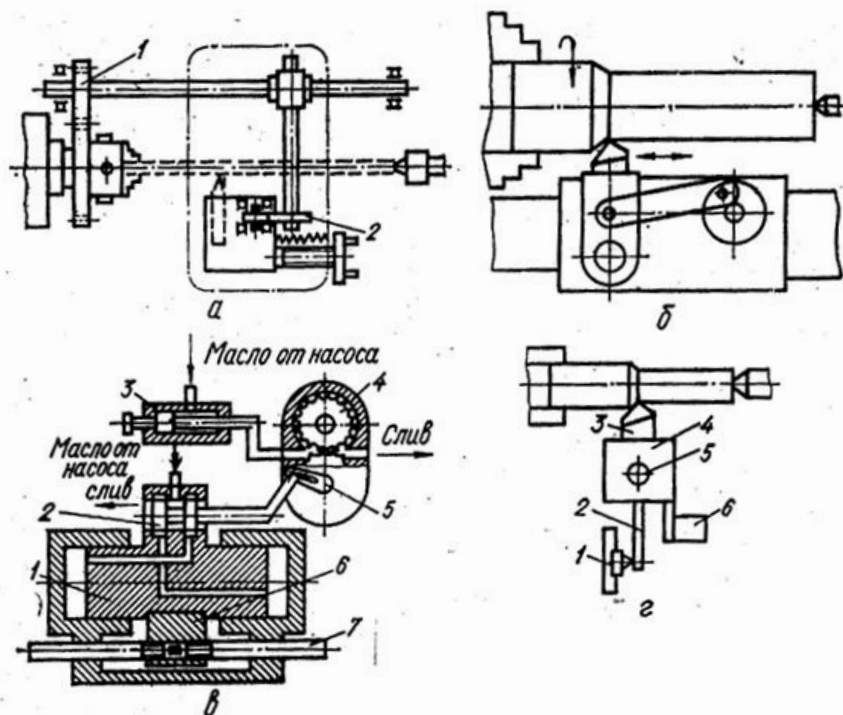


Рис. 6 Конструкції вібросупортів

Щоб стружка дробилася без проблем потрібні низькочастотні вібратори, які мають частоту вимушених коливань не більше 100 Гц і амплітуду 2 мм. Вібратори можуть бути механічні, пневматичні, гідравлічні, автоколивальні і т. д. На рис. 6а зображений вібросупорт, в якого коливання вібрації діють в напрямку подачі і передаються від шпинделя верстата через систему зубчастих коліс 1 і ексцентрик 2.

На рис. 6б показано, як коливання передаються від окремого електродвигуна різцю через кривошипно-шатунний механізм. Також використовується конструкція гідравлічного вібросупорта (рис. 6в), при якій від зубчастого гідравлічного двигуна 4 на керуючий золотник 2 передається обертання, що надає силовому циліндру 7 певні параметри руху. Частота вібрацій настраюється дроселем 3, а амплітуда – зміною плеча кривошипа.

Автоколивальний вібросупорт (рис. 6г) простий в налаштуванні і працює стабільно. Вібрації викликаються автоколиванням системи ВПД, що виникають під час різання. Різець 3, який закріплений в різцетримачі 2, коливається на осі 5 з підшипниками в якості опор. Ці підшипники необхідні для менших втрат від тертя при вібрації. Пластинчата пружина 2 потрібна в якості пружної ланки. Амплітуда коливань обмежується цією пружиною, нелінійною характеристикою, наявністю зазору і одностороннім упором. При зміні жорсткості пружини, маси коливальної частини 6 і розташування упору 1 можна змінювати амплітуду коливання вібросупорта.

Такий автоколивальний вібросупорт забезпечує зміну амплітуди в межах 0,1...1,5 мм, частоти – 20...100 Гц, надійне дроблення стружки із точністю, яка аналогічна безвібраційному точінню.

Рідше використовується різання в радіальному напрямку, адже таким чином на ріжучу кромку діє значне навантаження, яке сильно зменшує

стійкість різця. Також при такому різанні збільшується шорсткість оброблюваної поверхні.

Під час різання з вібраціями в тангенціальному напрямі розмір перетину зрізаного шару не змінюється, а швидкість різання є непостійною і змінюється в широких межах. При такому методі різання значно збільшується продуктивність обробки і стійкість різця при обробці високоміцних матеріалів. Зазвичай тангенціальне різання застосовується при різанні листового металу вібраційними пилами і ножицями. В ножицях верхній ніж має вертикальний і коливальний рух. Робляться ножі зі сталі Р18.

Метод накладання тангенціальних вібрацій сильно покращує оброблюваність при обробці високоміцних матеріалів точінням, розгортанням і нарізуванням різьби. Зі збільшенням частоти коливань стає меншою сила різання. Точіння з тангенціальними вібраціями з подачею 0,4 мм/об і швидкістю різання 120 м/хв стійкість різця в 4 бази більше ніж при безвібраційному точінні.

Проте є і мінуси в тангенціальних вібраціях. Вони зменшують згинальну і втомну міцність різців. Через це стійкість в деяких випадках менше ніж у класичному точінні. Щоб такого не було треба уважно підбирати режими різання і умови обробки.

При додаванні вібрацій до глибокого свердління і свердління отворів малого діаметру в високоміцних матеріалах, значно підвищується продуктивність свердління і якість поверхні, що оброблюється.

Свердління з вібраціями покращують обробку отворів і механізує свердління діаметром менше 6 мм за рахунок постійного дроблення і видалення стружки, зменшення тертя і покращення потрапляння МОР в зону різання. Продуктивність зростає в 2,5 рази, а стійкість свердла в 3 рази. При цьому в загальному поліпшуються економічні показники процесу. Типові режими різання для свердління з вібраціями отворів діаметром 1,5 мм в нержавіючій сталі: подача 30 мм/хв, частота обертання 2800 хв⁻¹, амплітуда 0,012...0,015 мм, частота 200 Гц.

В свердлінні з вібраціями можна використовувати не лише МОР і газоподібні середовища, а й суспензії з твердими частками, які при підвищеному тиску і температурі мають високі змащувальні властивості.

При свердлінні із вібраціями глибоких отворів 25...35 мм у нержавіючих і жароміцних сталях значно зростає продуктивність обробки. Під час обертання деталі свердло, що закріплене в гідравлічному вібраційному супорті, рівномірно подається і вібрує вздовж осі. Обробляються ці сталі однозахідними свердлами з пластинками сплаву ВК8 разом з внутрішньою подачею МОР (сульфофрезол з подачею під тиском) і зовнішнім відведенням стружки. Типові режими різання для такого свердління: подача 0,028 мм/об, частота обертання 1400 хв⁻¹, швидкість різання 20 м/хв, амплітуда коливань 0,03...0,04 мм, частота 94 Гц. При свердлінні на глибину 35 мм отворів діаметром 4,5 мм в сплаві ЭИ827 ефективність обробки стала більше в 4,5 рази.

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед методів обробки з додаванням вібрацій є ударно-переривчасте різання суть якого в тому, що коливання відбувається окремими імпульсами у формі близькій до прямокутної.

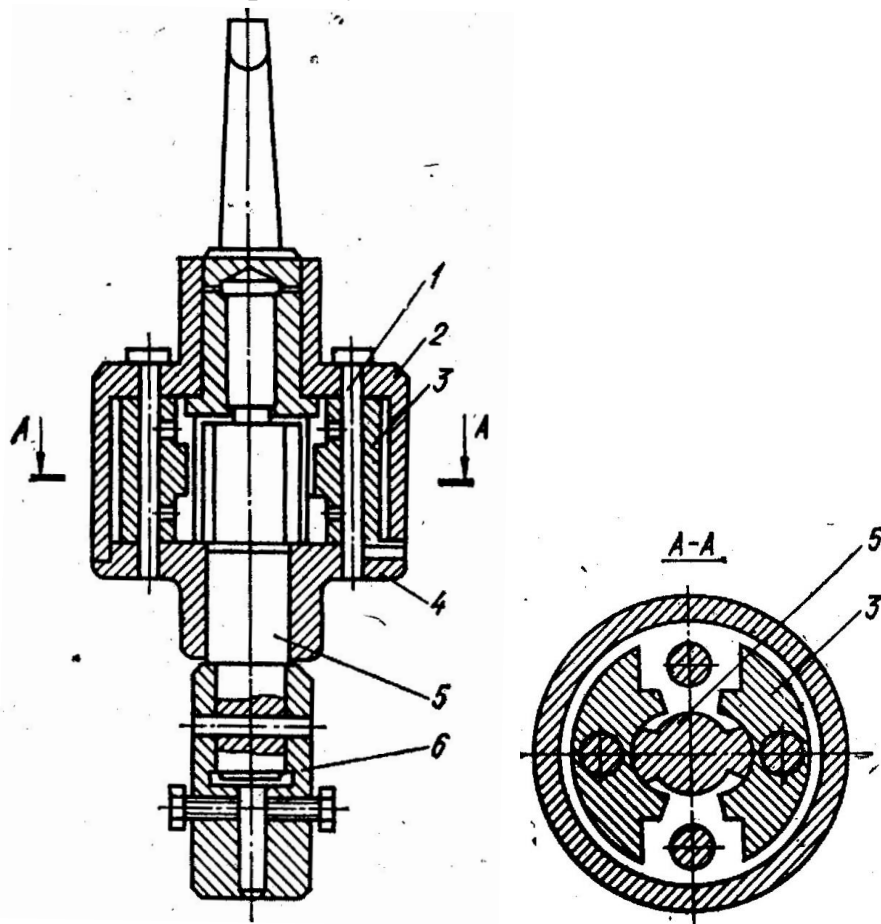


Рис. 7 Патрон ударно-переривчастого різання

Ударно-переривчасте різання простіше за вібраційне за рахунок того, що реалізується патроном, який змінює рівномірні оберти шпинделя на нестационарні, імпульсивні. У корпусі 2 знаходяться поводок 5, два бойки 3, що коливаються на осях 1 і втулка 6 в якій закріплюється інструмент. Закривається корпус кришкою 4. Виступи поводка входять в пази бойків і під час обертання поводок повертає бойки разом з корпусом, які б'ючись по кулачкам веденої втулки передають їй потрібну швидкість різання. Кінетична енергія втулки переходить в подальшому в роботу сил різання. Бойок, ударяючись, зіскакує з кулачка і обходить його, після чого знову повертається у вихідне положення. Під час кожного обороту шпинделя бойок ударяється двічі по кулачкам веденої втулки.

При ударно-переривчастому різанні стають меншими робота пластичного деформування, зона в якій вони інтенсивно відбуваються і температура в зоні різання. Особливо ефективний цей метод при різанні жароміцних і нержавіючих сталей через їх особливість зміцнювання при обробці.

Найкращим використанням методу ударно-переривчастого різання є нарізання глухої різьби в нержавіючих сталях і титанових сплавах. Крім збільшення стійкості таким чином механізуються трудомісткі операції.

Оптимальні режими різання обираються за рахунок достатньої міцності інструменту і найбільшого впливу на матеріал, що оброблюється. Для визначення продуктивності звертається увага не лише на режими різання, а й на оброблюваність матеріалу.

1.3. УЛЬТРАЗВУКОВЕ РІЗАННЯ

Накладання на інструмент ультразвукових коливань (більше 16...24 кГц) це один видів вібраційного різання. Особливістю ультразвуку є те, що він має енергію, яку можна сфокусувати на одиниці площі.

