

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

Завідувач кафедру

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Адаптивна модульна розточувальна головка»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи МІ-71

Похилюк Олександр Андрійович _____

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Джулій Дмитро Юрійович _____

Рецензент:

к.т.н., доцент каф. ПГМ, ММІ

Семінська Наталія Валеріївна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Похилюк Олександр Андрійович

1. Тема проєкту «Адаптивна модульна розточувальна головка», керівник проєкту Джулій Дмитро Юрійович, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту:

- оброблювана поверхня: матеріал – Сталь 40Х; параметри оброблюваної поверхні: довжина деталі 400 мм, східчаста поверхня з діаметрами 184, 180, 160, 140, 130 мм, точність Н7, допуск співвісності 0,01 мм;

- інструмент: Адаптивна модульна розточувальна головка;

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз оброблюваної поверхні та синтез конструкції інструменту, розробка конструкції адаптивної модульної розточувальної головки, створення технологічного процесу для виготовлення адаптивної модульної розточувальної головки, створення керуючої програми для оброблення деталей на верстаті з ЧПК, пристосування для фрезерування супорта для встановлення картриджа, аналіз напружено – деформованого стану при роботі інструменту.

5. Перелік графічного матеріалу: Аналіз оброблюваної поверхні та синтез конструкції інструменту, складові інструменту, конструкція інструменту, графічне зображення технологічного процесу, пристосування для фрезерування пазів, керуюча програма для оброблення кришки, аналіз напружено – деформованого стану.

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз оброблюваної поверхні та синтез конструкції інструменту	17.03.2021	
2	Розробка конструкції адаптивної модульної розточувальної головки	07.04.2021	
3	Створення технологічного процесу для виготовлення адаптивної модульної розточувальної головки	21.04.2021	
4	Створення керуючої програми для оброблення деталей на верстаті з ЧПК	28.04.2021	
5	Пристосування для фрезерування супорта для встановлення картриджа	05.05.2021	
6	Аналіз напружено – деформованого стану	13.05.2021	

Студент

Олександр ПОХИЛЮК

Керівник

Дмитро ДЖУЛІЙ

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

"__" _____ "20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Адаптивна модульна розточувальна головка
Зміст проекту	Розробка конструкції адаптивної модульної розточувальної головки для оброблення закритих поверхонь та габаритних корпусних деталей. Аналіз оброблюваної поверхні та синтез конструкції інструменту, розробка конструкції адаптивної модульної розточувальної головки, створення технологічного процесу для виготовлення адаптивної модульної розточувальної головки, створення керуючої програми для оброблення деталей на верстаті з ЧПК, пристосування для фрезерування супорта для встановлення картриджа, аналіз напружено – деформованого стану.
Технічні умови до проекту	Оброблювана поверхня: Матеріал – Сталь 40Х; Розміри – довжина деталі 400 мм, східчаста поверхня з отворами діаметрами 184,180,160,140,130 мм; Точність – Н7, допуск співвісності 0,01 мм Спосіб підведення ЗОР – внутрішнє підведення; Кількість різальних елементів – 2.
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ	
СП	1. Способи оброблення поверхонь закритого типу та габаритних деталей. 2. Аналіз конструкцій інструменту для оброблення закритих поверхонь та габаритних корпусних деталей, синтез конструкції адаптивної модульної розточувальної головки	
ОП	1) Робочі креслення складальних одиниць 2) Складальне креслення інструмента 3) Схема складання інструмента 4) 3D моделі складальних одиниць	
ТС	Ескіз технологічних операцій	
КС	1) Складальне креслення пристосування для фрезерування супорта для встановлення картриджа 2) 3D модель пристосування з встановленим на ньому супортом	
СС	Розробка керуючої програми на верстаті з ЧПК	
ДС	Аналіз напружено – деформованого стану	
Студент <u>Похилюк О.А.</u> Керівник <u>Джулій Д.Ю.</u>		дата "__"_____"20__ р дата "__"_____"20__ р
Прийняті позначення: СП – стан питання ОП – об'єкт проектування ТС – технологічна складова		КС – конструкторська складова СС – спеціальна складова ДС – дослідницька складова

Анотація

Метою дипломного проекту було розроблення конструкції адаптивної модульної розточувальної головки.

Адаптивна модульна розточувальна головка дозволяє обробляти габаритні корпусні деталі, довжиною до 2000 мм та поверхні до яких важко дістатись звичайним інструментом, або ж доступ є тільки через отвір, також це деталі, що потребують мінімальне відхилення від співвісності. Даний інструмент зазвичай використовується на габаритних верстатах типу НВМ (Horizontal Boring Mill).

Адаптивна модульна розточувальна головка складається з корпусу, модулю робочої частини, кришки, супорта, змінного картриджу, валу подачі, валу робочого, вставки для ЗОР, рельси модулю, рельси кришки, гвинта М8 для з'єднання валів та базуючих пластин. Також присутні стандартні вироби, такі як інструментальний конус SK50, штифти для кріплення інструмента у верстаті, різальні пластини та гвинти М6 та М8 різної довжини.

При виконанні потрібно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати оброблювані поверхні та порівняти існуючі конструкції адаптивних модульних розточувальних головок;
2. Обрати матеріали комплектуючих елементів інструменту та створити 3D – моделі;
3. Створити технологічний процес для виготовлення комплектуючих елементів та розрахувати режими різання;
4. Підібрати пристосування для виготовлення інструменту та розрахувати силу затиску й похибку пристосування;
5. Створити керуючу програму для виготовлення деталей на верстаті з ЧПК;
6. Провести аналіз напружень, що діють на інструмент під час його роботи.

Ключові слова: адаптивна, розточувальна головка, закриті поверхні, розточування корпусів, модуль, супорт, картридж.

Summary

The objective of the diploma project was to develop the adaptive modular boring tool.

The adaptive modular boring tool allows to process dimensional case details, up to 2 m long and surfaces which are difficult to reach by the common tool, or access is only through an aperture, also it is the details demanding the minimum deviation from alignment. This tool is usually used on dimensional machines such as HBM (Horizontal Boring Mill), but can also be used on other machines where there is a coordinate of the feed axis of the spindle.

The adaptive modular boring tool consists of a housing, a working part module, a cover, a caliper, a replaceable cartridge, a feed shaft, a working shaft, an insert for ZOR, module rails, cover rails, an M8 screw for connecting shafts and base plates. There are also standard products, such as the SK50 tool cone, machine tool pins, cutting inserts and M6 and M8 screws of various lengths.

In order to perform the task, we must solve the following tasks:

1. Analyze the treated surfaces and compare the existing designs of adaptive modular boring tools;
2. Choose the materials of the tool components and create 3D - models;
3. Create a technological process for the manufacture of components and calculate the cutting modes;
4. Choose a device for making tools and calculate the clamping force and error of the device;
5. Create a control program for the manufacture of parts on a CNC machine;
6. Analyze the stresses acting on the tool during its operation.

Key words: adaptive, boring head, closed surfaces, boring of cases, module, support, cartridge

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ТА СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ	11
1.1 Аналіз оброблюваної поверхні.....	11
1.2 Аналіз конструкції інструмента	15
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ АДАПТИВНОЇ МОДУЛЬНОЇ РОЗТОЧУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ	28
2.1 Матеріал різальної частини	28
2.2 Характеристики різальної пластини	29
2.3 Конструкція різальної частини	31
2.4 Конструкція хвостовика.....	32
2.5 Етапи побудови 3D- моделі інструмента	33
2.7 Створення креслень.....	43
3 СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АДАПТИВНОЇ МОДУЛЬНОЇ РОЗТОЧУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ	44
3.1 Вибір заготовки для виготовлення корпусу.....	44
3.2 Базовий технологічний процес.....	45
3.3 Технологічний процес на виготовлення корпусу.....	47
3.4 Розрахунок припусків на механічну обробку	53
3.5 Розрахунок режимів різання для виготовлення корпусу.....	56
3.6 Технологічний процес на виготовлення модуля	63
3.7 Розрахунок режимів різання для виготовлення модуля	68
3.8 Технологічний процес на виготовлення кришки	69
3.9 Розрахунок режимів різання для виготовлення кришки	73
3.10 Технологічний процес на виготовлення супорта.....	74
3.11 Розрахунок режимів різання для виготовлення супорта.....	78

4	СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК	79
4.1.	Обрання верстата з ЧПК	79
4.2.	Створення керуючої програми на верстат з ЧПК для оброблення деталей	82
5	ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ СУПОРТА ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ КАРТРИДЖА	86
5.1	Вибір конструкції пристосування для фрезерування супорта	86
5.2	Розрахунок сил затиску в лещатах	87
5.3	Розрахунок похибки пристосування	88
6	АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ІНСТРУМЕНТУ	90
6.1	Визначення сили різання	90
6.2	Аналіз напружено-деформованого стану	92
	Література	95
	Додаток А	98
	Додаток Б	108
	Додаток В	110
	Додаток Г	132
	Додаток Д	138

ВСТУП

Враховуючи те, що машинобудування швидко розвивається та стає автоматизованим – деталі стають більш складної форми та для їх виготовлення необхідно використовувати універсальний та інноваційний інструмент. Прикладом таких деталей може бути вали літака, які необхідно полегшити, розточуючи внутрішню поверхню, доступ до якої може бути тільки через отвір або ж блок циліндрів двигуна, в якому потрібно витримувати мінімальне відхилення від співвісності.

Підприємства зацікавлені в тому, щоб автоматизувати свої виробництва та зменшити витрати, саме тому завдання створення універсального інструменту є актуальним.

Адаптивна модульна розточувальна головка саме той універсальний інструмент, яким можна обробляти, як закриті поверхні так і габаритні корпусні деталі, розміром до 2 м. За рахунок того, що інструмент є модульним, його можна легко модифікувати в залежності від оброблюваної поверхні, а змінні супорти та картриджі дозволяють обробляти поверхні різного діаметру, витримуючи розмір та відхилення допуску співвісності.

Використовуючи даний інструмент на виробництві можна суттєво зменшити час на оброблення деталей та на переналаштування інструменту, що є великим плюсом в наш час.

Для виконання поставленої задачі, потрібно: розробити конструкцію, обрати матеріали корпусу адаптивної модульної розточувальної головки та різальної частини, яка складається з супорта, змінного картриджу та різальних пластин. Також необхідно розробити технологію виготовлення складових деталей, розробити керуючу програму та проаналізувати напруження, що виникають під час роботи інструменту.

1 АНАЛІЗ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ ТА СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ

1.1 Аналіз оброблюваної поверхні

В галузевому машинобудуванні є потреба та необхідність отримання круглих отворів різних діаметрів, форми та з різними по точності та чистоті оброблення поверхнями. Отвори можуть бути глухими і наскрізними, конічними, циліндричними, ступінчатими, та з канавками(для кілець стопорних та технологічних) і т.д. Обробка таких різних форм потребує різних підходів, використання більш широкої номенклатури та різноманітних універсальних і спеціальних інструментів та пристосувань [1].

Найбільш поширеними операціями оброблення отворів, що виконуються на верстатах свердлильно-розточувальної групи являються[1]:

- Свердління, що використовується для попереднього чи кінцевого оброблення отворів в суцільному матеріалі;

- Зенкерування, яке використовується для збільшення отворів, та підвищення точності форми та розташування попередньо просвердлених отворів. До зенкерів відносяться: зенківки та цековки які виконують оброблення конічних та ступінчатих поверхонь отворів, наприклад торцевих поверхонь, що прилягають до отворів, прихованих кріплень, болтів чи гайок;

- Розточування - використовується для отримання складних поверхонь та конструкцій, що мають в собі переходи, фаски та канавки та інші елементи складних форм. Розточування також використовується для оброблення точних циліндричних отворів великого діаметра та отворів з високими вимогами до розташування на токарних та розточувальних верстатах.

- Розгортання - використовують для отримання точних циліндричних поверхонь чи конічних отворів. Точність досягається за рахунок багатолезового інструмента, який називається розвертка. Розгортка - це різальний інструмент, що використовується для чистового оброблення різних форм

отворів та надання їм точності та шорсткості. Основне призначення розвертки це фінішне оброблення отвору після свердління, розточування чи зенкерування.

Враховуючи те, що сучасне машинобудування швидко розвивається, тому частіше з'являється необхідність в обробці деталей, що мають закриті поверхні або ж потрібна дуже висока їх точність. Прикладом таких поверхонь можуть бути блоки циліндрів в автомобільній промисловості (рис. 1.1), в аерокосмічній промисловості - вали для турбін або ж шасі літаків (рис. 1.2), різноманітні елементи в нафтогазовій промисловості (рис. 1.3).

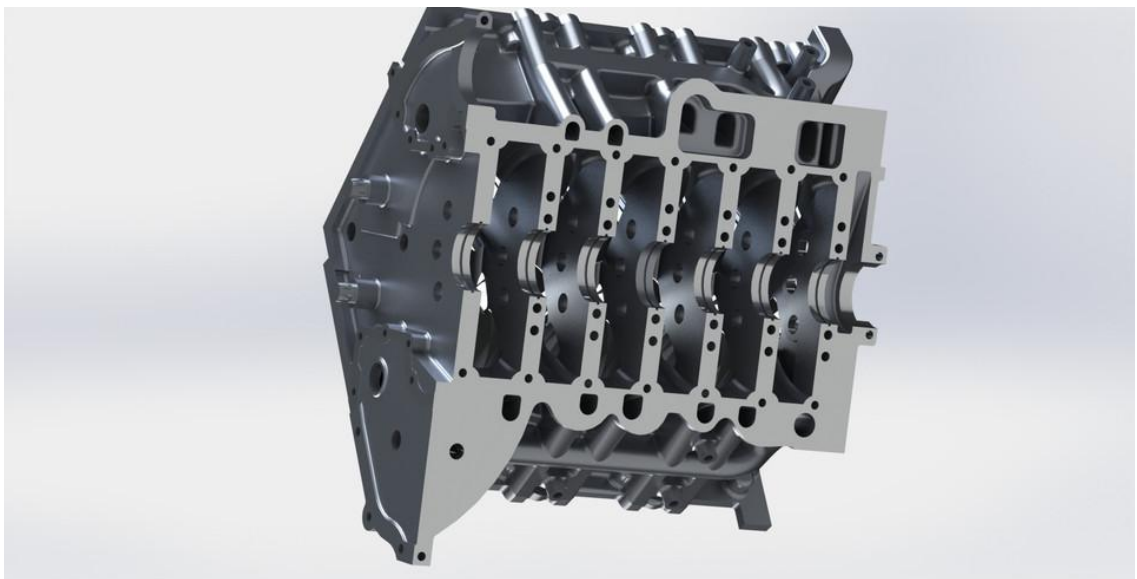


Рисунок 1.1 - Блок циліндрів автомобільного двигуна [17]



Рисунок 1.2 - Вал турбіни літака [6]



Рисунок 1.3 - Перехідний елемент в нафтогазовій промисловості [5]

Деталі в наведених галузях промисловості зазвичай мають досить великі габаритні розміри, тому звичайним інструментом їх обробити не так легко і це досить довгий процес, так як потрібно декілька інструментів, щоб обробити поверхню закритого типу.

Поверхня, що буде оброблятися являє собою поверхню, яку потрібно буде обробляти з двох сторін, з двох установів, якщо виконувати обробку звичайним інструментом. Приклад такої поверхні наведено на рис. 1.4

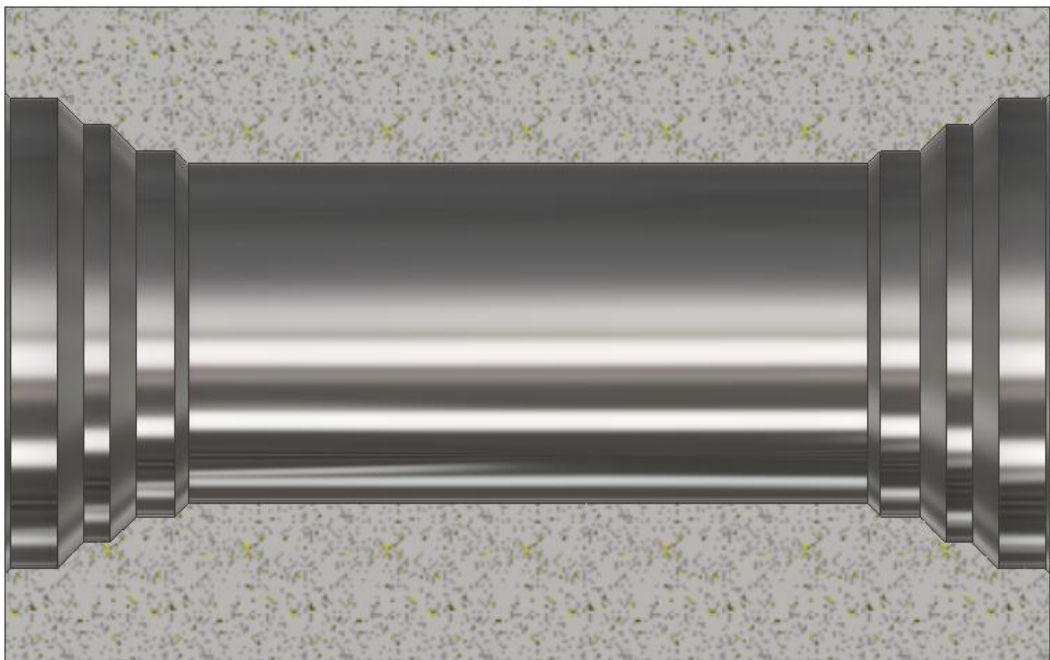


Рисунок 1.4 - Приклад оброблюваної поверхні

Основні характеристики оброблюваної поверхні:

Матеріал деталі - Сталь 40х.

Довжина деталі - 400 мм.

Діаметр отвору через який буде заходити інструмент - 126 мм.

Максимальний діаметр який потрібно буде отримати - 184 мм.

Ескіз заготовки з отвором для подальшого оброблення зображено на рис.1.5.

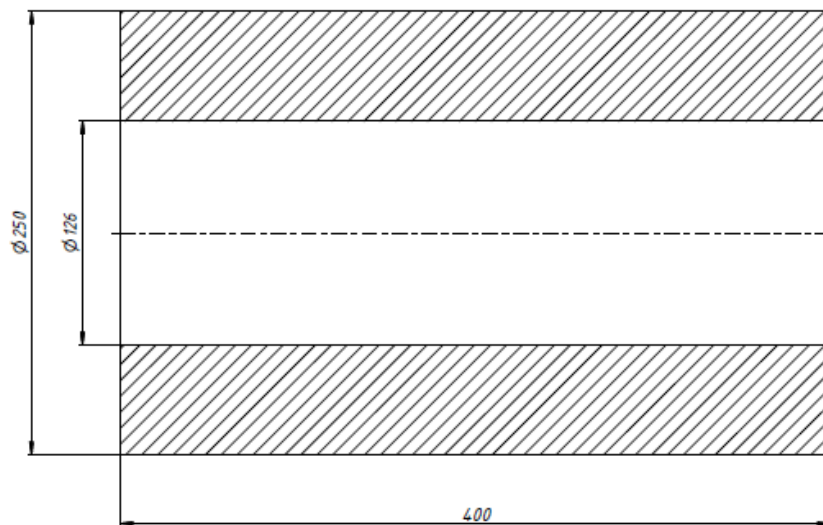


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки для подальшого оброблення

Ескіз оброблюваної поверхні зображено на рис. 1.6

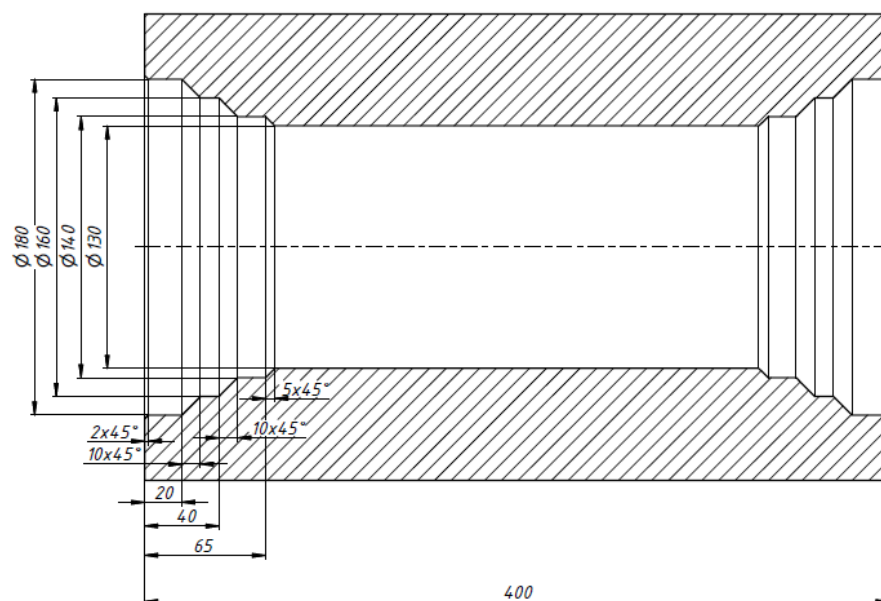


Рисунок 1.6 – Ескіз поверхні обробленої заготовки

1.2 Аналіз конструкції інструмента

Так як є необхідність в обробленні закритих поверхонь та при цьому необхідно витримати високу точність, було обрано модульну розточувальну головку. Для того, щоб вибрати більш підходящу конструкцію інструмента, потрібно провести аналіз вже існуючих моделей розточувальних головок за різними науково-технічними джерелами.

Модульна розточувальна головка компанії BGTB

Дана модульна розточувальна головка створена для оброблення закритих поверхонь та габаритних деталей. За рахунок модульної системи можна налаштувати потрібну довжину для оброблення. Для того, щоб контролювати даний інструмент потрібен спеціальний керуючий пристрій (рис.1.7) [2].

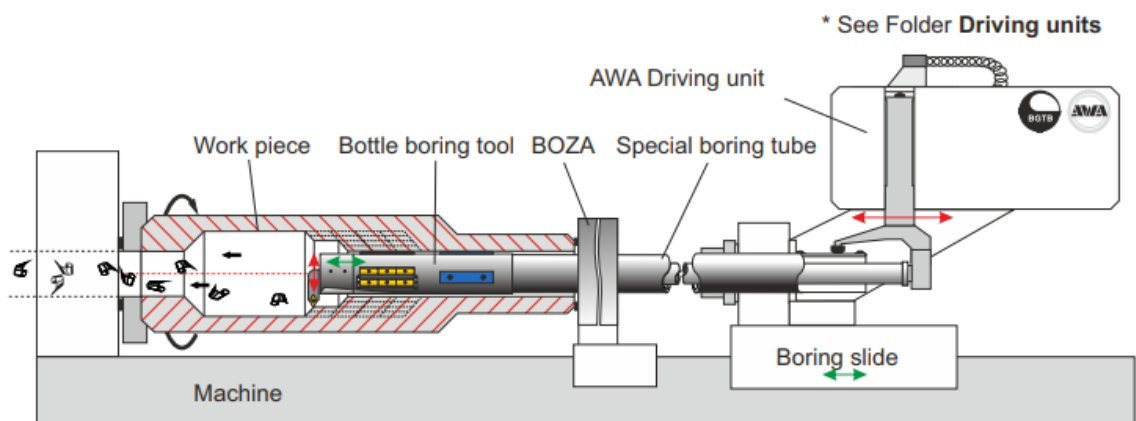


Рисунок 1.7 – Принцип роботи модульної розточувальної головки BGTB [2]

Розточувальна головка як модульна система [2]:

- Збірка наборів для збільшення дальності та різного внутрішнього діаметра залежно від конфігурації деталей
- Ідеальна точність в отворі за рахунок наборів розширювачів (рис.1.8)
- Проста заміна картриджа
- Гнучкість у використанні різних компонентів

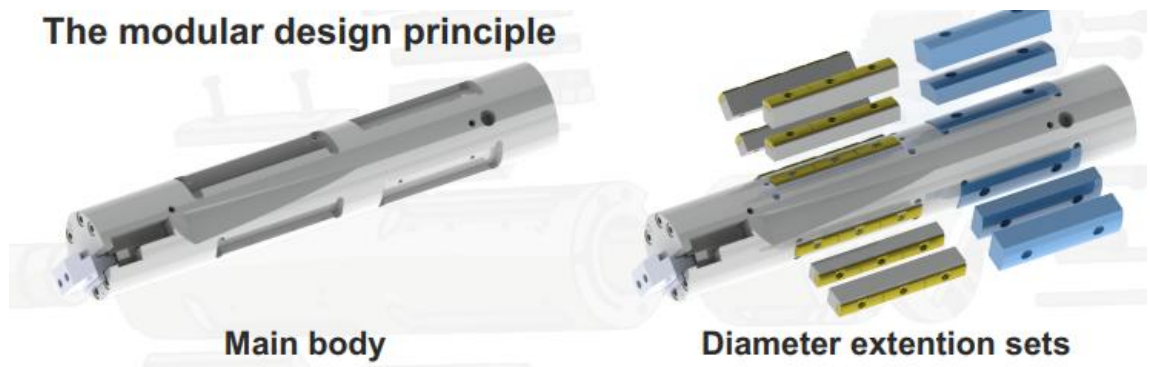


Рисунок 1.8 – Збір розточувальної головки BGTB [2]

Модульна розточувальна головка компанії ColonialTool

Компанія ColonialTool створила власну модульну розточувальну головку для оброблення отворів різних діаметрів, але при цьому даний інструмент не може обробляти габаритні деталі, так як модулі з яких він складається не дозволяють йому цього зробити (рис.1.9). Але також є модифікація даного інструменту для оброблення отворів блоку циліндрів двигуна (рис.1.10) [3].

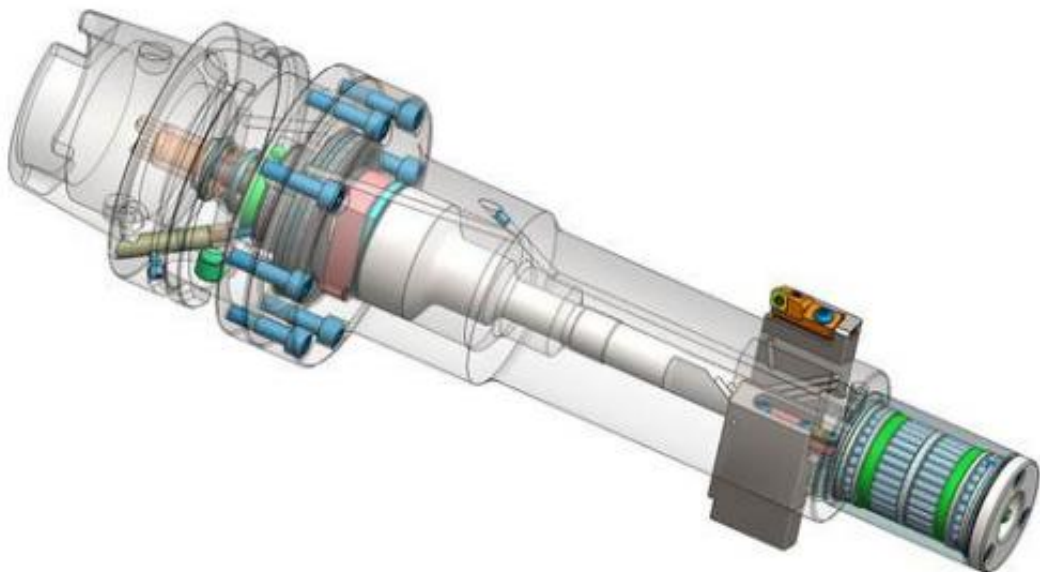


Рисунок 1.9 – Модульна розточувальна головка ColonialTool [3]

Особливості конструкції [3]:

- Змінні вставки для пластин
- Швидка зміна торцевої частини

- Сумісний з усіма циліндричними свердлильними верстатами
- Подача охолоджуючої рідини через шпиндель
- Жорстка конструкція

Переваги [3]:

- Висока швидкість різання
- Збільшення продуктивності
- Підвищення терміну служби інструменту
- Не потрібно заточувати інструмент
- Об'єднання операцій
- Скорочення часу на переналаштування



Рисунок 1.10 – Модульна розточувальна головка ColonialTool для оброблення блоку циліндрів двигуна [3]

Модульна розточувальна головка компанії Maral

Компанія Maral пропонує високопродуктивні модульні розточувальні головки (рис. 1.11). Даний інструмент може приводитись в роботу як штоком так і за допомогою тиску подачі ЗОР, швидкості шпинделя, відцентрової сили або контактної зупинки [4].

Також компанія Maral використовує власну розробку Maral Tooltronic для електронного керування інструментом [4].



Рисунок 1.11 – Модульна розточувальна головка компанії Maral [4]

Способи виведення супорта (рис. 1.12) [4]:

1. Виведення під тиском охолоджуючої рідини (рис. 1.13)

Тиск охолоджуючої рідини регулює активацію супорта або розташування вставок.

Швидкість подачі встановлюється вручну за допомогою регулюючого клапана.

Супорти або вставки повертаються під впливом внутрішньої пружини.

2. Вихід по принципу зупинку (рис. 1.14)

При цьому принципі контактна муфта контактує з пристосуванням або заготовкою. Як наслідок адаптер інструменту створює тиск в інструменті і приводиться в дію затвор.

Швидкість подачі визначається швидкістю осі верстату.

Супорт повертається в початкове положення внутрішньою пружиною.

3. Вихід через вісь U верстата (рис. 1.15)

Супорт активується по осі U верстата.

Швидкість подачі встановлюється за допомогою осі U. Як правило, ця вісь є поворотною і повністю функціональною віссю ЧПК.

4. Вихід за допомогою стержня (рис. 1.16)

У спеціальному верстаті стержень може бути використаний для приведення в рух супорта або розміщення вставок.

Подача встановлюється за рахунок осі U. Ця вісь також забезпечує повернення в початкове положення (контрольоване системою ЧПК).

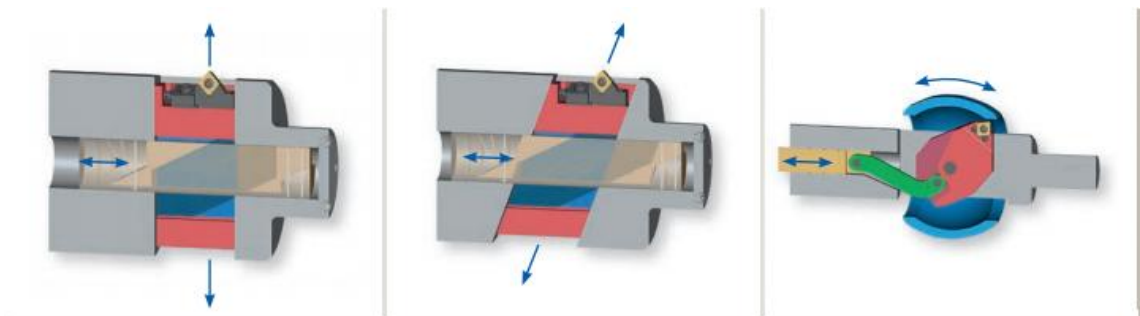


Рисунок 1.12 – Типи виведення супорта [4]

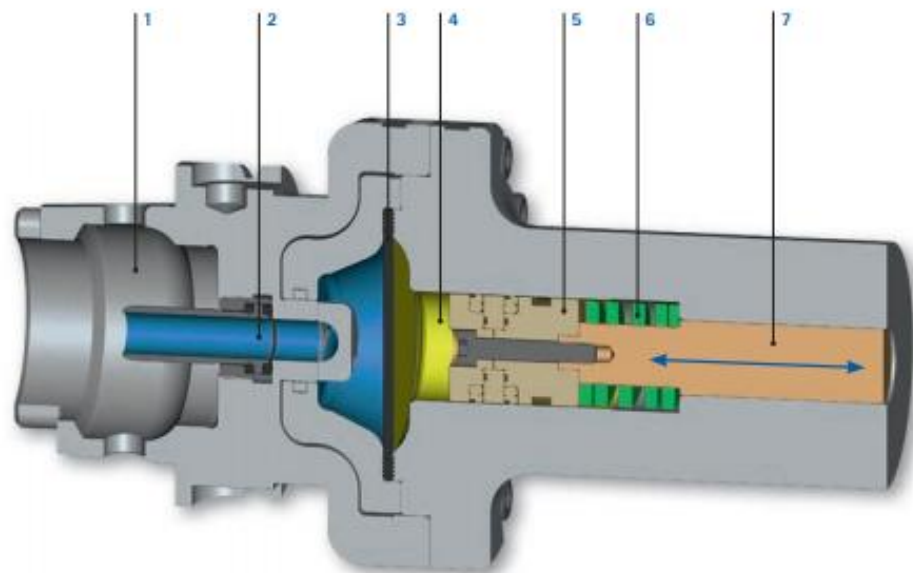


Рисунок 1.13 – Конструкція виходу супорта за рахунок тиску рідини [4]:

1 - Шпиндель; 2 - Подача охолоджуючої рідини; 3 - Діафрагма; 4- Масляний резервуар; 5 - Поршень; 6 - Пружина; 7 - Стержень для руху.