Ультразвукове різання часто застосовується тоді, коли звичайними методами важко оброблювати, а саме при різанні високоміцних матеріалів.

Ультразвук з малою амплітудою коливань майже не змінює розміри обробки, проте значно покращує умови тертя і зносу інструменту. Вібрації спричиняють періодичне переміщення поверхонь інструменту, які контактують з оброблюваним матеріалом, що полегшує процес стружкоутворення.

При звичайному різанні високоміцних матеріалів в зоні різання часто спостерігається гальмування металу, що спричиняє тертя спокою. Додавання ультразвукових вібрацій заміняє тертя спокою на тертя руху, чим зменшує сили тертя. Ріжуча кромка при коливаннях відходить від матеріалу, що сильно знижує сили тертя і дає МОР вільний доступ в зону різання. Створюються умови для прибирання наросту, зниження обсягу зони випереджальних деформацій і усадки стружки, зменшення сил різання, наклепу і шорсткості обробленої поверхні.

Те, що при ультразвукових коливаннях менші сили різання і шорсткість сприятливо впливає на зони стружкоутворення і формування поверхневого шару. Також завдяки цьому можливо точити і фрезерувати гартовані сталі інструментом із швидкорізальної сталі.

Те, в яку сторону направлені ультразвукові вібрації значно впливає на точність і шорсткість різання. Завдяки тангенціальним коливанням стають меншими складові сили різання, відривання заготовки від різця, зростає точність обробки. При різанні з тангенціальними вібраціями на подачах 0,4...0,8 мм/об, глибина різання зросла на 15...20% у порівнянні зі звичайним різанням. Радіальні ж коливання менше впливають на сили різання, тому і точність різання менша ніж у тангенціальних. Глибина різання збільшується лише на 8...12%.

Залежить продуктивність коливань від подачі, глибини, швидкості різання і властивостей матеріалу, що оброблюється. Чим більша подача, глибина і швидкість різання тим менша ефективність, а чим більша пластичність матеріалу – тим більша ефективність.

Залежно від подачі і швидкості різання, поздовжні ультразвукові вібрації зменшують шорсткість на 20...40%. Можна застосовувати комплексні коливання із крутильних і повздовжніх, в яких змінюються напрямок швидкості і кінематичних кутів різання за рахунок зміни

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співвідношення цих коливань. Такий вид вібрацій покращує процес різання, зменшуючи шорсткість і збільшуючи точність різання.

Додавання ультразвукових коливань зменшує потужність, що потрібна для різання завдяки зміні динаміки процесу і появи знакозмінних навантажень на інструмент.

Під час точіння високоміцних матеріалів з додаванням тангенціальних вібрацій амплітудою 0,5...3 мкм, в яких частота не збігалася з частотою шкідливих побічних вібрацій, відбувалося їх демпфірування і гасіння. Це пояснюється значно меншими силами різання при дії ультразвукових коливань (особливо радіальної), меншою інтенсивністю наросту і збільшення демпфівувальної властивості системи ВПД через переміну характеру тертя в зоні різання.

В деяких випадках при застосуванні ультразвукових коливань можливо збільшити стійкість інструменту. Наприклад, при застосуванні коливань амплітудою 3...4 мкм стійкість швидкорізальних різців зростає. Зокрема при додаванні радіальних коливань вона зростає в 4 рази. Проте є випадки зменшення стійкості, наприклад, при безперервному точінні сплаву EI437Б різцями з пластинками сплаву ВК8.

Недоліком є те, що знакозмінні навантаження з ультразвуковою частотою спричиняють втомний знос інструменту. Це особливо стосується твердосплавних інструментів, адже в них малий опір втоми. Через це потрібно вибирати матеріали різців з великим опором втоми.

Головними джерелами ультразвукових вібрацій є магнітострикційні перетворювачі електричного струму підвищеної частоти і механічні коливання. Також застосовуються п'єзoeлектричні і феритні перетворювачі, але вони надають менші амплітуди і служать менше ніж магнітострикційні. До того ж феритні перетворювачі температурно нестабільні.

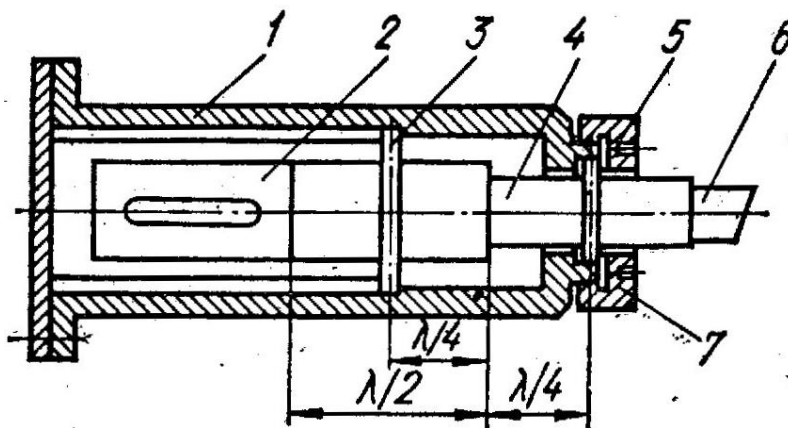


Рис. 8 Головка для створення радіальних коливань інструменту (λ довжина хвилі)

Під час розроблення конструкції головок ультразвукових вібрацій треба пам'ятати про значні знакозмінні навантаження, що діють на різці, тому в обчисленнях вузлів на міцність треба приймати максимальні значення сил різання і крутних моментів.

На рис. 8 зображено головку, яка передає токарному інструменту ультразвукові вібрації в радіальному напрямку з довжиною хвилі λ . Складається головка з двохстрижневого магнітострікційного пакета 1 і двох стрижнів 2, 4, які перетинаються з фланцями 3, 5 у вузлах коливань. Коливання генеруються в різці 6 затягуванням гайки 7 з сталим крутним моментом.

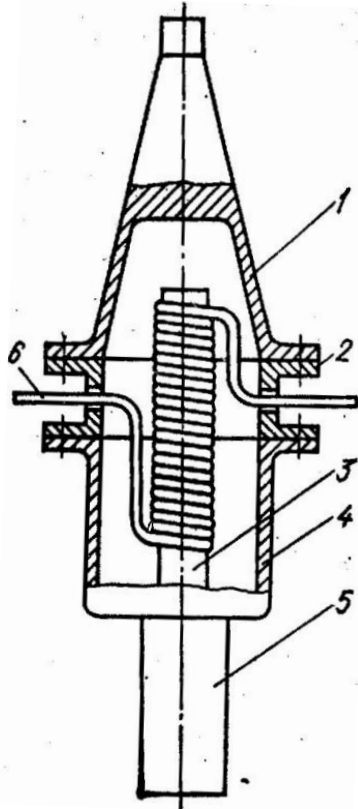


Рис. 9 Головка для генерування осьових коливань кінцевих інструментів

На рис. 9 зображено головку, яка передає осьові ультразвукові коливання кінцевим інструментам. Складається вона з двострижневого магнітострикційного пакета 3, який кріпиться до корпусу 2 тонкостінним стаканом 4, конічного хвостовика 7, що кріпиться в шпинделі верстата, перехідної втулки, в якій кріпиться інструмент, і труби 6, в якій протікає охолоджуюча магнітострикційний пакет вода. Коливається головка з частотою 15 кГц і максимальною амплітудою 5...7,5 мкм.

У системі ВПД ультразвукові вібрації можливо отримати особливостями магнітострикції матеріалу інструменту чи оброблюваного металу. Досліджено, що при магнітострикції звичайних протяжок, найбільшу магнітострикцію мали протяжки із сплаву Р18, де поздовжня деформація була 1-2 мкм при частоті 6...12 кГц.

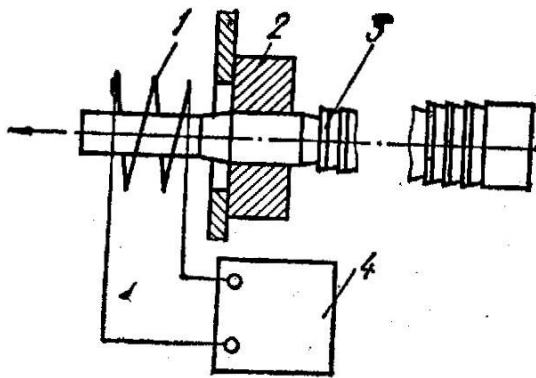


Рис. 10 Схема генерування ультразвукових вібрацій при протягуванні

Генеруються вібрації завдяки котушці 1, джерелом енергії для якої є ультразвуковий генератор 4 потужністю 0,5...1,5 кВт (рис. 10). У котушку 1 вставляється хвостовик протяжки 3 із зазором 3 мм, а на протяжку встановлюється деталь 2. При обробці заготовки з жароміцного сплаву Е4437Б квадратної протяжкою 7х7 мм, довжиною 296 мм, частоті 8,3 кГц, сили різання стали менше в 1,5...2 рази, а шорсткість стала помітно краще. Протягування з ультразвуковими коливаннями застосовується до протяжок діаметром не більше 10 мм, бо інакше значно зростає температура інструменту. Для меншого нагріву можна застосовувати збірні протяжки. Із сталі Р18 виготовити частини поперечним перерізом не більше 5х10 мм і з'єднати з корпусом із сталі 40Х.

Найкраще використовувати ультразвукові коливання при обробці високоміцних матеріалів свердлінням, зенкеруванням, розгортанням і нарізанням різьби.

Під час свердління нержавіючих сталей з ультразвуковими вібраціями пір'яними свердлами зі швидкорізальної сталі продуктивність обробки зростала при тих самих осьових силах, краще дробиться стружка і менше налипає до ріжучої кромки. Ефективність всіх видів обробки отворів зросла в 1,3...3 рази, покращилося гасіння автоколивань, поліпшилася якість поверхневого шару, різання більш стабільне, зменшується шорсткість і точність стає краще на один-два квалітети.

Зенкерування з ультразвуковими вібраціями покращує точність на 1...1,5 квалітети, зменшує розбивку отворів в 1,5 рази, конусності - 2,5, сідлоподібності - 3, овальності - в 2 рази, знижує шорсткість з $R_z = 20$ мкм до $R_a = 1,25...2,5$ мкм, зменшує залишкові напружень в верхніх шарах деталі.

Можна підвищити ефективність розгортання отворів з діаметром 4...10 мм к високоміцних матеріалах додаючи ультразвукові вібрації. Таким чином стійкість інструменту зростає в 1,5...2 рази, сталість розмірів розгорнутих отворів в 3 рази і шорсткість стає меншою на 1...2 класи. Наприклад, розгортаючи отвори діаметром 4...10 мм в сталях 15Х18Н12С4ТЮ і ВТ8 твердосплавними інструментами, квалітети точності після обробки 7...8, шорсткість – $R_a = 0,3...1,25$ мкм, стають значно кращими експлуатаційні характеристики матеріалу деталі (на 30...40%), стає меншою глибина наклепу і на 20% знижується максимальна мікротвердість. Ультразвукові вібрації впливають на величину і знак залишкових напружень. Через

					МТ81.ДМ0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

зниження величини і глибини проникнення напружень, виникають напруги стиснення.