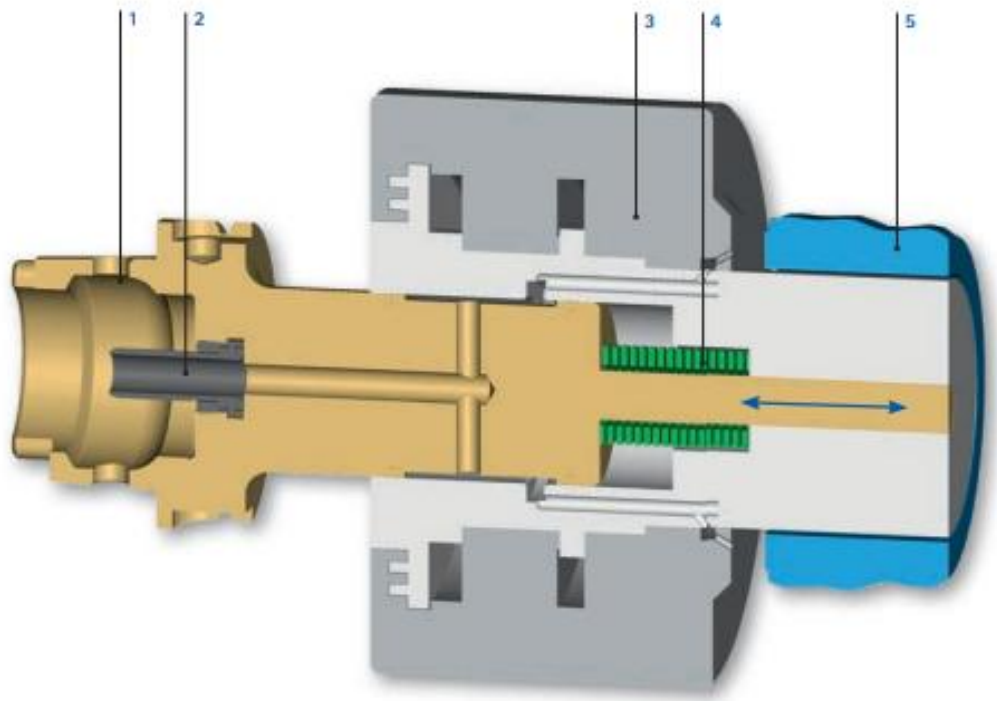


Рисунок 1.14 – Конструкція виходу по принципу зупинки [4]:

1 - Шпиндель; 2 - Подача охолоджуючої рідини; 3 - Контактна муфта; 4 - Пружина;
5 - Кріплення.

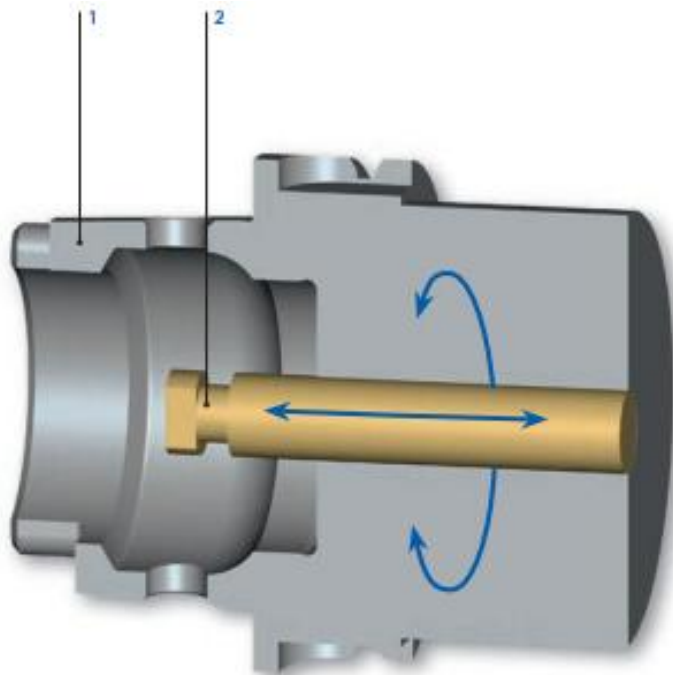


Рисунок 1.15 – Конструкція виходу супорта через вісь U верстата [4]:

1 - Шпиндель; 2 - Лінійна або обертова операція по осі U.

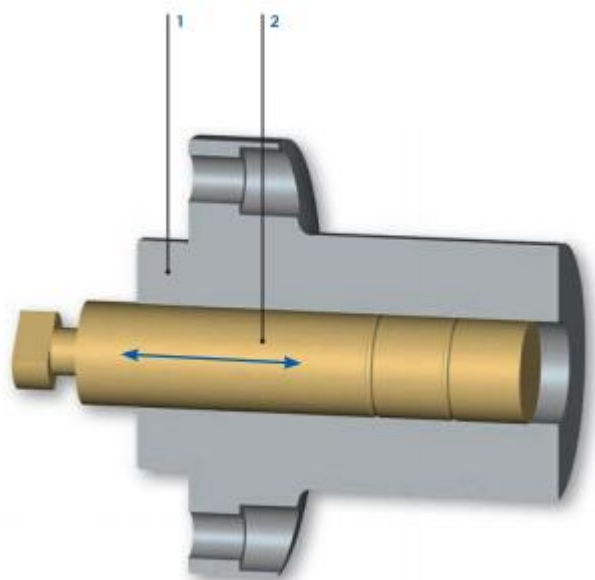


Рисунок 1.16 – Конструкція виходу супорта за допомогою стержня [4]:

1 - Модуль; 2 - Стержень.

За результатами дослідження було обрано конструкцію виходу супорта за допомогою стержня, в якому буде отвір для подачі ЗОР та для виведення супорта було обрано вертикальну конструкцію.

Модульна розточувальна головка компанії Cogsdill



Рисунок 1.17 – Модульна розточувальна головка компанії Cogsdill [5]

Модульні розточувальні інструменти ZX (MBT) забезпечують універсальність та економічність при обробці отворів, отворів з різних сторін, конусів, різьблення та складних контурів всередині деталей у широкому діапазоні діаметрів. Ці інструменти пропонують найвищі доступні швидкості різання та швидкості видалення матеріалу.

Модульна розточувальна головка доступна у версіях з одним супортом (MBT-S) та двома супортами (MBT-T). Всі інструменти MBT мають коефіцієнт переміщення до поперечного виносу 2:1 для зручності програмування.

Унікальна модульна конструкція робить регулювання довжини та конфігурації не тільки швидким та простим, але й економічно вигідним. Лінійку MBT можна легко модифікувати для розточування сидла вентиля, складних контурів або інших елементів з розширеним охопленням з додаванням подовжувачів та направляючих опор - додаючи їм універсальності та пристосованості, одночасно позбавляючи потреби в додаткових інструментах. Завдяки довгому ходу інструменту, який доповнюється використанням різних картриджів, вони можуть охоплювати ще більший діапазон діаметрів - немає необхідності міняти супорт інструменту або знімати головку з верстата. Інструменти можуть виконувати універсальні розточувальні роботи вперед і назад для оброблення, внутрішніх канавок, торців та складних контурів. Ступінчасті та конічні отвори обробляються без зміни інструменту, забезпечуючи високу співвісність.

Особливості інструмента:

1) Інструменти з двома різальними елементами забезпечують збалансовані сили різання для високих подач і швидкостей, а також високої швидкості зняття матеріалу;

2) Внутрішня подача ЗОР через інструмент входить в стандартну комплектацію;

3) Повністю закритий виконавчий механізм, стружка не зможе потрапити в середину;

4) Внутрішній жорсткий передній упор та функція захисту від крутного моменту захищають інструмент у випадку збою.

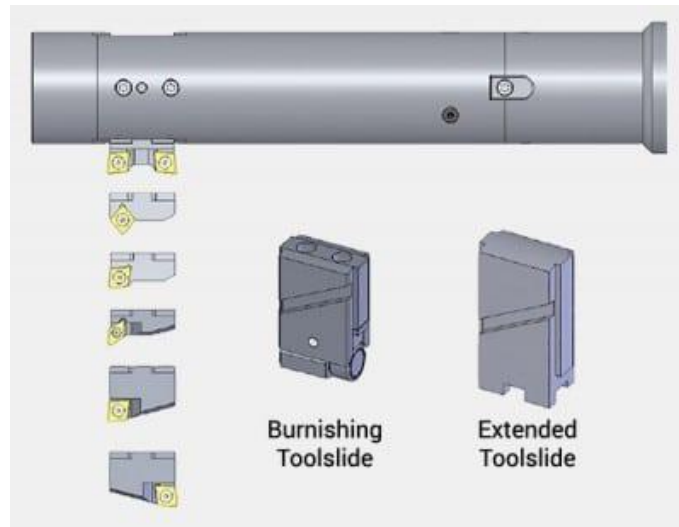


Рисунок 1.18 – Вставні картриджі і направляючі [5]

Широкий діапазон розмірів:

Кожен інструмент має довгий хід супорта, який доповнюється використанням різних картриджів та направляючих для перекриття найбільш широкого діапазону діаметрів. Не потрібно міняти супорта інструментів або знімати головку з верстата.

Інші спеціальні конструкції картриджів також доступні, наприклад, супорт для шліфування.



Рисунок 1.19 – Модифікація модульної розточувальної головки Gogsdill для обробки сідла вентиля [6]

Спеціально адаптовані модульні розточувальні головки обладнані керованою опорою інструмента для використання при обробці клапанів та інших областях використання із збільшеним радіусом дії [6].

Розширені та підтримувані модульні розточувальні головки з довгим вильотом також мають назву Valve Seat Pocket Tool, призначені для обробки порожнин або різних геометричних форм всередині глибоких отворів(рис.1.20). Valve seat pocket tool оснащений направляючим валом, встановленим на торці кришки, який подається всередину направляючої цанги, встановленої всередині отвору для точної підтримки під час обробки.

Valve seat pocket tool мають достатній хід та міцність для грубої обробки порожнини seat pocket із попередньо плакованого матеріалу і використовуючи той самий інструмент для фінішної обробки кармана з інконеля після плакування. Неплаковані кармани також можна обробляти.

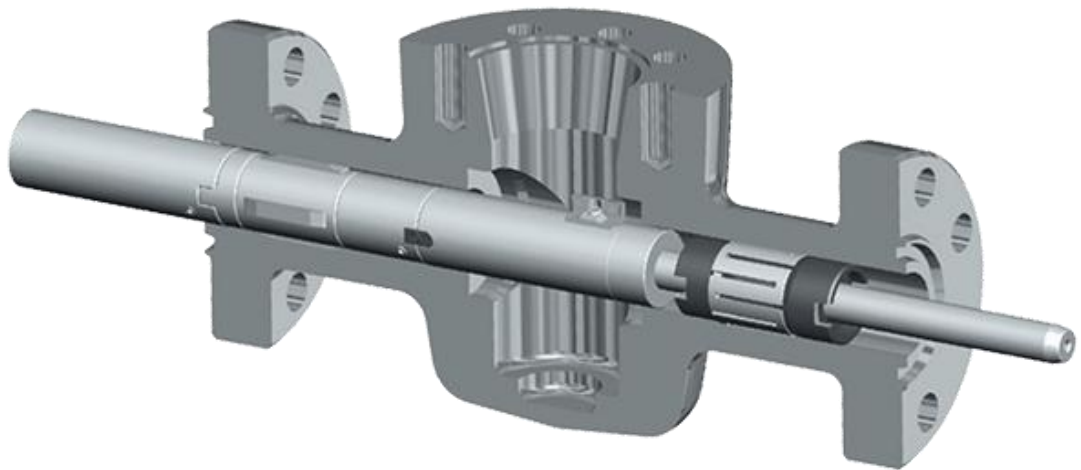


Рисунок 1.20 – Valve seat pocket tool [6]

Модифікація Bottle Boring Tool [6]

Bottle Boring - це процес також відомий як внутрішнє профілювання або розточування камери, являє собою спеціальну операцію різання при якій розточувальна головка розширюється або стискається всередині існуючого отвору для створення контура всередині заготовки. Це дозволяє обробляти складні внутрішні форми, складні переходи отворів та піднутрення, що знижує загальну вагу критично важливих компонентів без порушення цілісності

поверхні. Ці елементи зазвичай дуже великі або дуже складні для односточкових розточних оправок. Внутрішній профіль отвору всередині деталі більший, ніж діаметр входу чи виходу, тому елементи ЧПК потрібні для координації декількох осей одночасно для створення бажаних профілів.

Модульна розточувальна головка підтримується направляючою опорою (рис. 1.21), що використовує або обертовий направляючий вузол з ущільнюючим кільцем, створеним для запобігання попадання ЗОР або стружки в корпус інструмента або за допомогою зносостійких накладок із карбіда, обидва види забезпечують роботу без вібрації з чудовою якістю обробки поверхні. Ці колодки/ пілоти призначені для мінімального зносу при цьому не руйнують основний матеріал деталі.



Рисунок 1.21 – Обробка сидла вентиля [6]

Видалення стружки являє собою складну задачу при розточуванні камер. При обробці наскрізного отвору стружку можна просто вимити з отвору шпинделем заготовки через систему подачі ЗОР. Однак в разі глухих отворів і особливо при механічній обробці таких матеріалів, як сплави на основі нікелю або титану, стружку необхідно руйнувати за допомогою ЗОР під високим тиском безпосередньо на пластині і через відповідні канали.

Розточувальні інструменти Cogsdill призначені для використання пластин ISO всередині картриджів або безпосередньо в направляючих для інструментів. Таким чином, в залежності від оброблюваних матеріалів можна гнучко використовувати новітні технології і марки пластин.

Модульні розточувальні головки зазвичай використовуються на верстатах НВМ, де компоненти занадто великі для обробки на токарному верстаті, однак ці інструменти також можуть бути адаптовані для верстатів глибокого

свердління, токарно-фрезерних верстатів і горизонтальних і вертикальних токарних верстатів для обробки внутрішніх порожнин зі збільшеним радіусом дії та отворів складної форми включаючи чорнові і чистові операції за один установ.

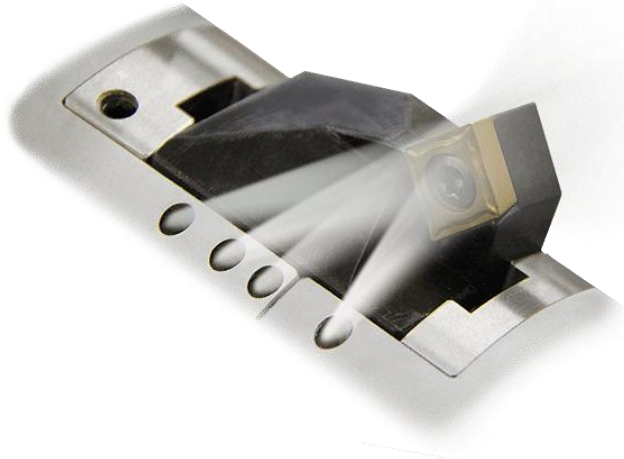


Рисунок 1.22 – Подача ЗОР на пластину [5]

Модульний дизайн та конструкція: дозволяє швидко і легко регулювати довжину і конфігурацію, значно підвищуючи універсальність інструменту (рис. 1.23).

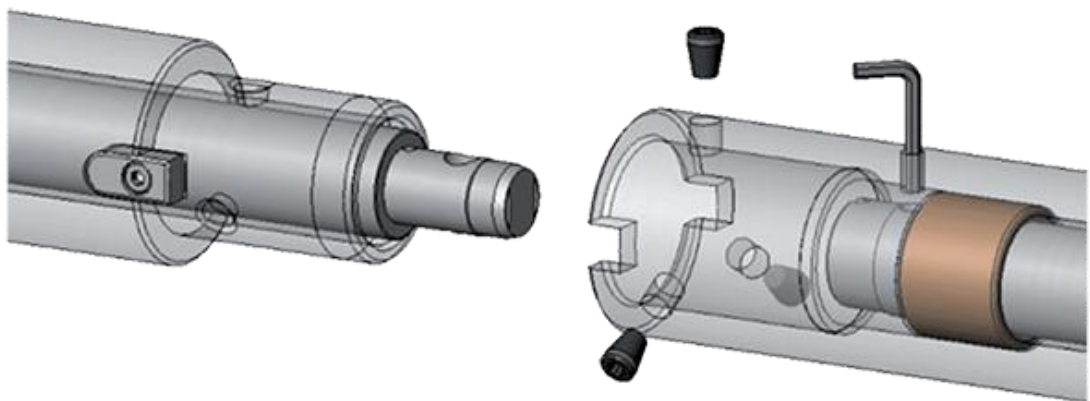


Рисунок 1.23 – З'єднання модулів[5]

Деякі розміри можуть бути перетворені для обробки зі збільшеним радіусом дії за рахунок пілотної підтримки.

Висновок

Проаналізувавши різні варіанти інструментів для оброблення закритих поверхонь або поверхонь, які звичайним інструментом обробляються за два установи - було прийнято обрати конструкцію модульної розточувальної головки по типу компанії Cogsdill. Для виконання всіх вимог до оброблення даних поверхонь та враховуючи параметри обладнання - потрібно використовувати інструментальний конус Haimer SK50, виконання 2, з внутрішньою подачою ЗОР [10]. Також для якісного оброблення потрібно замінити геометричні параметри різального елемента, враховуючи оброблюваний матеріал - передній кут на 15° та задній кут на 7° [12].

Отримана конструкція сприяє підвищенню продуктивності та якості оброблення поверхонь з допуском по 7-му квалітету [5].

За рахунок модульної системи інструмента можна обробляти різні поверхні, при цьому все що необхідно - це замінити декілька модулів, що робить інструмент більш універсальним ніж аналоги [5].

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ АДАПТИВНОЇ МОДУЛЬНОЇ РОЗТОЧУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ

2.1 Матеріал різальної частини

Матеріалом різальної частини було обрано твердий сплав Т14К8. Даний матеріал було обрано із урахуванням того, що він використовується в таких процесах металообробки як [7]:

- Чорнове точіння при неперервному перерізі і безперервному різанні
- Напівчистове точіння при безперервному різанні
- Чистове точіння при перервному різанні
- Нарізування різьби обертливими головками та токарними різцями
- Напівчистове та чистове фрезерування суцільних поверхонь
- Розточування, розсвердлювання та розгортання при обробці вуглецевих

і легованих сталей

- Чистове зенкерування

Твердий сплав Т14К8 відноситься до групи титановольфрамкобальтових твердих сплавів (ТК) які мають в своєму складі:

- Кобальт (Сo) - не перевищує 8%
- Карбід титану (ТiС) - не перевищує 14%
- Карбід вольфраму (WС) - не перевищує 78%

Фізико - механічні властивості твердого сплаву Т14К8 [8]:

- Поріг міцності при згині - $\sigma \geq 1274$ МПа
- Щільність - $\rho = 11,2 - 11,6$ г/см³
- Твердість - $HRA \geq 89,5$
- Теплопровідність - $\lambda = 16,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$
- Модуль Юнга - $E = 520$ ГПа

Використовують також аналоги за кордоном [8]:

- Німеччина - HS123, HS410, HS420, HT02, HT03, HV510;

- Швеція - MC121;
- Угорщина - DA20;
- Польща - S20, S20S;
- Чехія - S2, S20, S20CN, S20CNA.

2.2 Характеристики різальної пластини

Різальна пластинка складається з таких елементів [11]:

- Передня поверхня - являє собою поверхню яка контактує з зрізаним шаром та по якій сходить стружка

- Задня поверхня - поверхня яка контактує з поверхнею заготовки

Поверхні діляться на [11]:

- Головна - контактує з поверхнею різання
- Допоміжна - контактує з вже обробленою поверхнею заготовки

При перетині передніх і задніх поверхонь утворюються різальні кромки, які в залежності від ступеню участі в процесі різання бувають головними і допоміжними. Різальна кромка, що здійснює основну роботу різання називається головною. Інші кромки, що зачищають поверхню деталі, називаються допоміжними [11].

Точка перетину допоміжних та головних різальних кромок називається вершиною [11].

Форма та кути різальної пластини

Обирати твердосплавну пластину потрібно з врахуванням наступних факторів [12]:

- Матеріал заготовки, яку необхідно обробити
- Вид обробки: чорнова, напівчистова, чистова або фінішна
- Розмір, радіус та клас точності пластини
- Форма і марка пластини

Від вибору кутів пластини будуть залежати [11]:

- Сила різання
- Потужність верстата

- Якість поверхні оброблення

Якщо кути будуть обрані правильно, то сама пластина буде більш довговічною та зможе працювати в більш важких умовах [11].

Повна геометрія різця характеризується такими головними та допоміжними кутами [11]:

Головні кути

- α - задній кут
- β - кут загострення
- γ - передній кут

Допоміжні кути

- α_1 - допоміжний задній кут
- φ - головний кут в плані
- φ_1 - допоміжний кут в плані
- ε - кут при вершині

Для даної твердосплавної різальної пластини було обрано такі кути (рис.2.1) [20]:

- $\alpha = 7^\circ$
- $\gamma = 15^\circ$
- $\varepsilon = 80^\circ$

Дана пластина виконана з зносостійким покриттям за методом PVD (Physical Vapor Deposition).

Маркування пластини - CCMG 16 06 08-PR 4425 [20].

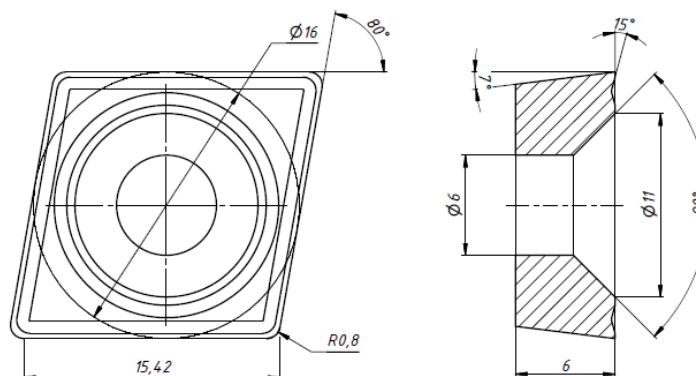


Рисунок 2.1 – Твердосплавна пластина [20]

2.3 Конструкція різальної частини

Різальна частина модульної різальної головки складається з супорта, картриджа та пластини, або пластин в залежності від конфігурації різальної частини.

Весь механізм приводиться в рух за рахунок вала, який керується координатою W на верстаті НВМ (Horizontal Boring Mill).

При переміщенні координати W приводиться в рух вал, який в свою чергу приводить в рух супорт, на якому є паз, з яким вони поєднані.

Розрахуємо максимальну висоту на яку може вийти супорт:

$$l = 54 \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 32 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Отже, максимальний діаметр обробки:

$$L = 125 + 64 = 189 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Супорт підіймається вгору по рельсах, тим самим змінюється діаметр різання.



Рисунок 2.2 – Супорт

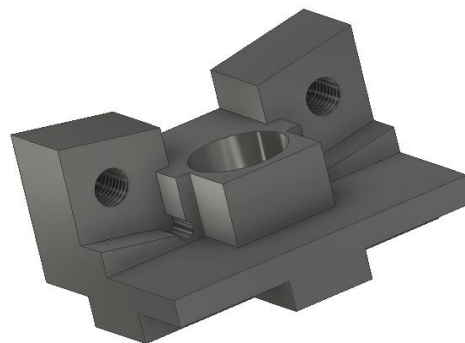


Рисунок 2.3 – Картридж



Рисунок 2.4 – Привід

Дана конструкція досить зручна, так як можна легко змінювати картриджі та супорта для тієї чи іншої обробки. Також можна замінювати на супорт для шліфування, тим самим пришвидшуючи процес обробки і не потрібно переналаштовувати на процес шліфування.

2.4 Конструкція хвостовика

Найбільш поширеним інструментальним конусом є конус 7:24. Використовується для верстатів з ЧПК з автоматичною зміною інструмента. ISO-конуси 7:24 виготовляються за міжнародним стандартом ISO 7388. Для даного інструмента обрано німецький варіант конуса типу SK.

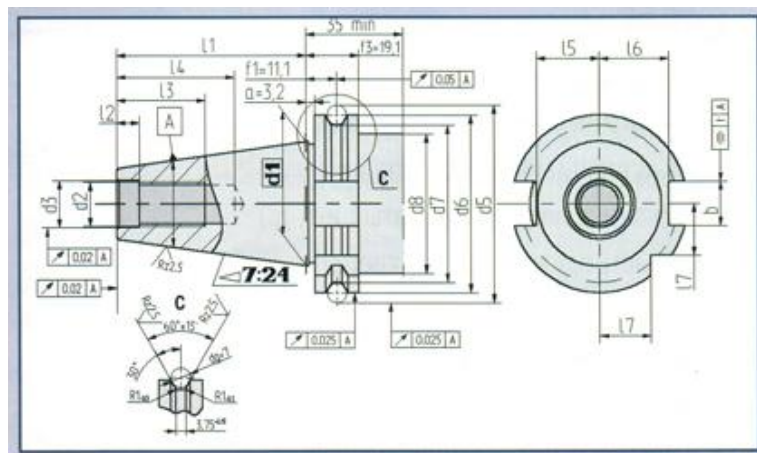


Рисунок 2.5 – Інструментальний конус Haimer SK50, виконання 2, з внутрішньою подачою ЗОР [9]

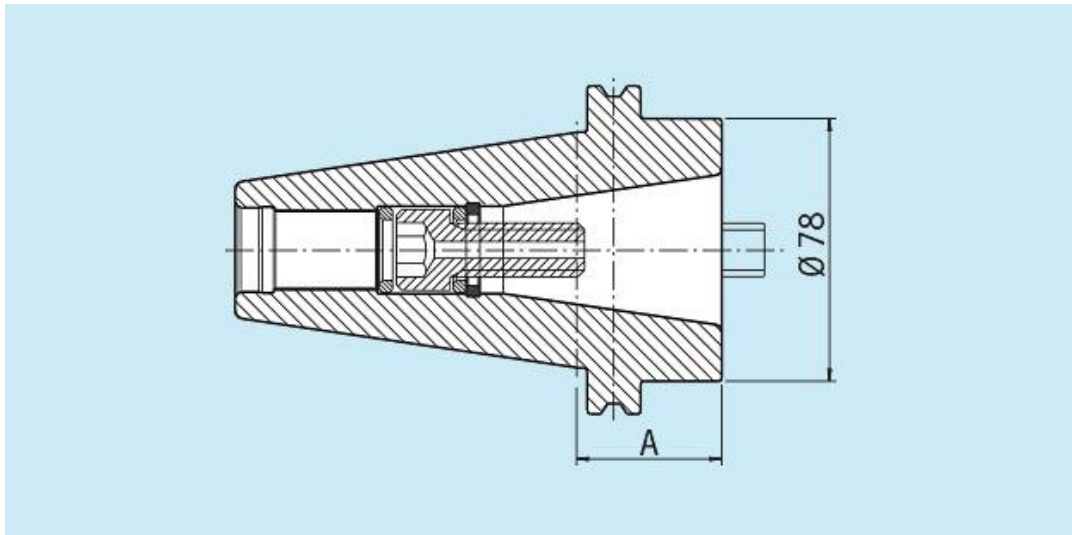


Рисунок 2.6 – Інструментальний конус SK50 в розрізі [10]

Даний варіант було обрано, так як в інструментальному конусі Haimer SK50 є можливість підводу ЗОР.

2.5 Етапи побудови 3D- моделі інструмента

Для того, щоб отримати 3D модель модульної розточувальної головки можна використовувати різні CAD програми та різні способи створення елементів.

Щоб спростити процес проектування моделі інструмента будуть використовуватись основні та базові процес 3D моделювання.

В даному випадку буде використовуватись програмне забезпечення Autodesk Inventor.

Процес побудови 3D моделі модульної розточувальної головки буде складатись з таких етапів:

- Створення корпусу
- Створення модулю робочої частини
- Створення кришки
- Створення конуса ISO SK50
- Створення робочого валу зі скосом
- Створення валу подачі

- Створення рельси модуля робочої частини
- Створення рельси кришки
- Створення супорта
- Створення картриджа
- Створення пластини
- Створення вставки для подачі ЗОР
- Створення зажимних пластин
- Створення кріпильних штифтів

Процес побудови корпусу

1. Створюємо ескіз корпусу та обертаємо навколо осі
2. Створюємо ескіз отворів під штифт та робимо отвори
3. Створюємо площину на діаметрі 125 мм, на якій створюємо ескіз пазу під зажимну пластину та видавлюємо
4. Створюємо отвір на дні паза
5. Створюємо різьбу на отворі
6. Відзеркалюємо паз та отвір з різьбою
7. Створюємо площину на діаметрі 100 мм, на якій створюємо отвір з різьбою
8. Робимо круговий масив 3х отворів
9. На площині п.7, створюємо ще один отвір з різьбою для з'єднання валів



Рисунок 2.7 – 3D модель корпусу

Процес побудови модулю робочої частини

1. Створюємо ескіз поверхні модуля та обертаємо навколо осі
2. Створюємо ескіз пазу на поверхні та видавлюємо на всю довжину
3. Створюємо ескіз отворів для кріплення кришки та робимо різьбові отвори
4. Створюємо ескіз отворів для кріплення рельси та робимо різьбові отвори
5. Створюємо площину на поверхні, на якій створюємо ескіз паза для прижимних пластин та видавлюємо
6. Відзекркалюємо паз
7. Створюємо площину на поверхні, на якій створюємо ескіз отвору, створюємо різьбовий отвір
8. Робимо круговий масив з 3х отворів
9. На площині п.7 створюємо ще один отвір для з'єднання валів

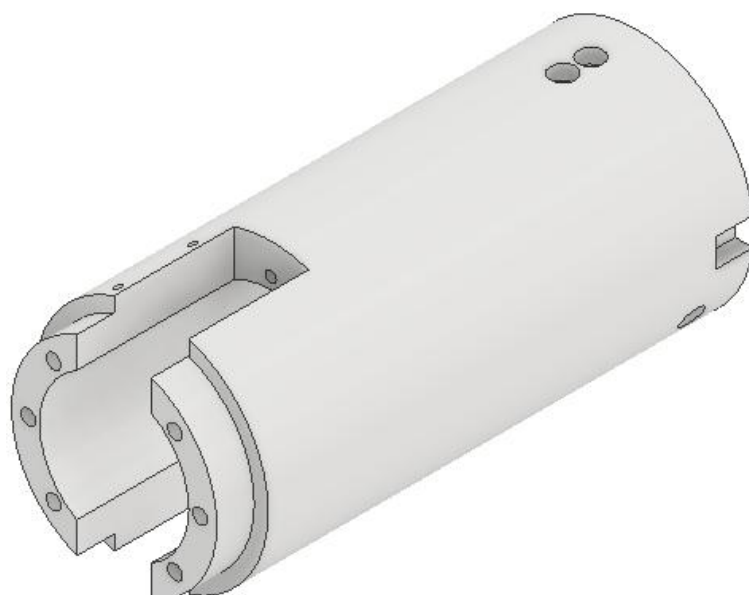


Рисунок 2.8 – 3D модель модуля робочої частини

Процес побудови кришки

1. Створюємо ескіз кришки та обертаємо навколо осі
2. Створюємо площину на поверхні кришки, на якій створюємо паз та видавлюємо на всю довжину
3. Створюємо ескіз на торці кришки, створюємо отвори по ескізу
4. З внутрішньої сторони створюємо 2 різьбових отвори під кріплення рельси