При нарізанні різьби мітчиками M1-M5 у важкооброблюваних матеріалах із використанням МОР, застосування ультразвукових коливань показує себе дуже ефективно. Проте мітчики часто ламаються через свій невеликий запас міцності, тому повинна бути хороша якість обробленого під нарізь отвору. При різанні з ультразвуком стає меншим крутний момент, який потрібен для різання через те, що знижуються сили тертя, сили при защемленні зубів мітчика і в зону різання краще подається МОР.

Ультразвукові вібрації зменшують шорсткість і покращують поверхневий шар матеріалу при нарізанні нарізі. Коливання при цьому можуть бути осьовими чи повздовжніми, крутильними чи комплексними (осьові + крутильні). Крутні моменти стають менше на 38% при нарізанні різьби за умов, коли оброблюються жароміцні і нержавіючі сталі мітчиками діаметром 10...20 мм і амплітуда осьових коливань менша 20 мкм. За таких умов немає зриву різблення і викидання, які постійно є в різанні без осьових коливань. Завдяки цьому можливо нарізати різьбу шостого ступеня точності.

Під час обробки глухої різьби з малим діаметром в титанових сплавах BT14 із осьовими вібраціями швидкість різання зростає на 40...60%, а стійкість мітчиків в 2...3 рази, менше налипання, зварювання западини різьби і шорсткість, а точність залишається тою ж, що при безвібраційному обробленні.

При нарізанні різьби в нержавіючих сталях X18H9T і EI654 мітчиками M12x1,25 з крутильними ультразвуковими вібраціями, стійкість зростає в 2...3 рази і зменшується шорсткість.

Використання комплексних ультразвукових вібрацій для нарізання різьби найпродуктивніше серед інших методів. Крутний момент при таких коливаннях на 38% менше безвібраційного різання, а при повздовжніх коливаннях на 18% менше крутильних коливань.

Також ультразвукові вібрації використовуються при нарізанні різьби мітчиками-розкатниками в сталях X18H9T, X16H6 і EI696M. глибина деформованого шару в такому випадку менше в перерізі по осі западин, ніж під час нарізанні різьби видавлюванням без вібрацій.

При додаванні будь-якого виду ультразвукових коливань, подача МОР в зону різання стає кращою. Наприклад, нарізання різьби в сплаві BT9 мітчиком M4x0,7 при швидкості 0,6...3 м/хв із використанням сульфозфрезолу зменшує крутний момент на 6% в порівнянні з сухою обробкою, а з додатковими ультразвуковими коливаннями на 35%

1.4. ВИСНОВКИ

В цьому розділі було розглянуто прогресивні способи обробки лезовими інструментами: ротаційне різання, ультразвукове різання, різання з накладенням вібрацій. А саме їх різновиди

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2. Технологічний розділ

2.1. Аналіз службового призначення

2.1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Корпусна деталь «Корпус редуктора» служить для розміщення в ній деталей редуктора, який передає потужність від двигуна. З креслення видно, що дві внутрішні поверхні $\varnothing 80$ та $\varnothing 60$ використовуються для встановлення підшипників у корпусі, в які вставляється вал.

Кріпиться дана деталь за допомогою чотирьох болтів і двох штифтів. Розташування отворів під них на кресленні має чіткі межі, що вказує на точне розміщення деталі у вузлі.

2.1.2. Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Деталь «Корпус редуктора» основна частина редуктора і розміщує в собі вал, який передає потужність від двигуна. Деталь виконує функцію погашення вібрацій.

2.1.3. Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Так як під час використання редуктора виникають вібрації потрібен матеріал, який добре справляється з їх гасінням. Для цього заготовка корпусу виготовляється сірого чавуну марки СЧ20, ГОСТ 1412-85, адже чавун добре поглинає вібрації, хоча й не витримує великих ударних навантажень.

Цей матеріал має такі властивості:

Таблиця 1 - Хімічний склад та фізико-механічні властивості сірого чавуну марки СЧ20

C,%	Si,%	Mn,%	S	P
			Не більше	
3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	0,15	0,2

- границя міцності при розтягуванні (σ_B) – 200 МПа;
- границя міцності при стисканні (σ_{cm}) – 700 МПа;
- границя міцності при згині (σ_{32}) – 360 МПа;
- твердість за Брінеллем (МПа) – 143...255 НВ.

2.2. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій K_{30} , один з чинників, які характеризують тип виробництва. Він знаходиться через відношення числа всіх операцій, які мають бути виконані протягом певного часу до загальної кількості робочих місць на виробництві.

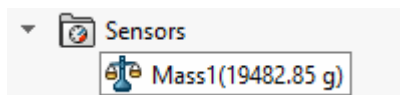
$$K_{30} = \frac{\sum \text{ОП}}{\sum \text{РМ}}$$

Де K_{30} - коефіцієнт закріплення операцій на місяць, ОП – число операцій виконаних за місяць, РМ – кількість робочих місць на підприємстві, які виконують роботу.

Так як немає даних підприємства для цієї формули, то тип виробництва будемо визначати за масою деталі і кількістю виготовлених деталей за рік.

Кількість деталей за рік – 5000 шт.

Завдяки вбудованим функціям програми Solidworks знайдемо масу деталі. Для цього будемо 3D-модель деталі «Корпус редуктора» і вибираємо матеріал сірий чавун.



Програма порахувала масу деталі, яка дорівнює $m=19,48$ кг.

За таблицею 2 обираємо тип виробництва

Табл. 2 Залежність типу виробництва від маси деталі і кількості деталей за рік

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	оди-ничне	мало-серійне	середньо-серійне	великосерійне	масове
до 1,0	до 10	10...2000	2000...75000	75000...200000	>200000
>1,0...2,5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
>2,5...5,0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
>5,0...10,0	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
>10,0	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Тип виробництва – середньосерійне.

2.3. Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції деталі, це властивість, при якій найпростіше реалізується технологічний процес. Вона спрямована на мінімізацію часу, ресурсів і операцій для оброблення деталей.

Є якісна і кількісна оцінка технологічності. Якісна основана на досвіді технолога, який відсіює нераціональні операції. Кількісна оцінка – це числовий розрахунок технологічності, який змінює конструкцію, якщо розраховані показники значно впливають на технологічність.

Нетехнологічною конструкція вважається, якщо не може бути оброблена наявним обладнанням.

Деталь «Корпус редуктора» є технологічною.

2.4. Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Заготовку будемо одержувати литвом, тому що чавун має добрі ливарні властивості. Виливки можна виготовляти у піщано-глинистих, оболонкових формах, кокілях, під тиском, відцентровим литвом, за моделями, які виплавляються тощо.

Литво в піщано-глинисті форми є раціональним при одиничному, малосерійному та середньо-серійному виробництвах, тому обираємо цей тип литва.

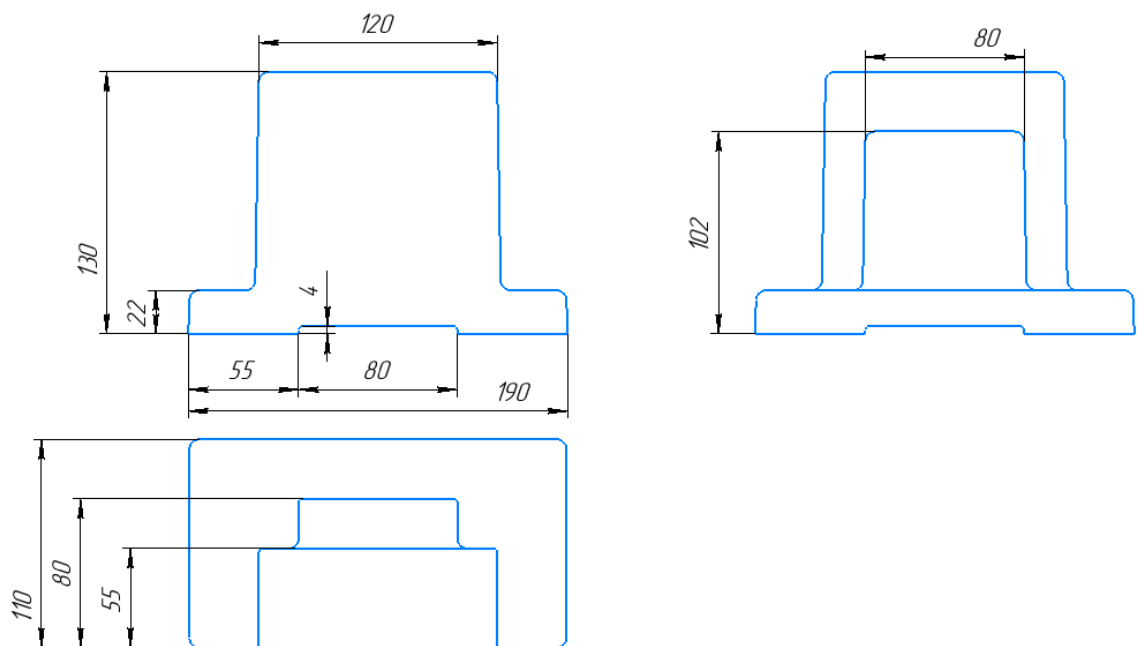
Ливарна модель буде складатися з кількох заготовок, які з'єднані між собою ливниками.

Виливки будуть виготовлятися без отворів, бо отвори горизонтальні, що, якщо робити виливки з ними, призводить до багатьох похибок.

При кресленні вилівка ураховуються усі припуски, формувальні уклони і радіуси переходів.

Рис. 11 креслення вилівку

					МТ81.ДМ0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



2.5. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

- основні конструкторські бази (ОКБ) - використовуються для орієнтації деталі у вузлі;
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ), визначають положення приєднаних деталей;
- кріпильні поверхні (КП) - використовуються для визначення положення приєднаних деталей та елементів;
- вільні поверхні (ВП) - інші поверхні деталі.

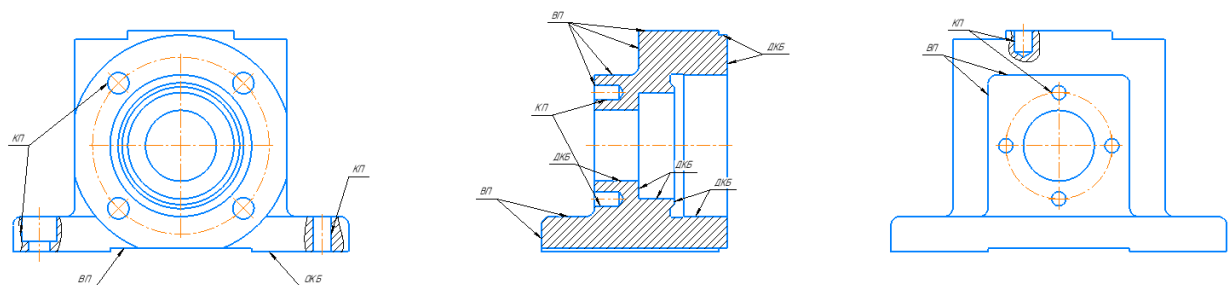


Рис. 12 Технологічні бази

Для даного корпусу основною конструкторською базою (ОКБ) буде нижня площина, яка використовується для орієнтації деталі у вузлі.

Допоміжними конструкторськими базами (ДКБ) є внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 80$, $\varnothing 60$ та $\varnothing 40$ з прилеглими торцями. Кріпильними поверхнями (КП) є отвори М12-7Н, М8х0,75-7Н, М10 та отвори $\varnothing 12$ та $\varnothing 10$ Н7. Інші поверхні є вільними (ВП).