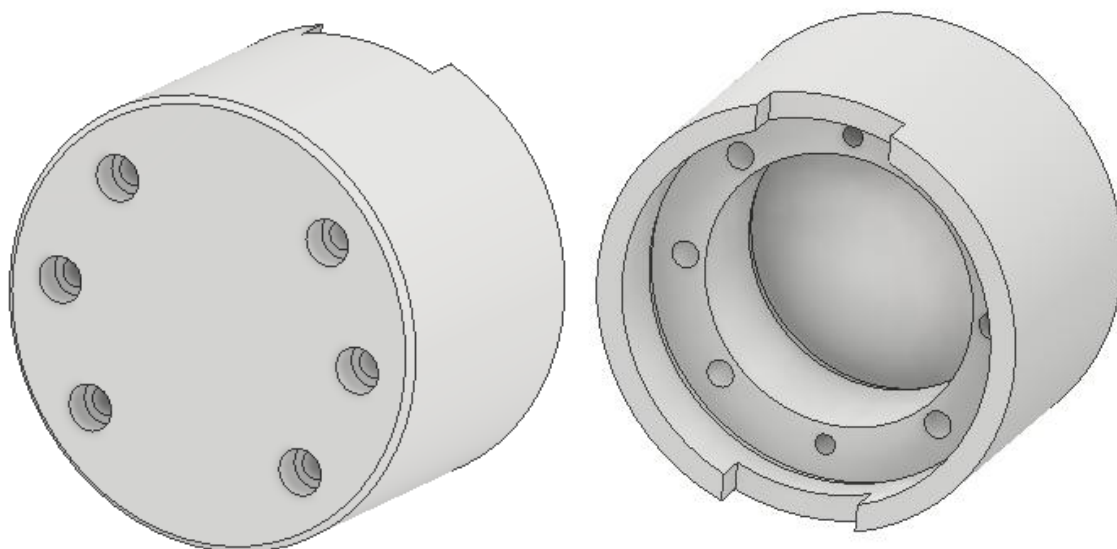


Рисунок 2.9 – 3D модель кришки

Створення конуса ISO SK50

1. Створюємо ескіз конуса та обертаємо навколо осі
2. Створюємо паз та видавлюємо
3. Відзеркалюємо паз



Рисунок 2.10 – 3D модель конуса ISO SK50

Створення вала зі скосом

1. Створюємо ескіз вала та обертаємо навколо осі
2. Створюємо ескіз на торці більшого діаметра та видавлюємо
3. На видавленому елементі створюємо ескіз скосу та видавлюємо
4. Створюємо площину на поверхні меншого діаметру, на якому створюємо ескіз отвору та створюємо різьбовий отвір на всю довжину

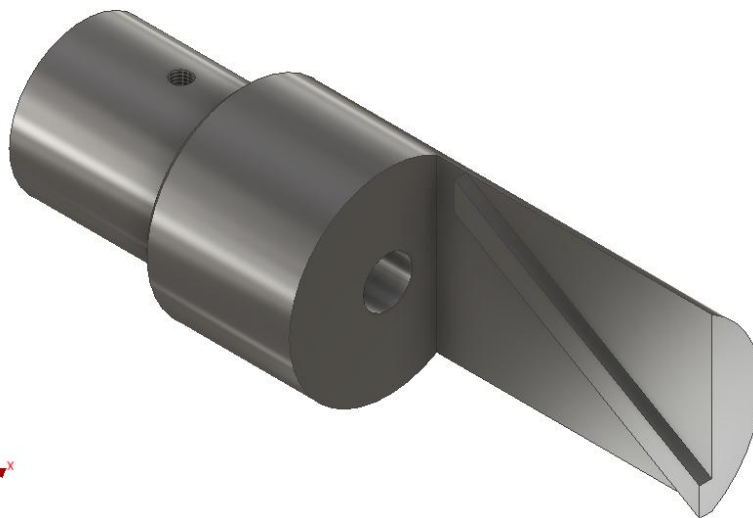


Рисунок 2.11 – 3D модель вала

Створення валу подачі

1. Створюємо ескіз валу та обертаємо навколо осі
2. На меншому діаметрі створюємо площину, на якій створюємо ескіз отвору та створюємо різьбовий отвір



Рисунок 2.12 – 3D модель валу

Створення рельси модуля

1. Створюємо ескіз рельси та видавлюємо
2. На поверхні створюємо ескіз паза для супорта та видавлюємо
3. На поверхні створюємо ескіз паза для руху валу та видавлюємо
4. На задній поверхні створюємо ескіз циліндра з отвором та видавлюємо його
5. Створюємо 2 отвори для подачі ЗОР
6. На поверхні паза створюємо ескіз отвору та створюємо 2 отвори

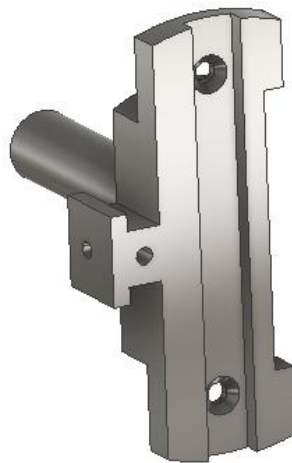


Рисунок 2.13 – 3D модель рельси

Створення рельси кришки

1. Створюємо ескіз рельси та видавлюємо
2. На поверхні створюємо ескіз паза для супорта та видавлюємо
3. На поверхні створюємо ескіз паза для руху вала та видавлюємо
4. На поверхні паза створюємо ескіз отвору та створюємо 2 отвори

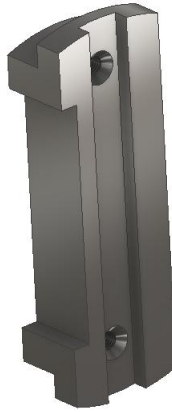


Рисунок 2.14 – 3D модель рельси

Створення супорта

1. Створюємо ескіз та видавлюємо
2. Створюємо ескіз виступа на вузькій бічній стороні та видавлюємо
3. Відзеркалюємо виступ
4. Створюємо ескіз паза на торці та видавлюємо
5. Створюємо ескіз отвору на торці та робимо різьбовий отвір
6. Створюємо ескіз паза на ширшій бічній стороні та видавлюємо
7. Створюємо фаски на нижньому торці

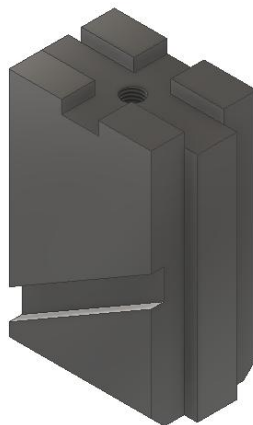


Рисунок 2.15 – 3D модель супорта

Створення картриджа

1. Створюємо ескіз поверхні та видавлюємо
2. На торці створюємо ескіз виступа та видавлюємо
3. На бічній стороні створюємо ескіз 2ох пазів під майбутні пластини
4. На пазі створюємо ескіз отвору під пластину та видавлюємо його
5. Відзеркалюємо отвір
6. На верхньому торці створюємо ескіз скосу та видавлюємо
7. На верхньому торці створюємо ескіз площини для посадки гвинта та видавлюємо
8. На площині створюємо ескіз отвору та робимо різьбовий отвір на всю довжину

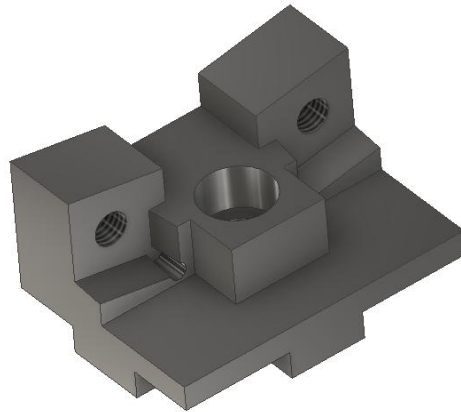


Рисунок 2.16 – 3D модель картриджа

Створення пластини

1. Створюємо ескіз пластини та видавлюємо його
2. Створюємо ескіз стружколомних канавок та видавлюємо
3. Створюємо отвір

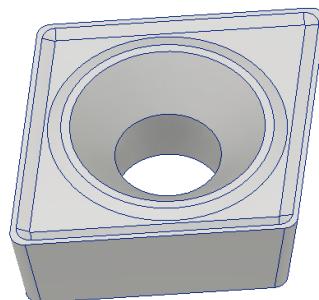


Рисунок 2.17 – 3D модель пластини

Створення вставки для подачі ЗОР

1. Створюємо ескіз вставки та видавлюємо
2. Створюємо ескіз паза та видавлюємо
3. Створюємо центральний отвір
4. Створюємо 2 отвори на поверхні



Рисунок 2.18 – Вставка для подачі ЗОР

Створення зажимних пластинок

1. Створюємо ескіз пластинки та видавлюємо
2. Створюємо ескіз отвору та робимо різьбовий отвір

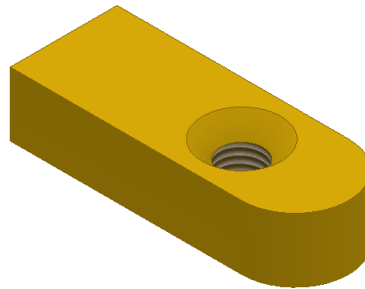


Рисунок 2.19 – 3D модель пластинки

Створення кріпильного штифта

- 1 Створюємо ескіз та видавлюємо
- 2 Створюємо ескіз напівкола на циліндрі та видавлюємо

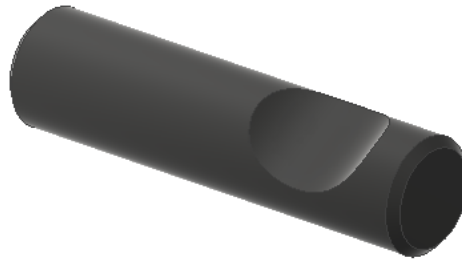


Рисунок 2.20 – 3D модель штифта

2.6 Складання адаптивної модульної розточувальної головки

Для того щоб створити схему складання адаптивної модульної розточувальної головки використаємо CAD забезпечення Autodesk Inventor та перейдемо в вкладку «Схема».

Схема складання зображена на рис. 2.21.

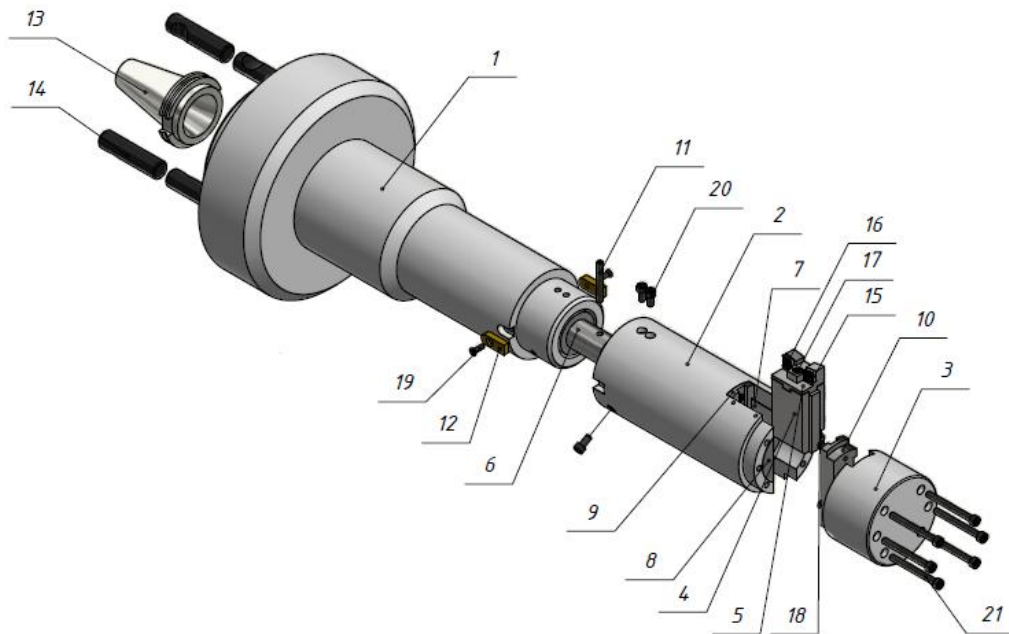


Рисунок 2.21 – Схема складання адаптивної модульної розточувальної
ГОЛОВКИ

1 – Корпус; 2 – Модуль робочої частини; 3 – Кришка; 4 – Супорт; 5 – Картридж; 6 – Вал подачі; 7 – Вал робочий; 8 – Вставка для ЗОР; 9 – Рельса модуля; 10 – Рельса кришки; 11 – Гвинт М8; 12 – Пластина базуюча; 13 – Інструментальний конус SK50; 14 – Штифт; 15 – Пластина CCMG 16 06 08-PR 4425; 16 – Гвинт М6x14; 17 – Гвинт М8x30; 18 – Гвинт М8x30; 19 – Гвинт М6x18; 20 – Гвинт М8x16; 21 – Гвинт М8x80.

2.7 Створення креслень

Після того як були створені 3D-моделі стало можливе створення робочого креслення деталей та складального креслення інструмента. Для виконання креслень застосовано CAD забезпечення Autodesk Inventor.

Так як в даному програмному забезпеченні було створено моделі, все що залишається це перейти в вкладку "Креслення з деталі/збірки" та вставити види з 3D-моделей раніше зпроектованих деталей та оформити за стандартами.

Складальне креслення зображено на рис. 2.22.

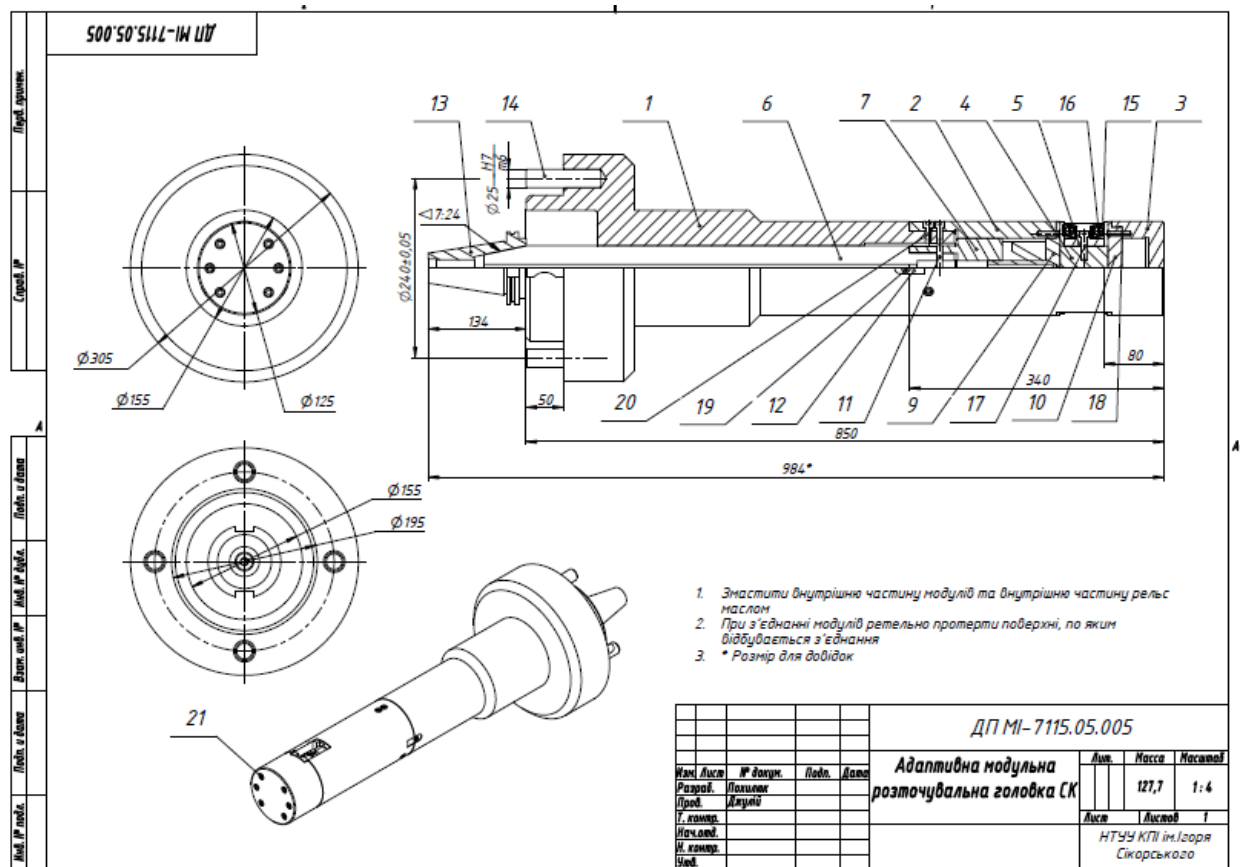


Рисунок 2.22 – Складальне креслення

3 СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АДАПТИВНОЇ МОДУЛЬНОЇ РОЗТОЧУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ

3.1 Вибір заготовки для виготовлення корпусу

Для виготовлення корпусу модульної розточувальної головки буде використовуватись Сталь 40Х діаметром 310 мм довжиною 1000 мм згідно ДСТУ 7806-2015.

Марка Сталь 40х відноситься до конструкційних легованих сталей.

Конструкційну леговану сталь марки 40Х використовують при виробництві деталей підвищеної міцності так як однією з головних характеристик цього металу є твердість, тобто здатність створювати опір більш твердим матеріалам [13].

Склад сталі 40Х відповідно до ДСТУ 7806-2015:

- С (вуглець) - 0,36-0,44%;
- Si (силіцій) - 0,17-0,37%;
- Mn (манган) - 0,5-0,8%
- Ni (нікель) - $\leq 0,3\%$;
- Cr (хром) - 0,8-1,1%;
- Cu (купрум) - $\leq 0,3\%$;
- P (фосфор) - $\leq 0,035\%$;
- S (сульфур) - $\leq 0,035\%$;

Також як аналоги можна використовувати такі сталі як [13]:

- Сталь 45Х;
- Сталь 38ХА;
- Сталь 40ХН;
- Сталь 40ХС;

Якщо брати закордонні матеріали, то існують такі аналоги [13]:

- США - 5135,5140,5140Н,5140RH,G51350,G51400,Н51350,Н51400;

- Японія - SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H;
- Євросоюз - 37Cr4, 37Cr4KD, 41Cr4, 41Cr4KD, 41CrS4;
- Китай - 35Cr, 38CrA, 40Cr, 40CrA, 40CrH, 45Cr, 45CrH, ML38CrA, ML40Cr;

- Швеція - 2245;
- Польща - 38HA, 40H;
- Румунія - 40Cr10, 40Cr10q;
- Чехія - 14140;
- Австралія - 5132H, 5140;

3.2 Базовий технологічний процес

Були розроблені технологічні процеси для виготовлення: корпусу, модуля, кришки, супорта.

Таблиця 3.1 - Технологія виготовлення корпусу

005	Заготівельна операція Відрізати заготовку
010	Багатоцільова операція Підрізати торець, розточити отвір, точити поверхню, фрезерувати паз, свердлити отвори
015	Токарна операція Підрізати торець, розточити отвір, точити поверхню, свердлити 4 отвори, розвернути 4 отвори та зенкувати
020	Термічна операція
025	Круглошліфувальна операція
030	Внутрішньошліфувальна операція
035	Поновлення різьби
040	Маркувати

Таблиця 3.2 - Технологія виготовлення модуля

005	Заготівельна операція Відрізати заготовку
010	Багатоцільова операція

	Підрізати торець, розточити отвір, точити поверхню, фрезерувати 2 паза, свердли 6 отворів та нарізати різьбу М8, свердли 2 отвори та нарізати різьбу М6, свердли 2 отвори діаметром 4 мм
015	Багатоцільова операція Розточити отвір, точити поверхню, фрезерувати 2 паза, свердли 4 отвори, розфрезерувати 4 отвори, нарізати різьбу М8
020	Термічна операція
025	Круглошліфувальна операція
030	Внутрішньошліфувальна операція
035	Поновлення різьби
040	Маркувати

Таблиця 3.3 - Технологія виготовлення кришки

005	Заготівельна операція Відрізати заготовку
010	Багатоцільова операція Підрізати торець, розточити отвір, виточити канавки, точити поверхню, просвердли 2 отвори, нарізати різьбу, фрезерувати 2 паза
015	Багатоцільова операція Підрізати торець, точити поверхню, просвердли 6 отворів, розфрезерувати 3 отвори
020	Термічна операція
025	Круглошліфувальна операція
030	Внутрішньошліфувальна
035	Поновлення різьби
040	Маркувати

Таблиця 3.4 - Технологія виготовлення супорта


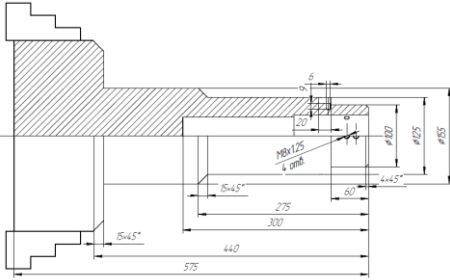
005	Заготівельна операція Відрізати заготовку
010	Фрезерна операція Фрезеруємо заготовку по площинах в розмір
015	Фрезерна операція

	Фрезеруємо виступ з однієї сторони та фрезеруємо 2і фаски
020	Фрезерна операція Фрезеруємо виступ з іншої сторони
025	Фрезерна операція Фрезеруємо паз
030	Фрезерна операція Фрезеруємо пази на торці, свердлимо отвір, нарізаємо різьбу
035	Термічна операція
040	Шліфувальна операція Шліфуємо паз та виступи
045	Шліфувальна операція Шліфуємо виступи
050	Поновлення різьби

3.3 Технологічний процес на виготовлення корпусу

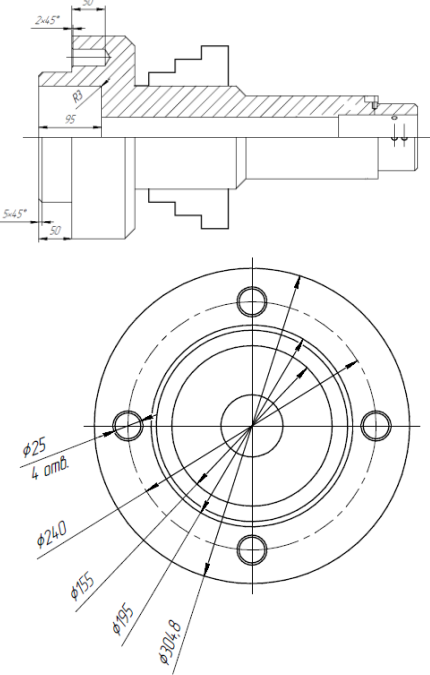
Для виготовлення корпусу модульної розточувальної головки було розроблено технологічний процес.

Таблиця 3.5 - Технологічний процес корпусу

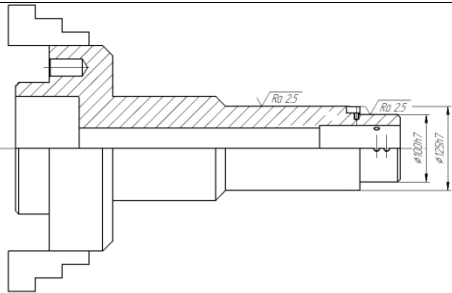
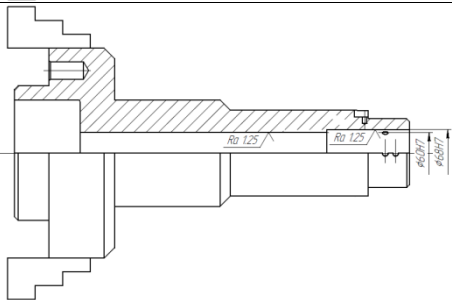
№	Найменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	Заготівельна операція Відрізання заготовки		Pilous ARG 330 S.A.F.	
010	Багатоцільова операція 1. Токарна обробка торця 2. Центрувати 3. Свердли отвір діаметром 25 мм на довжину 300 мм		Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Центрувальне свердло діаметром 10 мм P6M5 ГОСТ 14952-75	Трикулачковий патрон

<p>4. Свердли ти отвір діаметром 30 мм на довжину 300 мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 25 мм</p>	
<p>5. Свердли ти отвір діаметром 58 мм на довжину 300 мм</p>		<p>КТІР250R1 2SS32M Свердло Kennametal діаметром 30 мм</p>	
<p>6. Розточи ти отвір з діаметра 58 мм на діаметр 60_{-0,5} мм на довжину 300 мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 58 мм</p>	
<p>7. Розточи ти отвір з діаметра 60 мм на діаметр 68_{-0,5} мм на довжину 120 мм</p>		<p>Розточний прохідний різець Kennametal A10SSCLC L2</p>	
<p>8. Точити з діаметра 310 мм на діаметр 155 мм на довжину 440 мм з фаскою 15 мм</p>		<p>Різець прохідний Kennametal SWLCR202 OK06</p>	
<p>9. Точити з діаметра 155 мм на діаметр 125_{+0,5} мм на довжину 275 мм з фаскою 15 мм.</p>		<p>Фреза кінцева Kennametal Діаметром 8 мм</p>	
<p>10. Точити з діаметра 125 мм на діаметр 100_{+0,5} мм на</p>		<p>Н1ТЕ4СЕ0 800N016Н АМ</p>	
		<p>Свердло Kennametal GoDrill Діаметром 6,8 мм</p>	<p>В042А0680 0СРG Свердло Kennametal GoDrill</p>

	<p>довжину 60 мм з фаскою 4 мм</p> <p>11. На діаметрі 125 мм з торця фрезеруємо 2а пази 15x20x10 мм</p> <p>12. Центруємо отвір на діаметрі 100 мм на відстані 20 мм від торця</p> <p>13. Центруємо 3 отвори на діаметрі 100 мм на відстані 35 мм від торця з кроком 120°</p> <p>14. Центруємо 2 отвори в пазах на відстані 5 мм від торця діаметром 125 мм</p> <p>15. Свердлимо отвір діаметром 6,8 мм на діаметрі 100 мм на відстані 20 мм від торця</p> <p>16. Свердлимо 3 отвори діаметром 6,8 мм на діаметрі 100 мм на відстані 35 мм від торця з кроком 120°</p>		<p>Діаметром 5 мм B042A0500 0CPG Мітчик Kennametal Для нарізання різьби M8x1,25 T641M080 X125R6HX -D1 Мітчик Kennametal Для нарізання різьби M6x1 T641M060 X100R6HX -D1</p>	
--	---	--	---	--

	<p>17. Свердлимо 2 отвори діаметром 5 мм на дні паза на відстані 5 мм від торця діаметром 125 мм на глибину 9 мм</p> <p>18. Нарізаємо різьбу М8 в 4х отворах на діаметрі 100 мм</p> <p>19. Нарізаємо різьбу М6 в 2ох отворах на дні паза на глибину 9 мм</p>			
015	<p>Токарна операція</p> <p>1. Токарна обробка торця, точимо в розмір 570</p> <p>2. Центруємо</p> <p>3. Свердлимо отвір діаметром 25 мм на довжину 270 мм</p> <p>4. Свердлимо отвір діаметром 30 мм на довжину 270 мм</p> <p>5. Свердлимо отвір діаметром 58 мм на</p>		<p>Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Центрувальне свердло діаметром 10 мм P6M5 ГОСТ 14952-75 Свердло Kennametal діаметром 25 мм КТІР250R1 2SS32М Свердло Kennametal діаметром 30 мм Свердло Kennametal діаметром 58 мм</p>	Трикулачковий патрон

	<p>довжину 270 мм</p> <p>6. Розточу ємо отвір з діаметра 58 мм на діаметр 60_{-0.5} мм на довжину 270 мм</p> <p>7. Розточу ємо отвір з діаметра 60 мм на діаметр 155 мм на довжину 95 мм з радіусом 3 мм</p> <p>8. Точити з діаметра 310 мм на діаметр 305 мм на довжину 130 мм</p> <p>9. Точити з діаметра 305 мм на діаметр 195 мм на довжину 50 мм.</p> <p>10. Точити фаску 5x45 мм</p> <p>11. Центрує мо 4 отвори на діаметрі 240 мм</p> <p>12. Свердли мо 4 отвори діаметром 24.7 мм на глибину 50 мм</p> <p>13. Розверта ємо 4 отвори діаметром 25</p>		<p>Розточний прохідний різець Kennametal A10SSCLC L2</p> <p>Різець прохідний Kennametal SWLCR202 OK06</p> <p>Свердло діаметром 24,7 мм Kennametal KSEM0969 R10SS100</p> <p>Чистова розточна головка діаметром 25 мм 391.37A/B</p>	
--	--	--	---	--

	мм на глибину 50 мм 14. Проводи мо обробку фаски 2x45 мм за допомогою зенкера			
020	Термічна операція	Режими: Температура: 850 – 870°C Час витримки: 1-2 години Ізотермічна витримка: 730 – 750°C Час витримки: 4-6 годин Швидкість охолодження: ≤ 30°C/год.	Муфельна піч СНОЛ-2.4.2/11 І2	
025	Круглошліфувальна операція		Круглошліфувальний верстат Fermat Bub E	Трикулачковий патрон
030	Внутрішньошліфувальна операція		Круглошліфувальний верстат Fermat Bub E	Трикулачковий патрон
035	Поновлення різьби		Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Мітчик Kennametal	
040	Маркувати		Лазерний верстат з ЧПУ Trotec SpeedMarker 1300	Поворотна вісь Advercut K45L

3.4 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків проводитиметься для поверхні корпусу розточувальної головки $\varnothing 125h7$ мм.

Матеріал заготовки — сталь 40Х ДСТУ 7806-2015.

Поверхня $\varnothing 125$ піддається наступним операціям: чорновому і чистовому точінню. В трьохкулачковому патроні буде відбуватись базування та установка заготовки.

Величина похибки центрування визначається за формулою [17]:

$$\Delta_y = 0.25\sqrt{Td^2 + 1} \quad (3.1)$$

де $Td=2000$ мкм - допуск на базову поверхню $\varnothing 125$ за ГОСТ 2590.

$$\Delta_y = 0.25\sqrt{2^2 + 1} = 0,55 \text{ мм} = 550 \text{ мкм}$$

Точіння чорнове (12 квалітет)

Якість поверхні при чорновому точінні за [17, с.181]:

$$Rz=63 \text{ мкм}, h=60 \text{ мкм}.$$

Після чорнового точіння, сумарне відхилення розташування можна визначити за формулою [17, с.189]:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_y \quad (3.2)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення;

Δ_y – сумарне просторове відхилення поверхні заготовки.

Для чорнового точіння за [17, с.190] коефіцієнт уточнення $K_y=0,06$.

Тоді:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_y = 0,06 \cdot 550 = 33 \text{ мкм}$$

Приймаємо $\Delta=33$ мкм.

Похибка установки по діаметру $\varepsilon=0$, так як оброблення заготовки відбувається в трьохкулачковому патроні.

Точіння чистове (10 квалітет)

Якість поверхні при чистовому точінні за [17, с.181]:

$$Rz=20 \text{ мкм}, h=30 \text{ мкм}.$$

Для чистового точіння коефіцієнт уточнення $K_y=0,04$ [17, с.190] .