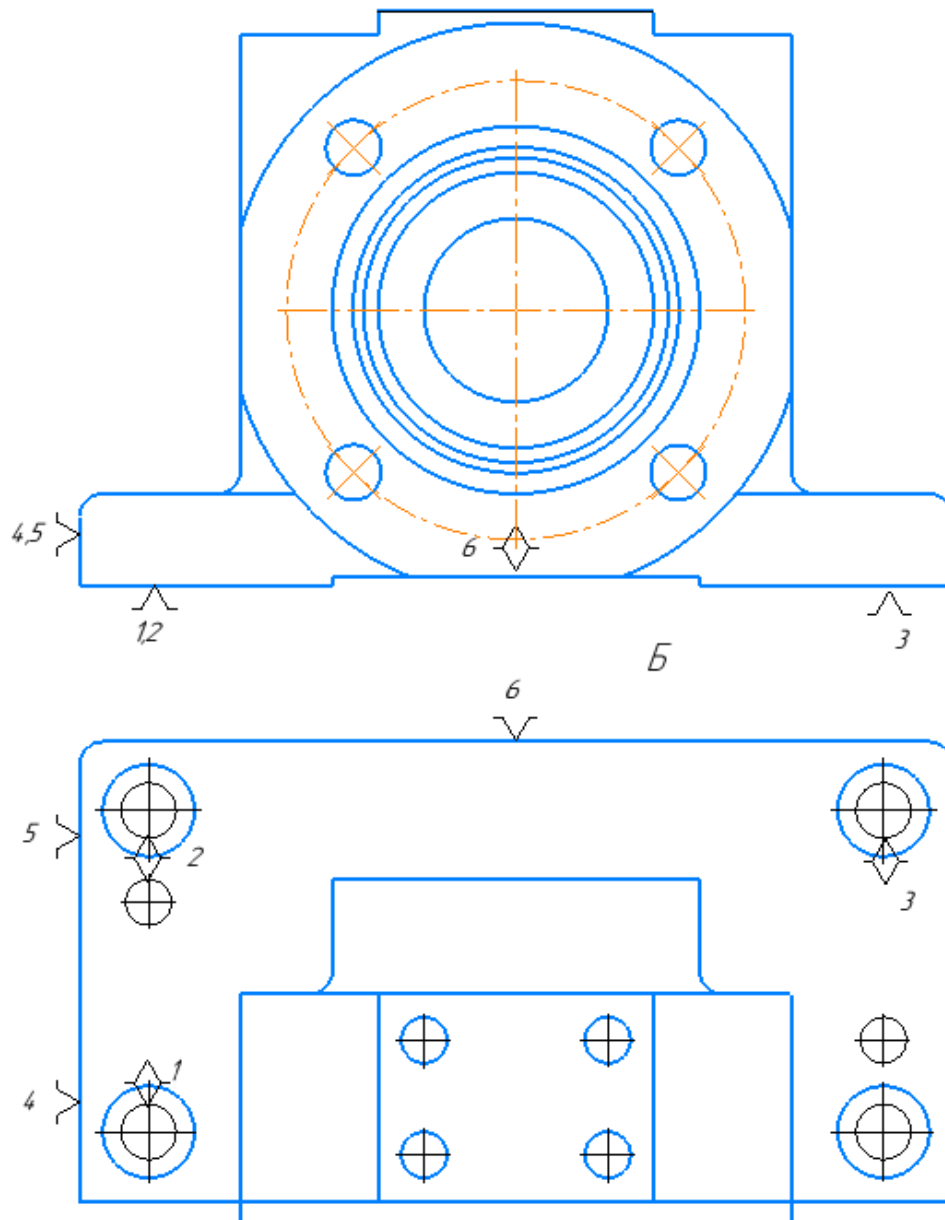


Рис. 13 Теоретична схема базування по основній конструкторській базі

2.5.1. Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

Для першої операції потрібно по можливості обрати бази серед тих поверхонь, які не оброблюються так, щоб була можливість обробити ОКБ.

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Якщо немає можливості вибрати необробну поверхню в якості бази, то підійде поверхня з мінімальним припуском.

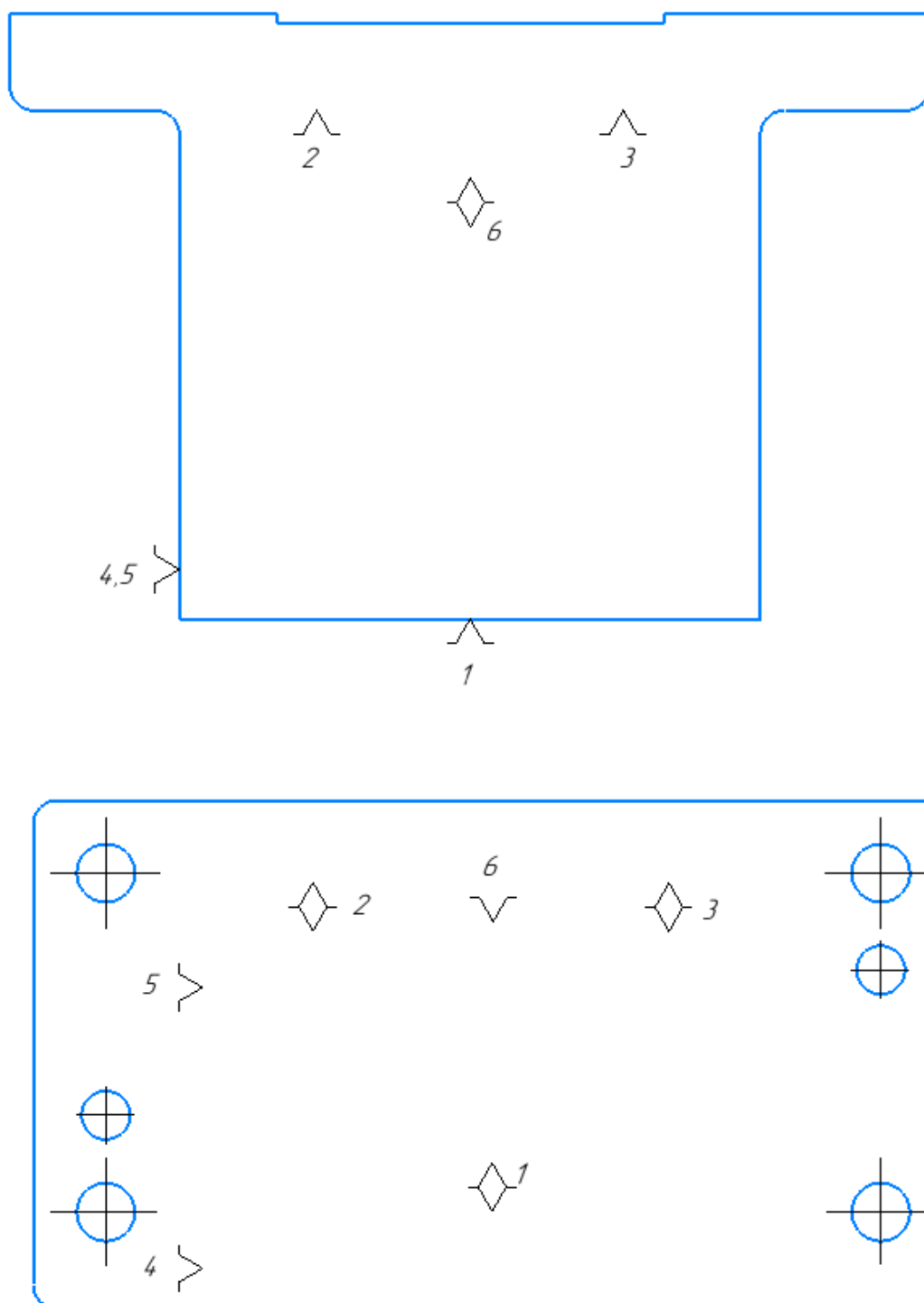


Рис. 14 Теоретична схема базування по технологічним базам

2.6. Проектування маршрутів оброблення елементарних поверхонь заготовки

Табл. 3. Послідовності обробки поверхонь

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Поверхні	IT _i	Ra	Маршрут оброблення	IT _i	Ra
	За кресленням			Після оброблення	
1(площи на основі)	14	10	Фрезерування одноразове	12	10
2	14	10	Фрезерування одноразове	12	10
3(площи на торця)	12	2,5	Фрезерування чорнове	12	10
			Фрезерування чистове	10	2,5
4 (отвір)	10	5	Центрування	-	-
			Свердління	14	20
			Зенкерування одноразове	10	5
5 (отвір під деталь)	7	1,25	Розточування попереднє	12	5,0
			Розточування чистове	8	2,5
			Розточування тонке	7	1,25
6(отвір під деталь)	6	0,63	Розточування попереднє	12	5,0
			Розточування чистове	8	2,5
			Розточування тонке	6	0,63
7 (канавка)	12	2,5	Розточування одноразове	12	2,5
8(отвори)	7 ступ. точності різі	5,0	Центрування	-	-
			Свердління остаточне	12	10
			Нарізання різби	7 ст.	5
9(отвори)	12	10	Центрування	-	-
			Свердління наскрізне	14	20
			Розвертання одноразове	12	10
10 (отвори)	12	10	Центрування	-	-
			Свердління наскрізне	14	20
			Розсвердлювання одноразове	12	10
11	7	1,25	Центрування	-	-

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(отвори)			Свердління	12	10
			Зенкерування	10	5,0
			Розвертання чорнове	8	2,5
			Розвертання чистове	7	1,25
12 (отвори)	7 ступ. точності різі	5,0	Центрування	-	-
			Свердління остаточне	12	10
			Нарізання різьби	7 ст.	5
13 (отвори)	7 ступ. точності різі	5,0	Центрування	-	-
			Свердління остаточне	12	10
			Нарізання різьби	7 ст.	5