Отже отримаємо:

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_y = 0,04 \cdot 550 = 22 \text{ мкм} \quad (3.3)$$

За рахунок наявності термообробки в процесі виготовлення деталі, будуть додаткові просторові відхилення, які розраховуються за формулою [17]:

$$\Delta_2 = \frac{0,001 \cdot n \cdot L}{(0,1d + 0,3)} \quad (3.4)$$

Де n – коефіцієнт, що залежить від виду термообробки: для об'ємного гартування $n=1$; при гартуванні струмами високої частоти $n=0.5$;

L – довжина заготовки, мм,

d – діаметр заготовки, мм.

Для наших даних, $L=260$ мм та $d=130$ мм, та $n=1$ матимемо:

$$\Delta_2 = \frac{0,001 \cdot n \cdot L}{(0,1d + 0,3)} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 260}{(0,1 \cdot 130 + 0,3)} = 0,015 \text{ мм}$$

Тоді сумарне відхилення:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_1^2} = \sqrt{15^2 + 22^2} = 26,62 \text{ мкм} \quad (3.5)$$

Приймаємо $\Delta=27$ мкм.

Шліфування (7 квалітет)

Якість поверхні при шліфуванні за [17, с. 181]:

$$Rz=6.3 \text{ мкм}, h=12 \text{ мкм}.$$

Розраховуємо величини мінімальних припусків переходів за формулами[17]:

$$\begin{aligned} 2Z_{\text{чорн min}} &= 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = \\ &= 2 \left(160 + 200 + \sqrt{550^2} \right) = 1820 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} 2Z_{\text{чист min}} &= 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) = \\ &= 2 \left(63 + 60 + \sqrt{33^2} \right) = 156 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$2Z_{\text{шліф min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) =$$

$$= 2 \left(20 + 30 + \sqrt{27^2} \right) = 77 \text{ мкм} \quad (3.8)$$

Отримані значення вносимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахунок припусків та перехідних розмірів

Технологічні операції і переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахований припуск $2z_{i \min}$, мкм	Розрахунковий розмір $d_{\min} (D_{\max})$, мм	Допуск на виготовлення IT_d , мкм	Прийняті розміри для переходу, мм		Отримані граничні значення припусків, мкм	
	Rz_i	h_i	Δ_i	ε_i				$d_{\max} (D_{\max})$	$d_{\min} (D_{\min})$	$2z_{i \min}$	$2z_{i \max}$
Заготовка	160	200	55 0	-	-	127,053	2000	129,1	127,05	-	-
Точіння чорнове	63	60	33	-	1820	125,233	400	125,63	125,23	1820	3470
Точіння чистове	20	30	27	-	156	125,077	160	125,23	125,1	150	400
Шліфування	6,3	12		-	77	125	77	125,04	125	77	100

Виконаємо перевірку виконаних розрахунків.

$$\sum 2z_{\max i} - \sum 2z_{\min i} = 3970 - 2047 = 1923 \text{ мкм} \quad (3.12)$$

$$IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 2000 - 77 = 1923 \text{ мкм}$$

Так отримані значення різниць співпадають, отже розрахунки зроблено правильно.

3.5 Розрахунок режимів різання для виготовлення корпуса

Розрахунок режимів різання на операцію 015.

Токарна операція

Свердлимо отвір Ø25 мм на глибину 270 мм.

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Свердло Kennametal діаметром 25 мм

Глибина різання - 270 мм

Подача $s=0,27\dots0,51$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.4$ мм/об.

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v \quad (3.9)$$

$C_v = 9,8$; $q = 0.4$; $y = 0.5$; $m = 0.20$ (табл.28 [14]);

$T = 25$ хв (табл.30 [14]).

Загальний коефіцієнт швидкості різання [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv} \quad (3.10)$$

Знаходимо коеф K_{mv} [14]:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0.8 \left(\frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0.628 \quad (3.11)$$

$K_{uv} = 1$ (табл.6 [14]);

$K_{lv} = 1$ (табл.31 [14]).

$$K_v = 0.628 \cdot 1 \cdot 1 = 0.628$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 25^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,628 = \frac{35,51}{1,9 \cdot 0,632} \cdot 0,628 = 18,57 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,57}{3,14 \cdot 25} = 236,56 \text{ хв}^{-1} \quad (3.12)$$

Крутний момент [14]:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p \quad (3.13)$$

$C_M = 0.0345; q = 2; y = 0.8; K_p = 0.75$ (табл.32 [14]).

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 25^2 \cdot 0.4^{0.8} \cdot 0.75 = 0,345 \cdot 625 \cdot 0,48 \cdot 0,75 = 77,69 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила [14]:

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p \quad (3.14)$$

$C_p = 68; q = 1; y = 0.7$ (табл.32 [14])

$$K_p = 0.75$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 25^1 \cdot 0.4^{0.7} \cdot 0.75 = 680 \cdot 25 \cdot 0,526 \cdot 0.75 = 6706,5 \text{ Н}$$

Потужність

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{77,69 \cdot 236,56}{9750} = 1,88 \text{ кВт} \quad (3.15)$$

Чорнове розточування отвору $\varnothing 59.6$ мм на глибину 270 мм.

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - Верстат DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Розточний прохідний різець Kennametal A-SCLC

Глибина різання - 17.3 мм

Подача $s=0,4...7$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.6$ мм/об.

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^y} K_v$$

$C_v = 350, x = 0,15, y = 0,35, m = 0,2$; (табл. 17 [14])

T - період стійкості різця, T = 60 хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \quad (3.16)$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховується;

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [14]),

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

K_{nv} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{nv} = 0,9$ (табл. 5 [14]);

K_{uv} – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1$ (табл. 6 [14]);

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,68$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 17,3^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = \frac{350}{2,26 \cdot 1,533 \cdot 0,836} \cdot 0,68 = 82,171 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 59,6} = 438,165 \text{хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання P_z [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300, x = 0,1, y = 0,75, n = -0,15$; (табл. 22 [14])

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 17,3^{0,1} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 82^{-0,15} \cdot 1 = 5256,52 \text{ Н}$$

Потужність затрачувана на точіння [14]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{5256,52 \cdot 82}{60000} = 7,183 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі [14]:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{270}{438 \cdot 0,6} = 1,027 \text{ хв}$$

Чорнове розточування отвору $\varnothing 154,6$ мм на глибину 95 мм.

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - Верстат DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Розточний прохідний різець Kennametal A-SCLC

Глибина різання - 47,3 мм

Подача $s=0,4...7$ мм/об [22]

Обираємо $s=0,6$ мм/об.

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

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

$C_v = 350, x = 0,15, y = 0,35, m = 0,2$; (табл. 17 [14])

T - період стійкості різця, T = 60 хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$$

$K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховується;

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [14]),

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

K_{nv} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{nv} = 0,9$ (табл. 5 [14]);

K_{uv} – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1$ (табл. 6 [14]);

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,68$$

$$V = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 47.3^{0.15} \cdot 0.6^{0.35}} \cdot 0.68 = \frac{350}{2.26 \cdot 1.783 \cdot 0.836} \cdot 0.68 = 70,64 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 71}{3.14 \cdot 154,6} = 146,52 \text{ хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання P_z [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300, x = 0,1, y = 0,75, n = -0,15$; (табл. 22 [14])

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 47,3^{0.1} \cdot 0.6^{0.75} \cdot 71^{-0.15} \cdot 1 = 5667,73 \text{ Н}$$

Потужність затрачувана на точіння [14]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{5667,73 \cdot 71}{60000} = 6,706 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі [14]:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{95}{146,52 \cdot 0.6} = 1.08 \text{ хв}$$

Точіння $\varnothing 304,8$ мм на довжину 130 мм.

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - Верстат DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Різець прохідний Kennametal

Глибина різання - 2,6 мм

Подача $s=0,2$ мм/об [22]

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v$$

$C_v = 420, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2$; (табл. 17 [14])

T - період стійкості різця, $T = 60$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$$

$K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховується;

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [14]),

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

K_{nv} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{nv} = 0,9$ (табл. 5 [14]);

K_{uv} – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1$ (табл. 6 [14]);

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,68$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2,6^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,68 = \frac{420}{2,26 \cdot 1,15 \cdot 0,724} \cdot 0,68 = 151,77 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 152}{3,14 \cdot 304,8} = 158,8 \text{ хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання P_z [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300, x = 0,1, y = 0,75, n = -0,15$; (табл. 22 [14])

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,6^{0,1} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 152^{-0,15} \cdot 1 = 463,74 \text{ Н}$$

Потужність затрачувана на точіння [14]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{464 \cdot 152}{60000} = 1,17 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний час на обробку деталі [14]:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{130}{159 \cdot 0,2} = 4,08 \text{ хв}$$

Свердлимо отвір Ø24,7 мм на глибину 50 мм.

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Свердло Kennametal діаметром 24,7 мм

Глибина різання - 50 мм

Подача $s=0,27...0,51$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.4$ мм/об.

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (3.17)$$

$C_v = 9,8$; $q = 0.4$; $y = 0.5$; $m = 0.20$ (табл.28 [14]);

$T = 25$ хв (табл.30 [14]).

Загальний коефіцієнт швидкості різання [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}$$

Знаходимо коеф K_{mv} [14]:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0.8 \left(\frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0.628$$

$K_{uv} = 1$ (табл.6 [14]);

$K_{lv} = 1$ (табл.31 [14]).

$$K_v = 0.628 \cdot 1 \cdot 1 = 0.628$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 24,7^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,628 = \frac{35,34}{1,9 \cdot 0,632} \cdot 0,628 = 18,48 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,48}{3,14 \cdot 24,7} = 238,3 \text{ хв}^{-1}$$

Крутний момент [14]:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p$$

$C_M = 0.0345$; $q = 2$; $y = 0.8$; $K_p = 0.75$ (табл.32 [14]).

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 24,7^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,75 = 0,345 \cdot 610,09 \cdot 0,48 \cdot 0,75 \\ = 75,77 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила [14]:

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p \quad (3.18)$$

$C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0.7$ (табл.32 [14])

$$K_p = 0.75$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 24,7^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,75 = 680 \cdot 24,7 \cdot 0,526 \cdot 0,75 = 6626,02 \text{ Н}$$

Потужність [14]:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{75,77 \cdot 238,3}{9750} = 1,85 \text{ кВт}$$

Чистове розточування отвору Ø25 мм на глибину 50 мм.

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - Верстат DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Чистова розточна головка діаметром 25 мм Sandvik 391.37A/B

Глибина різання - 50 мм

Подача $s=0,25$ мм/об - згідно таблиці на оф. сайті.

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v$$

$C_v = 420$, $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,2$; (табл. 17 [14])

T - період стійкості різця, T = 60 хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$$

$K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховується;

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу (табл. 1 [14]),

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

K_{nv} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{nv} = 0,9$ (табл. 5 [14]);

K_{uv} – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$K_{uv} = 1$ (табл. 6 [14]);

$$K_v = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,68$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 50^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,68 = \frac{420}{2,26 \cdot 1,798 \cdot 0,757} \cdot 0,68 = 92,84 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя [14]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 92,84}{3,14 \cdot 25} = 1182,67 \text{ хв}^{-1}$$

Тангенціальна сила різання P_z [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300, x = 0,1, y = 0,75, n = -0,15$; (табл. 22 [14])

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 50^{0,1} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 92,84^{-0,15} \cdot 1 = 792 \text{ Н}$$

Потужність затрачувана на точіння [14]:

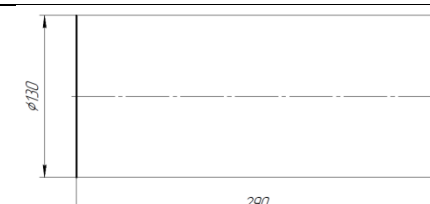
$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{792 \cdot 92,84}{60000} = 1,22 \text{ кВт}$$

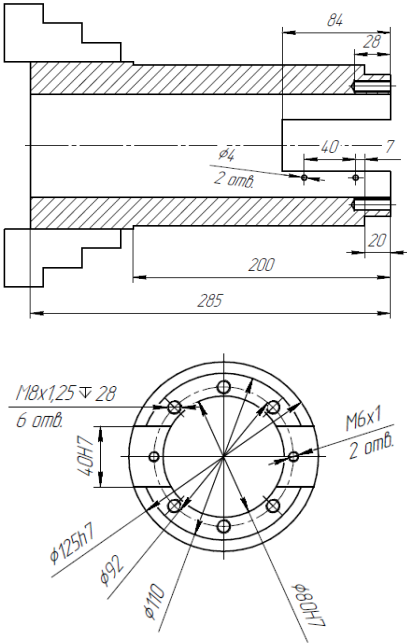
Розрахуємо основний час на обробку деталі [14]:

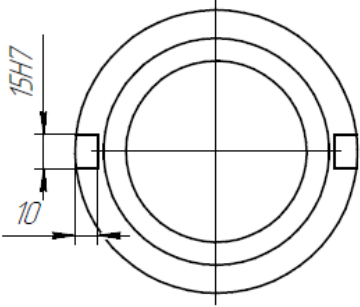
$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{50}{1183 \cdot 0,25} = 0,16 \text{ хв}$$

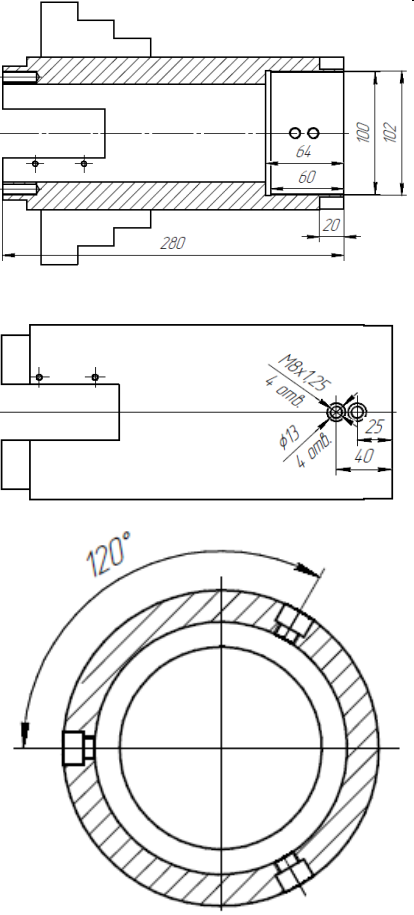
3.6 Технологічний процес на виготовлення модуля

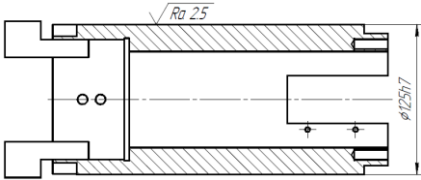
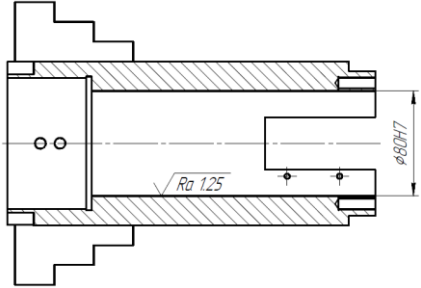
Таблиця 3.7 – Технологічний процес виготовлення модуля

№	Найменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	Заготівельна операція Відрізання заготовки		Pilous ARG 330 S.A.F.	