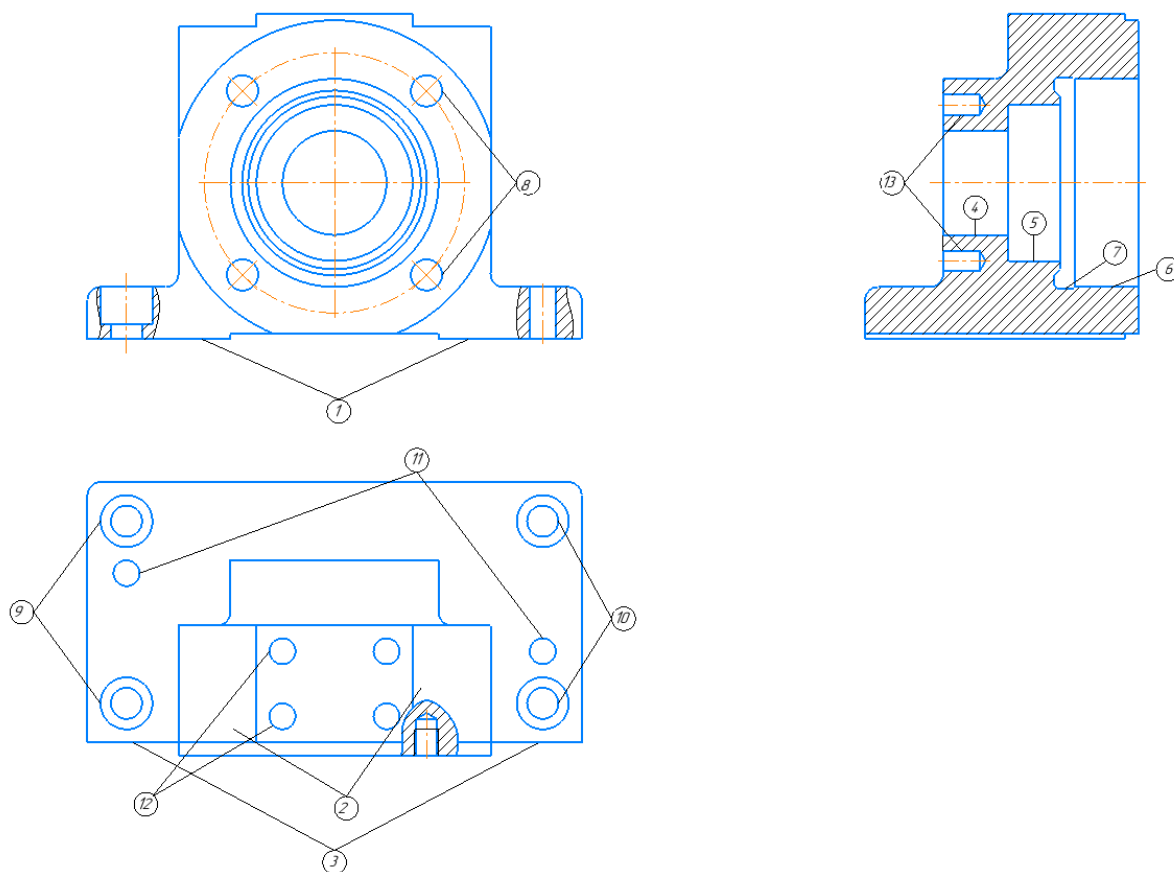


Рис. 15 Поверхні, що оброблюються

2.7. Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі

Для деталі можливо реалізувати принцип незмінності баз (рис. 5.3), що буде забезпечувати незмінність технологічної оснастки, тобто $ЗТБ = \text{const}$. В якості

загальних (чистових) технологічних баз використовуємо, оброблені на першій операції, нижню поверхню корпусу та 2-а отвори Ø10H7.

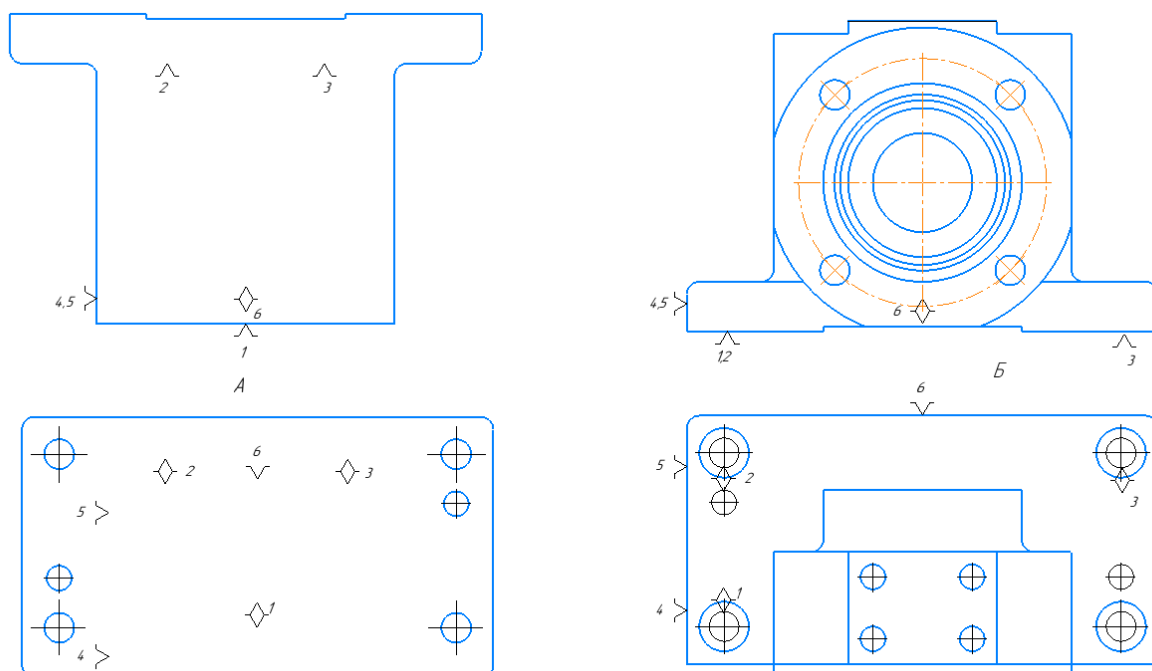


Рис. 16 Комплект технологічних баз

ОПЕРАЦІЙНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ „КОРПУС”

005. Багатоцільова з ЧПК

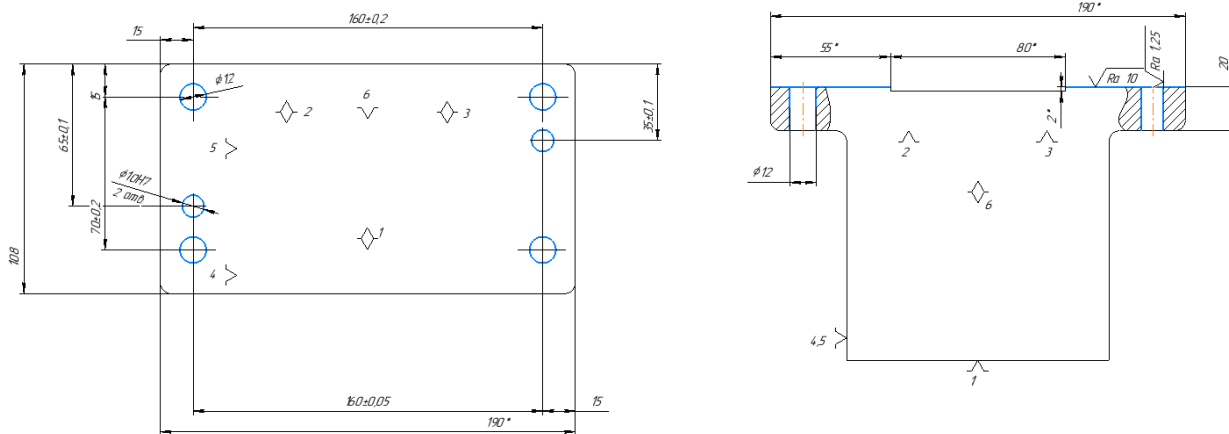
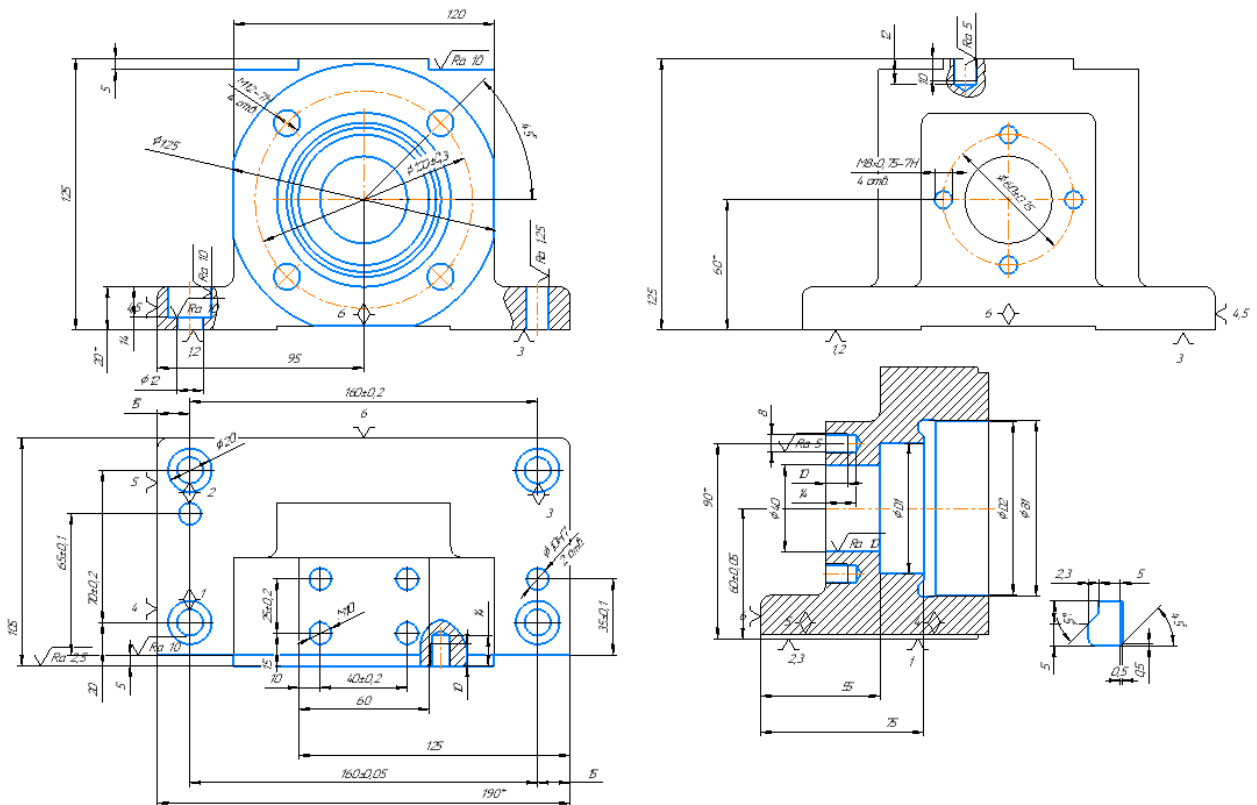


Рис. 17 Операція 005

1. Фрезерувати одноразово площину ① витримавши розмір Н1.
2. Фрезерувати торці деталі витримавши розмір 190 мм.
3. Центрувати 4 отвори ⑨ витримуючи розміри 70±0,2 мм та 160±0,2 мм.

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- ## 010. Багатоцільова з ЧПК



1. Фрезерувати начисто площину ② витримавши розміри 125 мм і 60 мм.
2. Фрезерувати одноразово площину ③ витримавши розміри Ø125 мм та глибину 5 мм.

					<i>MT81.DM0105.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. Центрувати отвір (4) витримавши розміри $60 \pm 0,05$ мм, та 95 мм.
4. Свердлити наскрізний отвір $\varnothing 40H10$ в розмір $\varnothing 39H14$.
5. Зенкерувати остаточно отвір $\varnothing 40H10$
6. Розточити отвір (5) $\varnothing 60H7$ попередньо витримуючи розміри $\varnothing D1H12$ та 55 мм.
7. Розточити отвір (6) $\varnothing 80H6$ попередньо витримуючи розміри $\varnothing D2H12$ та 75 мм.
8. Розточити (чт) отвір $\varnothing 60H7$ витримуючи розміри $\varnothing D2H8$
9. Розточити (чт) отвір $\varnothing 80H6$ витримуючи розміри $\varnothing D1H8$
10. Розточити канавку (7) витримуючи розміри з ескіза.
11. Центрувати послідовно 4 отвори (8) витримавши розміри $\varnothing 100 \pm 0,3$ мм $45^\circ \pm 30'$
12. Свердлити 4 отвори $\varnothing 12H12$ остаточно витримуючи глибину 14 мм.
13. Нарізати різьбу M12-7H на глибину 10 мм.
14. Розсвердлити 4 отвори $\varnothing 20H12$ остаточно на глибину 14 мм.
15. Центрувати послідовно 4 отвори (12) витримавши розміри $40 \pm 0,2$ мм та $25 \pm 0,2$ мм
16. Свердлити 4 отвори $\varnothing 10H12$ остаточно витримуючи глибину 14 мм.
17. Нарізати різьбу M10-7H на глибину 10 мм.
18. Центрувати послідовно 4 отвори (13) витримавши $\varnothing 60 \pm 0,15$ мм.
19. Свердлити остаточно 4 отвори $\varnothing 8H12$ на глибину 14 мм.
20. Нарізати різьбу M8 $\times$ 0,75-7H на глибину 10 мм.

015. Багатоцільова з ЧПК

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

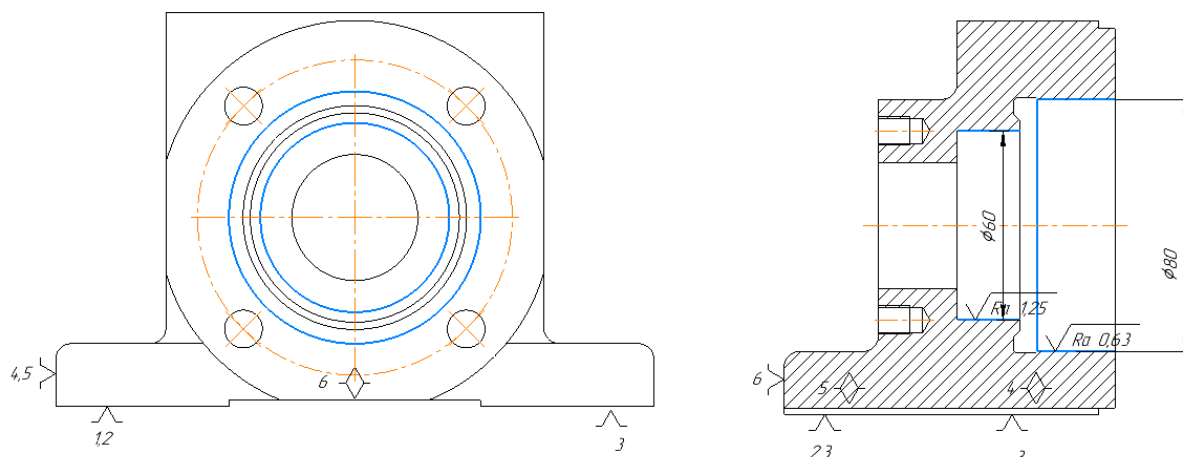


Рис.19 Операція 015

1. Розточити тонко отвір $\varnothing 80H6$ у розмір.
2. Розточити тонко отвір $\varnothing 60H7$ у розмір.

020. Мийочна.

025 Контрольна.

2.8. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів



Рис. 20 5-осьовий верстат з ЧПК UMC-500

Для затиску деталі буде використовуватися самоцентрівний гідравлічний затискний пристрій 8''.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MT81.DM0105.000 ПЗ

Арк.

33



Рис. 21 Гідравлічні лещата

Різальні інструменти:

Торцева фреза CoroMill 490-040Q16-08H, 490-025A20-08M

Свердла CoroDrill 880-D3900L40-02, CoroDrill 870-1200-10L16-3, CoroDrill 870-1000-6LX063-3, CoroDrill 860.1-0800-025A1-GM X1BM, 860.1-0900-028A1-GM X1BM

Різьба CoroMill A326R06-M25100VM-TH 1025,

Розточна головка SECO EPB A789X30CC0690

Розгортка 0100950, K210101000

Зенкер guhring 1602 40,000

2.9. Визначення припусків на механічну обробку

2.9.1. Аналітичний розрахунок припусків

Розрахунок міжопераційних припусків для оброблення поверхні Ø40H10

Технологічний процес обробки містить у собі 3-и переходи:

- Свердління H14, Ra = 20 мкм,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MT81.DM0105.000 ПЗ

Арк.

34

- Зенкерування H10, Ra = 5 мкм,

Розрахунок припусків ведемо у вигляді таблиці (1.7), в яку послідовно записується технологічний маршрут обробки й всі значення елементів припусків.

Для виливків, одержаних машинним формуванням по дерев'яним моделям (II клас), точність й якість поверхонь:

$$Rz+h=500 \text{ мкм ([14], том 1, стор.182)}$$

- якість поверхонь після механічної обробки

- свердління: Rz=50 мкм, h=70 мкм ([7], том 1, стор.190)

- зенкерування : Rz=32 мкм, h=40 мкм ([7], том 1, стор.190)

Мінімальний припуск на обробку визначаємо по формулі:

$$2Z_i^{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

С. 178 Сумарне просторове відхилення:

$$\Delta_3 = \sqrt{(\Delta_y l)^2 + C_0^2}$$

де C_0 , - відхилення осі отвору ([14], том 1, стор.190),

l , довжина отвору, що просвердлюється,

Δ_y , - відхилення осі свердла ([8], том 1, стор.190),

$$\Delta_3 = \sqrt{(0,7 \cdot 75)^2 + 30^2} = 60,5 \text{ мкм.}$$

Сумарне просторове відхилення розташування поверхонь після свердління:

$$\Delta_0 = \Delta_3 K_y = 60,5 \cdot 0,05 = 3,025 \text{ мкм}$$

K_y – коефіцієнт уточнення

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Визначаємо похибку установки по формулі:

$$E_i = \sqrt{E_0^2 + E_3^2 + E_n^2},$$

де E_0 - похибка базування, що виникає, $E_0=0$;

E_3 - похибка закріплення при установці заготовки в лещатах, 0,02мм.

E_n - похибка положення, при обробці за один установ, $E_n=0$.

$$\varepsilon_i = \sqrt{20^2} = 20 \text{ мкм};$$

Тоді припуск:

- на свердління:

$$2Z_1^{min} = 2 \cdot \left(500 + \sqrt{60,5^2 + 20^2} \right) = 1127 \text{ мкм};$$

$$2Z_1^{max} = 2 \cdot \left(Z_1^{min} + \frac{T_{d0}-T_{d1}}{2} \right) = 2 \cdot \left(1127 + \frac{1000-620}{2} \right) = 2634 \text{ мкм}$$

- для зенкерування:

$$2Z_1^{min} = 2 \cdot \left(50 + 70 + \sqrt{3,025^2 + 20^2} \right) = 281 \text{ мкм};$$

$$2Z_2^{max} = 2 \cdot \left(Z_2^{min} + \frac{T_{d1}-T_{d2}}{2} \right) = 2 \cdot \left(281 + \frac{620-100}{2} \right) = 1082 \text{ мкм}$$

Результати розрахунку наведені в табл. 4

Таблиця 4 Розрахунок припусків на внутрішню поверхню Ø40H10

Технологічні операції й переходи обробки елементних поверхонь	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, $2Z_{i,min}$, мкм	Допуск, TD, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	h	Δ	Σ			Dmin	Dmax	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$

Розміри заготовки	500		60,5	-	-	1000	-	-	-	-
Свердління (Н14)	50	70	3,025	20	1233	620	38,918	39,018	2,634	1,127
Зенкерування (Н10)	32	40	-	20	561	100	40	40,1	1,082	0,281

Перевірка правильності розрахунків:

$$T_3 - T_{\text{тд}} = \Sigma Z_{\text{max}} - \Sigma Z_{\text{min}} = 1000 - 100 = 900 \text{ мкм} = (2,634 + 1,082) - (0,281 + 1,127) = 2,3 \text{ мм}$$

Розрахунок міжопераційних припусків для оброблення поверхні 30h14.

Мінімальний припуск на обробку визначаємо по формулі:

$$Z_{i\text{min}} = R_{z(i-1)} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}$$

де $R_{z(i-1)}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході; h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході; Δ_{i-1} – відхилення розташування площин; ε_i – похибка установки заготовки на переході, що виконується.

- Фрезерування остаточне Н12, Ra = 10 мкм,

Для виливків, одержаних машинним формуванням по дерев'яним моделям (II клас), точність й якість поверхонь:

$R_z + h = 500$ мкм ([14], том 1, стор.182)

якість поверхонь після механічної обробки:

Фрезерування чорнове: $R_z = 100$ мкм, $h = 100$ мкм ([14], том 1, стор.190)

Просторові відхилення розміщення поверхонь, при обробці площини враховують тільки їх жолоблення, тобто:

$$\Delta_3 = \Delta_k l$$

					МТ81.ДМ0105.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						37

де l , довжина оброблюваної площини,

$\Delta_k = 0,5$ мкм на 1 мм - жолоблення корпусних деталей ([14], том 1, стор.183),

$$\Delta_3 = 0,5 \cdot 25 = 12,5 \text{ мкм.}$$

Сумарне просторове відхилення розташування поверхонь після фрезерування:

$$\Delta_0 = \Delta_3 K_y = 12,5 \cdot 0,05 = 0,625 \text{ мкм}$$

Δ_3 – відхилення від паралельності $\frac{1}{2}$ допуску на розмір мкм на 1 мм. K_y – коефіцієнт уточнення форми.

Похибки установки на переході що виконуються, при обробці площин визначають за формулами:

$$E_i = \sqrt{E_0^2 + E_3^2 + E_n^2},$$

де E_0 - похибка базування, що виникає, $E_0=0$;

E_3 - похибка закріплення при установці заготовки в лещатах, 0,02мм.

E_n - похибка положення, при обробці за один установ, $E_n=0$.

$$\varepsilon_i = \sqrt{20^2} = 20 \text{ мкм;}$$

Тоді припуск на фрезерування:

$$Z_1^{min} = 100 + 100 + 0,625 + 20 = 220,6 \text{ мкм;}$$

$$Z_1^{max} = Z_1^{min} + Ta_0 - Ta_1 = 220,6 + 620 - 250 = 590,6 \text{ мкм}$$

Допуски на розміри литої заготовки, значення допусків та висот мікронерівностей, одержаних після механічної обробки отримують з довідників

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Таблиця 5 Розрахунок припусків на фрезерування площини В

Технологічні операції й переходи обробки елементних поверхонь	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $Z_{\min}$, мкм	Допуск, TD, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	h	$\Delta \Sigma$	ϵ_y			amin	amax	Zmax	Zmin
Розміри заготовки	500		12,5	-	-	620	29,97	30,59	-	-
Фрезерування чорнове (12-й квалітет, Ra 10)	50	50	0,625	20	220,6	250	29,75	30	0,5906	0,2206

Перевірка правильності розрахунків:

$$T_0 - T_1 = Z_{\max} - Z_{\min} = 620 - 250 = 370 \text{ мкм} = 590 - 220 = 370 \text{ мм}$$

Розрахунок виконано вірно.

2.9.2. Табличний метод призначення припусків

Таблиця 6 Припуски за табличним методом

Поверхня деталі	Допуск деталі	Допуск Заготовки	Співвідношення допусків	Вид Кінцевої обробки	Припуск на сторону	Розмір
Ø125	0,4	5	0,08	Чист.	7,8	Ø140,6±2,5
5	0,12	2,2	0,05	Чорн.	3,9	8,9±1,1

2.10. Розрахунок режимів різання

2.10.1. Розрахунок режимів різання аналітичним методом Свердління отвору Ø40h14

Алгоритм розрахунку режимів різання при свердлінні та розсвердлюванні передбачає визначення наступних подач: $[S]_{MC}$ – подача, яка допускається міцністю стержня свердла; $[S]_{PK}$ – подача, яка допускається міцністю різальних кромки; $[S]_{TO}$ – подача, яка допускається точністю оброблення; $[S]_{MP}$ – подача, яка допускається міцністю механізму подач.

Подача, яка допускається міцністю стержня свердла $[S]_{MC}$

$$[S]_{MC} = \left[\frac{2 \cdot \sigma_{3T} \cdot D^{3-Z_M}}{10^6 \cdot \sqrt{3} \cdot n_3 \cdot C_M \cdot h^{Z_M} \cdot K_M} \right]^{\frac{1}{Y_M}}$$

де $[S]_{MC}$ - подача, допустима міцністю стержня свердла, мм/об. Якщо використовується свердло з твердосплавними напайками або збірні конструкції з змінними багатогранними пластинами, $\sigma_B = 3200$ МПа – границя міцності на розрив матеріалу стержню свердла з Р6М5;

n_3 - коефіцієнт запасу, який забезпечує безпечну роботу свердла при нормальному затупленні, тобто при нормальній величині зносу. В розрахунках приймають $n_3 = 4$ для оброблення чавунів. C_M, K_M, Z_M, Y_M - коефіцієнти та показники степеня у формулі, чисельні значення яких наводяться в різноманітних довідникових даних. Поправочний коефіцієнт K_M враховує відмінність конкретних умов процесу оброблення від стандартних, для яких наведені чисельні значення коефіцієнта пропорційності C_M , та показників степеня Z_M, Y_M .

$$[S]_{MC} = \left(\frac{2 \cdot 3200 \cdot 39^{3-2}}{10^6 \cdot \sqrt{3} \cdot 4 \cdot 0,021 \cdot 19,5^0 \cdot \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6}} \right)^{\frac{1}{0,8}} = 1,96 \text{ мм / об}$$

Подача, яка допускається міцністю різальних кромки $[S]_{PK}$

$$[S]_{PK} = C_S \cdot D^{0,6}$$

де C_S - коефіцієнт пропорційності, який враховує механічні характеристики оброблюваного матеріалу.

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[S]_{PK} = 0,125 \times 39^{0,6} = 1,13 \text{ мм/об}$$

Подача, яка допускається точністю оброблення $[S]_{TO}$

$$[S]_{TO} = 1,4 - 1,8 \text{ приймаємо } 1,4 \text{ мм/об}$$

Визначення подачі за міцністю механізму подач $[S]_{МП}$

$$[S]_{МП} = \left[\frac{[P_0]_{МП}}{10 C_P \times D^{z_P} \times h^{x_P} \times K_P} \right]^{\frac{1}{y_P}}$$

де $[P_0]_{МП} = 14680 \text{ Н}$ - найбільша осьова сила, яка допускається механізмом подач верстату, Н і встановлюється за паспортними даними;

C_P, K_P, z_P, y_P - коефіцієнт пропорційності, поправочний коефіцієнт та показники степеня у формулі осової сили різання.

$$[S]_{МП} = \left(\frac{14680}{10 \cdot 42 \cdot 39^{1,2} \cdot 19,5^0 \cdot \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6}} \right)^{\frac{1}{0,75}} = 0,33 \text{ мм / об}$$

Для подальших розрахунків режиму різання необхідно приймати найменшу з розрахованих величин подач

$$[S] = \min \{ [S]_{МС}; [S]_{PK}; [S]_{TO}; [S]_{МП} \} = 0,33 \text{ мм/об}$$

Визначення швидкості різання

Для завершення розрахунку режиму різання необхідно розрахувати швидкість різання, яка допускається різальними властивостями свердла $[V]_i$; та швидкості різання, яка допускається потужністю двигуна головного приводу верстата $[V]_в$.

Розрахунок швидкості різання за різальними властивостями інструменту $[V]_i$

$$[V]_i = V = \frac{C_v \cdot K_v \cdot D^{z_v}}{(60 \cdot T^m \cdot h^{x_v} \cdot S^{y_v})}$$

Чисельні значення коефіцієнту пропорційності C_v та показників степеня z_v, x_v, y_v, m наведено у додаткових

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

матеріалах. При осьовому обробленні на верстатах з ЧПУ період стійкості свердла необхідновстановлювати в діапазоні $T=15-30$ хв.

$$[V]_i = \frac{17,1 \cdot 0,91 \cdot 39^{0,25}}{60 \cdot 105^{0,125} \cdot 19,5^0 \cdot 0,33^{0,4}} = 33,3 \text{ м / с}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \cdot K_{cv} \cdot K_{ov} = 1 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,91$$

де K_{mv} - враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання;

K_{iv} - враховує вплив механічних властивостей інструментального матеріалу на швидкість різання;

K_{lv} - враховує вплив глибини отвору, що оброблюється на швидкість різання.

K_{cv} - стан сталі (для чавуну приймаємо 1);

K_{ov} - враховує вплив наявності охолодження на швидкість різання.

Розрахунок швидкості різання за потужністю двигуна головного приводу верстату $[V]_B$

Швидкість різання $[V]_B$, яка допускається потужністю головного приводу свердлильного верстата, визначається з такої умови.

Процес оброблення різанням може здійснюватись за умови, що потужність процесу оброблення не може перевищувати ефективну потужність двигуна головного приводу верстату:

$$N_{св} \leq N_e = N_{дв} \times \eta;$$

де $N_{дв}$ - потужність електродвигуна, кВт; η - коефіцієнт корисної дії ланки головного руху різання ($\eta \approx 0,85$ $\eta = 0,8 \dots 0,9$).

$$[V]_B = \frac{N_{дв} \cdot \eta}{20 \cdot C_M \cdot D^{z_M-1} \cdot S^{ym} \cdot h^{xm} \cdot K_M}$$

$$[V]_B = \frac{22400 \cdot 0,85}{20 \cdot 0,021 \cdot 39^{2-1} \cdot 0,33^{0,8} \cdot 19,5^0 \cdot \left(\frac{190}{190}\right)^{0,6}} = 1162,4 \text{ м / с}$$

Для подальших розрахунків необхідно приймати менше розрахункове значення швидкості різання:

$$[V] = \min \{ [V]_i, [V]_B \} = 33,3 \text{ м/с}$$

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок частоти обертання шпинделю верстату

Оптимальна розрахункова частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$[n] = \frac{60 \times 1000 \times [V]_{\min}}{\pi \times D}$$

$$[n] = \frac{1000 \cdot 33,3}{\pi \cdot 39} = 272 \text{ об / хв}$$

Розрахунок основного часу оброблення

Основний час свердління визначається за формулою

$$T_o = \frac{l_{xi} \times i}{n \times S_o};$$

де l – довжина поверхні, що обробляється; i - кількість робочих ходів.

$$T_o = \frac{75 \cdot 1}{272 \cdot 0,33} = 0,84 \text{ хв}$$

2.10.2. Розрахунок режимів різання аналоговими методами

Режими різання призначаємо аналоговим методом в залежності від характеру оброблення, матеріалу заготовки та інструмента. Для розрахунку використовуємо функцію «CogoPlus ToolGuide» фірми «Sandvik Coromant», а також калькулятор режимів різання «Hoffmann MC».

Таблиця 7 Режими різання за аналоговими методами

№	Оброблення	Інструмент	V, м/х в	h, мм	S ₀ , мм/о б	S _z , мм/х в	n, об/х в	T ₀ , хв
1	Фрезерування попереднє	Фреза	279	5	-	0,24	2200	0,0 2
2	Свердління	Свердло	151	20	0,2 3	-	1200	0,3 5
3	Зенкерування	Зенкер	70	0,5	0,2 1	0,04	600	0,2
4	Розточування попереднє(Ø60)	Розточна оправка	220	9	0,1 5	0,05	1200	0,5

5	Розточування чистове	Розточна оправка	220	0,7	0,1 5	-	1200	0,2
6	Розточування попереднє (Ø80)	Розточна оправка	190	9	1,0 8	-	800	0,5
7	Розточування чистове	Розточна оправка	190	0,7	1,0 8	-	800	0,2
8	Свердління (Ø12)	Свердло	130	6	0,2 9	-	3500	0,0 2
9	Свердління (Ø10)	Свердло	130	5	0,2 5	-	4100	0,0 2
10	Свердління (Ø8)	Свердло	111	4	0,2 3	-	4400	0,0 2
11	Нарізати нарізь	Мітчик для нарізання нарізі	130	-	0,2 88	-	1500	0,0 3
12	Свердління (Ø9)	Фреза пазова	109	4,5	0,23	-	4100	0,0 2
13	Розгортання чорнове	Розгортка	12	0,25	0,22	-	400	0,4
14	Розгортання чистове	Розгортка	12	0,25	0,22	-	400	0,4

2.11. Нормування технологічних операцій

2.11.1. Розрахунок поштучного часу для операції

Операція 005 Багатоцільова з ЧПК

Таблиця 8 Параметри для розрахунку основного часу

№	Перехід	Інструмент	Розрахункові розміри оброблення			Припус кна сторон у, мм	Числ о проход ів
			Довжина, м	Врізання та пробіг, м	Розрахунков а довжина, м		
1	Фрезерув ати розмір Ø110 мм	Фреза торцева	55	2	57	2	2
2	Центрува ти отвори	Центр	10	0	10	0	6

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

3	Свердлит иотвори M12мм	Свердло	20	5	25	12	4
4	Свердлит иотвори Ø9мм	Свердло	20	5	25	12	2
5	Розгорнут и отвори Ø9,5мм	Розгортк а	20	0,5	20,5	0,25	2
6	Розгорнут и отвори Ø10мм	Розгортк а	20	0,5	20,5	0,25	2

Поштучний час на обробку визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{обсл}} + T_v + T_{\text{отд}}$$

Де, T_o - основний (технологічний) час, T_v - допоміжний час, $T_{\text{обсл}}$ - час на обслуговування робочого місця, $T_{\text{отд}}$ - час на відпочинок та природні потреби.

При серійному виробництві додатково розраховується підготовче – заключний час $T_{\text{п.з}}$ та штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}} / n$$

Визначення основного (технологічного) часу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i, \text{ хв}$$

Де, l – довжина оброблюваної поверхні, мм; l_1 - величина врізання та перебігу інструмента, мм; n - частота обертів шпинделя, об/хв; S мм/об; подача на один оберт шпинделя мм/об; i - число переходів.

Для 1 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 0,22 \text{ хв}$$

Для 2 переходу:

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i=0,25 \text{ хв}$$

Для 3 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i=0,01 \text{ хв}$$

Для 4 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i=0,06 \text{ хв}$$

Для 5 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i=0,47 \text{ хв}$$

Для 6 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i=0,47 \text{ хв}$$

Загальний основний час дорівнює:

$$T_o = \sum T_o = 1,78 \text{ хв}$$

Визначення допоміжного часу:

1. Допоміжний час на установку деталі масою $m=19.5$ кг в лещатах: $t = 0,28$ хв[16] (карта 28, стор.54).
2. Допоміжний час переходу інструмента в робочій зоні :

Для 1 переходу – 0,04 хв.;

Для 2 переходу – 0,32 хв.;

Для 3 переходу - 0,32 хв.;

Для 4 переходу – 0,32 хв.;

Для 5 переходу - 0,32 хв.;

Для 6 переходу - 0,32 хв.;

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$T_d = 1,64 \text{ хв}$$

3. Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, не включений в програму:

Час на заміну інструмента між переходами = $0,08 \text{ хв} \cdot 6 \text{ переходів} = 0,48 \text{ хв}$;

Час на заміну подачі = $0,06 \text{ хв} \cdot 6 \text{ переходів} = 0,36 \text{ хв}$;

Час на зміну швидкості шпинделя = $0,07 \text{ хв} \cdot 6 \text{ переходів} = 0,42 \text{ хв}$

$$T_b = 1,64 + 0,04 + 0,36 + 0,42 + 0,48 = 2,94 \text{ хв}$$

Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця [15](карта 16, 18 стор.91, 93): $T_{обс.} = 8\% T_{оп} = 0,14 \text{ хв}$;

Час на відпочинок й особисті потреби: $T_{від.} = 2\% T_{оп} = 0,04 \text{ хв}$.

Визначаємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{шт} = T_o + T_{обсл} + T_b + T_{отд} = 1,78 + 0,14 + 2,94 + 0,04 = 4,9 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час[15](карта 26, стор.102):

- одержати інструмент, пристосування: $t = 2 \text{ хв}$;
- ознайомитися з роботою: $t = 2 \text{ хв}$;
- установити й зняти блок з інструментом: $t = 0,15 \times 6 = 0,9 \text{ хв}$;
- установити програму програмоносій: $t = 0,7 \text{ хв}$

$$T_{п.з.} = 2 + 2 + 0,9 + 0,7 = 5,6 \text{ хв.}$$

9. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 4,9 + \frac{5,6}{6} = 5,83 \text{ хв.}$$

2.11.2. Нормування аналоговими методами

Таблиця 9 Норми часу за аналоговими методами

№	То	Тв	Тотд	Тобсл	Тшт	Тпз	Тшк	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MT81.DM0105.000 ПЗ			Арк.
								47

010	3,36	0,5	0,07	5	8,93	6,5	9,7
015	0,64	0,5	0,05	5	6,19	4,2	8,29

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1. Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1. Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Для розроблення конструкцій верстатних пристроїв треба звернути увагу на такі фактори:

- кресленик деталі і заготовки
- кількість деталей, що виготовлятимуться
- технологічний процес виготовлення деталі
- типові конструкції верстатних пристроїв
- характеристики використовуваного обладнання

Для виконання цих факторів і технологічного процесу будуть використовуватися наступні пристрої: поворотний стіл та самоцентрівні лещата. Їх будемо використовувати на операціях 005 та 010. Затиск у даному

пристрої контролюється робітником.

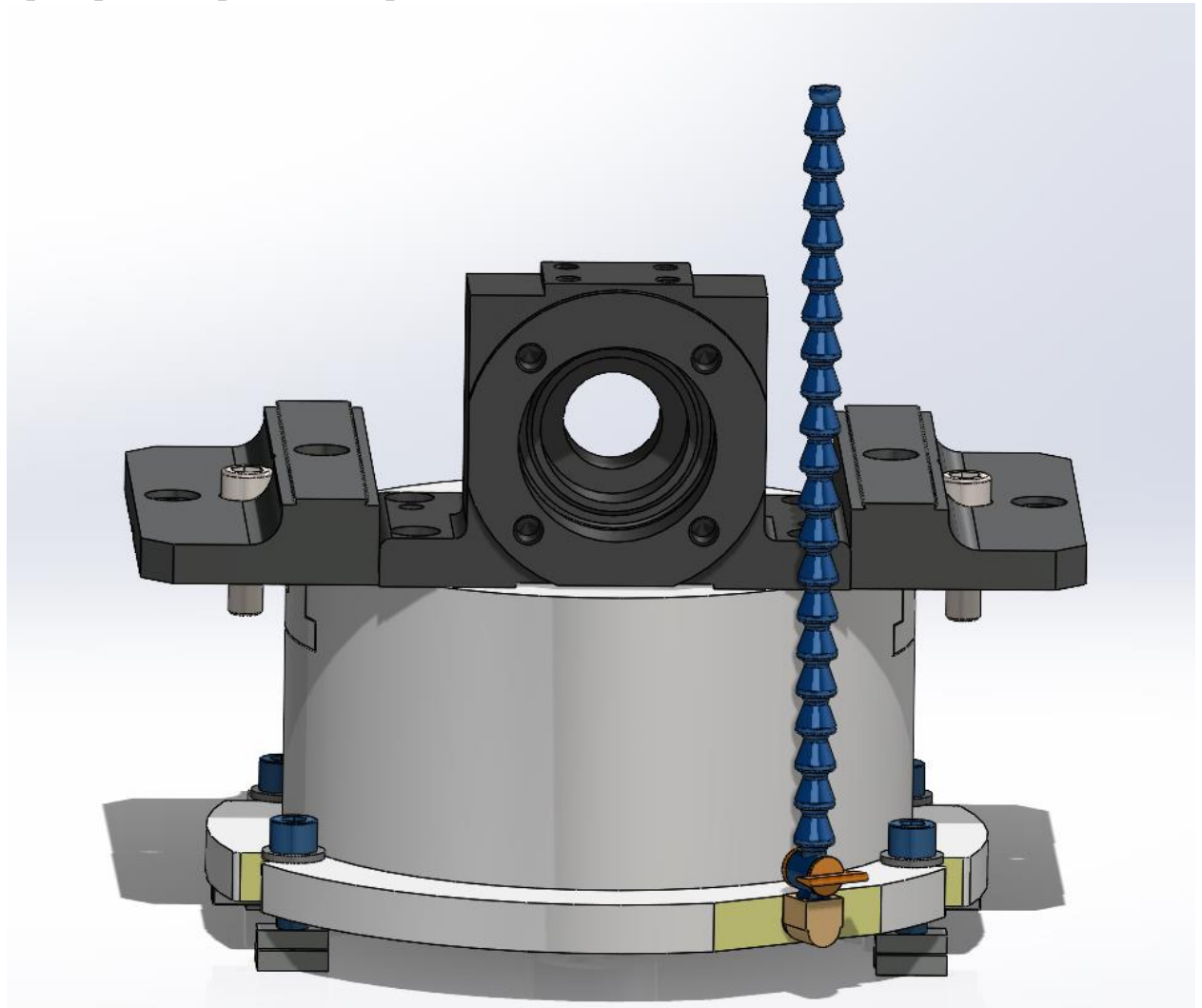


Рис. 22 3-D модель пристрою

3.2. Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

3.2.1. Розрахунок похибок базування

Похибка базування дорівнює 0, так як вимірювальна і технологічні бази співпадають.

3.2.2. Визначення похибок закріплення верстатного пристрою

Так як в довідниках немає інформації про похибку закріплення в гідравлічних лещатах, то використаю значення пневматичних. [13]

Для операції 005 похибка закріплення $\varepsilon_z = 120$ мкм. Для операції 010 $\varepsilon_z = 160$ мкм.

3.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.3.1. Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q

Сила закріплення знаходиться за формулою:

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{оп} + f_{зм}}$$

де, $f_{оп} = 0,2$ - коефіцієнт тертя опор із заготовкою, $f_{зм} = 0,2$ - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Коефіцієнт запасу K :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

де k_0 - величина коефіцієнту гарантованого запасу $k_0 = 1,5$.

k_1 - величина коефіцієнту, яка компенсує нерівномірну силу різання, яка може виникнути через нерівномірний припуску на оброблювану поверхню $k_1 = 1,5$.

k_2 - величина коефіцієнту, яка враховує нерівномірне збільшення сили різання, при настанні затуплення інструменту $k_2 = 1,15$.

k_3 - величина коефіцієнту, яка враховує переривчасте різання $k_3 = 1,0$.

k_4 - величина коефіцієнту, яка враховує тип приводу механізму для затиску $k_4 = 1,0$.

k_5 - величина коефіцієнту, який враховує зручність користування рукоятками $k_5 = 1$.

k_6 - коефіцієнт, який враховує можливість виникнення сили, яка прагне повернути заготовку в пристрої $k_6 = 1,5$

$$K = 3,88$$

Для операції 005:

Найбільшою силою різання є сила різання при фрезеруванні площини $R_z = 1334$ Н.

Необхідна сила закріплення:

$$Q = \frac{3,88 \cdot 1334}{0,2 + 0,2} = 12940 \text{ Н}$$

Для операції 010:

Найбільшою силою різання є сила різання при свердлінні отвору $\varnothing 39$ мм $R_z = 8347$ Н.

Необхідна сила закріплення:

$$Q = \frac{3,88 \cdot 8347}{0,2 + 0,2} = 80966 \text{ Н}$$

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3.3.2. Розрахунок силових механізмів пристроїв та визначення розмірних параметрів приводів

Сила, з якою гідропривід діє для закріплення

Для операції 005:

$$W=2Q=25880 \text{ Н}$$

Для операції 010:

$$W=2Q=161932 \text{ Н}$$

					<i>MT81.DM0105.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Список використаних джерел:

1. Таурит Г.Э., Пуховский Е.С., Добрянский С.С. Прогрессивные процессы резьбоформирования. К., Тэхника, 1975. 240 с.
2. Душинский В.В., Пуховский Е.С., Радченко С.Г. Оптимизация технологических процессов в машиностроении. К., Тэхника, 1977. 176 с.
3. Таурит Г.Э., Пуховский Е.С., Грищенко Е.Ю. Обработка крупногабаритных деталей. К., Тэхника, 1981. 208 с.
4. Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства. К., Выща школа, 1989. 240 с.
5. Пуховский Е.С., Мясников Н.Н. Технология гибкого автоматизированного производства. К., Тэхника, 1989. 207 с.
6. Пуховський Є.С. Прогресивні процеси обробки матеріалів. К., НТУУ(КПІ), (електронний ресурс), 2021. 138 с.
7. Пуховський Є.С. Безвібраційне багатолезове різання. К., НТУУ (КПІ), (електронний ресурс), 2022, 116 с.
8. Пуховський Є.С. Проектування верстатних систем гнучкого виробництва. К., НТУУ (КПІ), (електронний ресурс), 2020, 222 с.
9. Пуховський Є.С. Гнучкі виробничі системи машинобудівного виробництва. К., Вища школа. 1991, 218 с.
10. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Частина 1., К., НТУУ (КПІ). 2017. 286 с.
11. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М., Добрянський С.С. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Частина 2, К., НТУУ (КПІ). 2015, 204 с.
12. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок. К., НТУУ (КПІ). 2014. 354 с.
13. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6050502 Інженерна

					MT81.DM0105.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. - Д Національний гірничий університет, 2012 - 73 с

14. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение. 1986г. – 656 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1 Нормативы времени/ С. Ю. Романова, В. П. Рафаельский. – М. Экономика 1990 г. – 207 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей с ислесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и среднесерийного типов производства/ С. Ю. Романова, В. П. Рафаельский. – М. Экономика 1991 г. – 162 с.

					<i>MT81.DM0105.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53