010	<p>Багатоцільова операція</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Токарна обробка торця 2. Центрувати 3. Свердли ти отвір діаметром 25 мм на всю довжину 4. Свердли мо отвір діаметром 30 мм на всю довжину 5. Свердли мо отвір діаметром 58 мм на всю довжину 6. Розточи ти отвір з діаметра 58 мм на діаметр $80_{-0.4}$ мм на всю довжину 7. Точити з діаметра 130 мм на діаметр $125^{+0.4}$ мм на довжину 200 мм 8. Точити з діаметра 125 мм на діаметр $110^{+0.4}$ мм на довжину 20 мм 9. Фрезеру вати 2 пази 84×40 мм 10. Чистове фрезерування 		<p>Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Центруваль не свердло діаметром 5 мм Р6М5 ГОСТ 14952-75 Свердло Kennametal діаметром 25 мм KTIP250R1 2SS32M Свердло Kennametal діаметром 30 мм Свердло Kennametal діаметром 58 мм Розточний прохідний різець Kennametal A10SSCLC L2 Різець прохідний Kennametal SWLCR202 OK06 Фреза кінцева діаметром 20 мм Kennametal 4CH2000D D038A Фреза кінцева</p>	Трикулачковий патрон
-----	---	--	--	----------------------

	<p>2х пазів фрезою діаметром 4 мм</p> <p>11. Центрувати 8 отворів діаметром по діаметру 92 мм</p> <p>12. Свердлити 6 отворів діаметром 6,8 мм на глибину 28 мм</p> <p>13. Свердлити 2 отвори діаметром 5 мм на глибину 25 мм.</p> <p>14. Нарізати різьбу M8x1,25 на би отворах</p> <p>15. Нарізати різьбу M8x1 на 2ох отворах</p>		<p>діаметром 4 мм Kennametal 4CH40400 ML019A Свердло Kennametal діаметром 6,8 мм B272Z0680 0NPG Свердло Kennametal GoDrill Діаметром 5 мм B042A0500 0CPG Мітчик Kennametal Для нарізання різьби M6x1 T641M060 X100R6HX -D1 Мітчик Kennametal M8x1.25 T620M080 X125R6HX -D1</p>	
015	<p>Багатоцільова операція</p> <p>1. Токарна обробка торця, точимо в розмір</p> <p>2. Розточити з діаметра 80 мм на 100_{-0,4} мм на глибину 64 мм</p>		<p>Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Розточний прохідний різець Kennametal A10SSCLC L2</p>	Трикулачковий патрон

<p>3. Розточити з діаметра 100 мм на 102 мм на глибині 64 мм, шириною 4 мм</p> <p>4. Точити з діаметра 130 мм на діаметр $125^{+0,4}$ мм на довжину 80 мм</p> <p>5. Фрезерувати 2 пази $20 \times 15 \times 10$ мм</p> <p>6. Центрувати 4 отвори (3 отвори на відстані 25 мм від торця з кроком 120°, 1 отвір на відстані 45 мм)</p> <p>7. Свердликти 4 отвори діаметром 6,8 мм</p> <p>8. Розфрезерувати 4 отвори діаметром 13 мм на глибину 8 мм</p> <p>9. Нарізати різьбу $M8 \times 1,25$</p>		<p>Розточний різець Kennametal A20RA4E ML0207M Різець прохідний Kennametal SWLCR202 OK06 Фреза кінцева діаметром 8 мм Kennametal ABDE1000 A3AS Центрувальне свердло діаметром 5 мм Р6М5 ГОСТ 14952-75 Свердло Kennametal діаметром 6,8 мм B272Z0680 ONPG Мітчик Kennametal M8x1.25 T620M080 X125R6HX -D1</p>	
---	---	--	--

020	Термічна операція	<p>Режими: Температура: 850 – 870°C Час витримки: 1-2 години Ізотермічна витримка: 730 – 750°C Час витримки: 4-6 годин Швидкість охолодження: $\leq 30^\circ\text{C}/\text{год.}$</p>	Муфельна піч СНОЛ-2.4.2/11 І2	
025	Круглошліфувальна операція		Шліфувальний верстат Fermat Bub E	Трикулачковий патрон
030	Внутрішньошліфувальна операція		Шліфувальний верстат Fermat Bub E	Трикулачковий патрон
035	Поновлення різьби		Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Для нарізання різьби М6х1 Мітчик Kennametal М8х1.25	Трикулачковий патрон
040	Маркувати		Лазерний верстат з ЧПУ Trotec SpeedMarker 1300	Поворотна вісь Advercut K45L

3.7 Розрахунок режимів різання для виготовлення модуля

Розрахунок режимів різання на операцію 015.

Багатоцільова операція

Чорнове розточування отвору Ø99,6 мм на довжину 64 мм

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600;

Інструмент - Розточний прохідний різець Kennametal A-SCLC

Глибина різання - 9,8 мм

Подача $s=0,4...7$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.6$ мм/об.

$V=74$ м/хв [22]

Чорнове обточування поверхні модуля Ø125,4 мм на довжину 80 мм

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - Різець прохідний Kennametal SWLCR2020K06

Глибина різання - 2,3 мм

Подача - $S=0,8...1,3$ мм/об [22]

Приймаємо - $S=1$ мм/об.

$V=79$ м/хв [22]

Фрезерування пазів на торці

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - кінцева фреза Kennametal Harvi діаметром 8 мм

Глибина різання - 10 мм

Подача - 0.049 мм/зуб [22]

$V=110$ м/хв [22]

Свердлимо 4и отвори Ø6,8 на глибину 12,5 мм.

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - свердло Kennametal GoDrill діаметром 6.8 мм

Глибина різання - 12,5 мм

Подача $s=0.12..0.22$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.2$ мм/об.

$V=75$ м/хв [22]

Розфрезерування отворів $\varnothing 13$ мм на глибину 8 мм

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - кінцева фреза Kennametal Harvi діаметром 8 мм

Глибина різання - 8 мм

Подача на зуб- 0.049 мм [22]

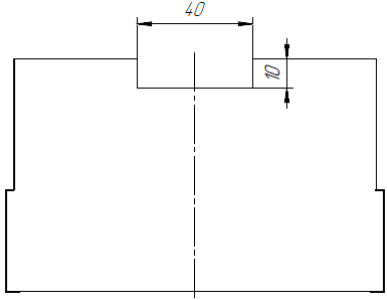
$V=110$ м/хв [22]

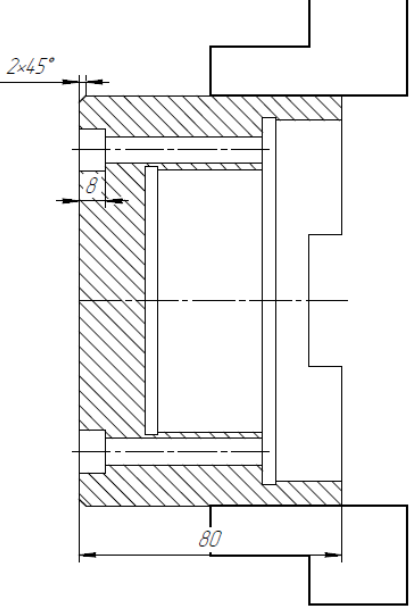
3.8 Технологічний процес на виготовлення кришки

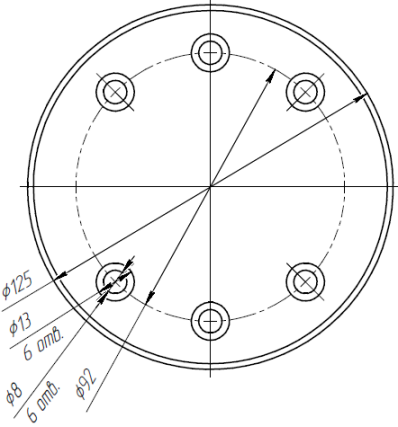
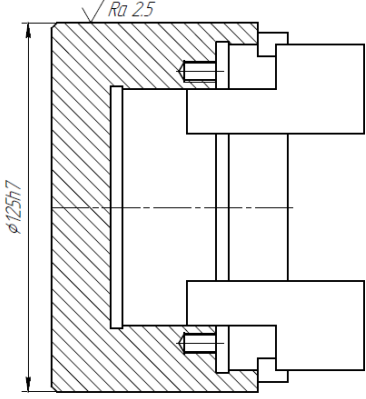
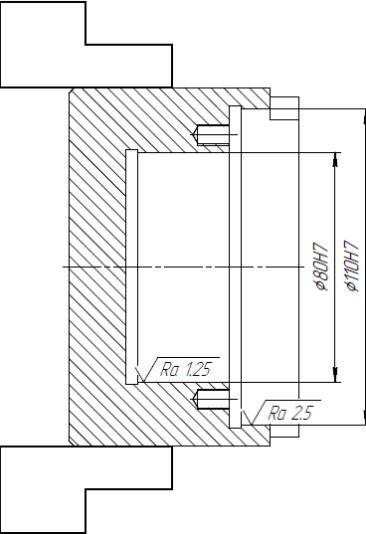
Для виготовлення кришки розточувальної головки було розроблено технологічний процес.

Таблиця 3.8 - Технологічний процес виготовлення кришки

№	Найменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	Заготівельна операція Відрізання заготовки		Pilous ARG 330 S.A.F.	
010	Багатоцільова операція 1. Токарна обробка торця 2. Центруємо 3. Свердлимо отвір діаметром 25		Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Центрувальне свердло діаметром 5 мм P6M5	Трикулачковий патрон

<p>мм на довжину 60 мм</p>		<p>ГОСТ 14952-75</p>	
<p>4. Свердлити отвір діаметром 30 мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 25 мм</p>	
<p>на довжину 60 мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 30 мм</p>	
<p>5. Свердлити отвір діаметром 58 мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 58 мм</p>	
<p>на довжину 60 мм</p>		<p>Розточний прохідний різець Kennametal A10SSCLC L2</p>	
<p>6. Розточити отвір з діаметра 58 мм на діаметр 60_{-0,4} мм</p>		<p>Розточний різець Kennametal A20RA4EM L0207M</p>	
<p>на довжину 60 мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 5 мм</p>	
<p>7. Розточити отвір з діаметра 80 мм на діаметр 110_{-0,4} мм</p>		<p>Свердло Kennametal діаметром 5 мм</p>	
<p>на довжину 24 мм</p>		<p>В052A0500 0CPG</p>	
<p>8. Проточити канавку діаметром 112 мм на довжині 24 мм шириною 4 мм</p>		<p>Мітчик Kennametal Для різьби M6x1</p>	
<p>9. Проточити канавку діаметром 82 мм на довжині 60 мм на ширину 4 мм</p>	<p>T351M060X 100R6HX-D1</p>		
<p>10. Центрувати 2 отвори</p>	<p>Різець прохідний Kennametal SWLCR202</p>		
	<p>OK06</p>		

	<p>на діаметрі 92 мм</p> <p>11. Свердли 2 отвори діаметром 5 мм на глибину 11 мм на діаметрі 92 мм</p> <p>12. Нарізаємо різьбу М6 мітчиком</p> <p>13. Точити з діаметра 130 мм на діаметр $125^{+0,4}$ мм на довжину 45 мм</p> <p>14. Фрезерувати 2 пази 40x10 мм</p> <p>15. Чистове фрезерування 2х пазів фрезою меншого діаметра</p>		<p>Фреза кінцева Kennametal Діаметром 20 мм 4CH2000D D038A</p> <p>Фреза кінцева Kennametal Діаметром 2 мм F3AH0200A WS30</p>	
015	<p>Багатоцільова операція</p> <p>1. Токарна обробка торця</p> <p>2. Точити з діаметра 130 мм на діаметр $125^{+0,4}$ мм на довжину 35 мм з фаскою 2x45 на торці</p> <p>3. Центрувати 6 отворів на діаметрі 92 мм</p> <p>4. Свердли 6 отворів діаметром 8</p>		<p>Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600;</p> <p>Різець прохідний Kennametal SWLCR202 OK06</p> <p>Центрувальне свердло діаметром 5 мм Р6М5 ГОСТ 14952-75</p> <p>Свердло Kennametal</p>	Трикулачковий патрон

	<p>мм на всю довжину 5. Розфрезерувати 6 отворів діаметром 13 мм на глибину 8 мм</p>		<p>Діаметром 8 мм B053A0800 0CPG Фреза кінцева Kennametal Діаметром 8 мм H1TE4SE12 00N026HB M</p>	
020	Термічна операція	<p>Режими: Температура: 850 – 870°C Час витримки: 1-2 години Ізотермічна витримка: 730 – 750°C Час витримки: 4-6 годин Швидкість охолодження: ≤ 30°C/год.</p>	Муфельна піч СНОЛ-2.4.2/11 І2	
025	Круглошліфувальна операція		Шліфувальний верстат Fermat Bub E	Трикулачковий патрон
030	Внутрішньошліфувальна операція		Шліфувальний верстат Fermat Bub E	Трикулачковий патрон

035	Поновлення різьби		Верстат: DOOSAN PUMA SMX2600; Мітчик Kennametal Для різьби M6x1 T351M060X 100R6HX- D1	Трикулачковий патрон
040	Маркувати		Лазерний верстат з ЧПУ Trotec SpeedMark er 1300	Поворотна вісь Advercut K45L

3.9 Розрахунок режимів різання для виготовлення кришки

Розрахунок режимів різання на операцію 015.

Токарна

Чорнове обточування поверхні кришки.

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - Різець прохідний Kennametal SWLCR2020K06

Глибина різання - 2,3 мм

Подача - $S=0,8...1,3$ мм/об [22]

Приймаємо - $S=1$ мм/об [22]

$V=79$ м/хв [22]

Свердлимо 6 отворів $\varnothing 8$ мм на глибину 56 мм.

Матеріал - Сталь 40X

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - свердло Kennametal GoDrill діаметром 8 мм

Глибина різання - 56 мм

Подача $s=0.12..0.22$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.2$ мм/об

$V=70$ м/хв [22]

Розфрезерування отворів $\varnothing 13$ мм на глибину 8 мм

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - верстат DOOSAN PUMA SMX2600

Інструмент - кінцева фреза Kennametal Harvi діаметром 8 мм

Глибина різання - 8 мм

Подача на зуб- 0.049 мм [22]

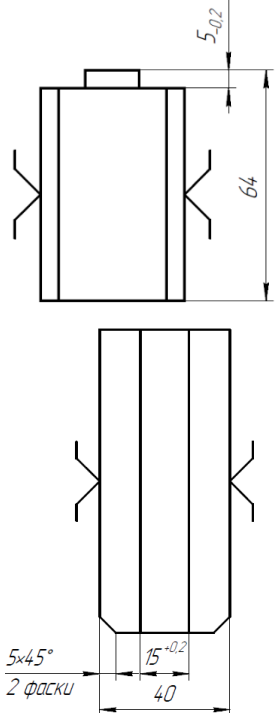
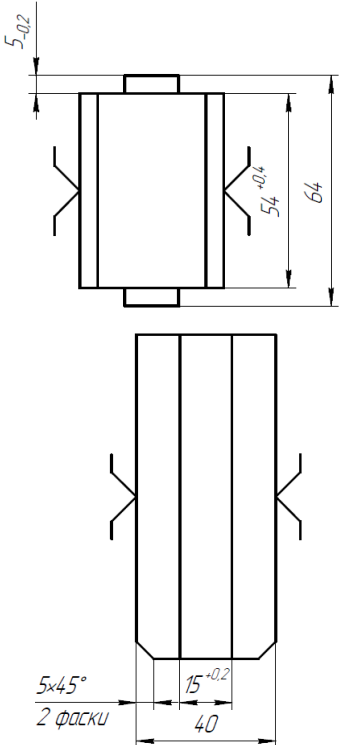
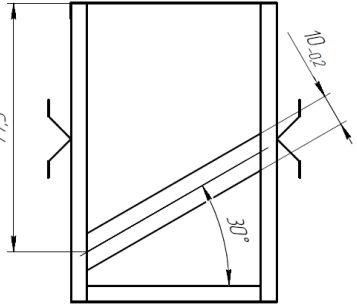
$V=110$ м/хв [22]

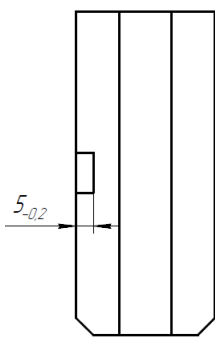
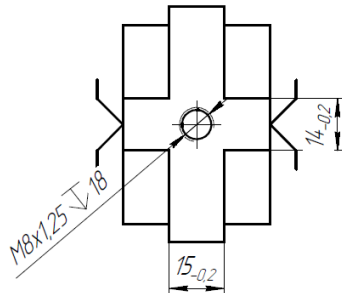
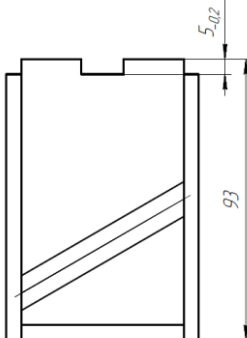
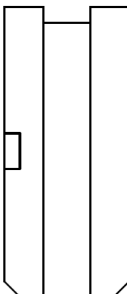
3.10 Технологічний процес на виготовлення супорта

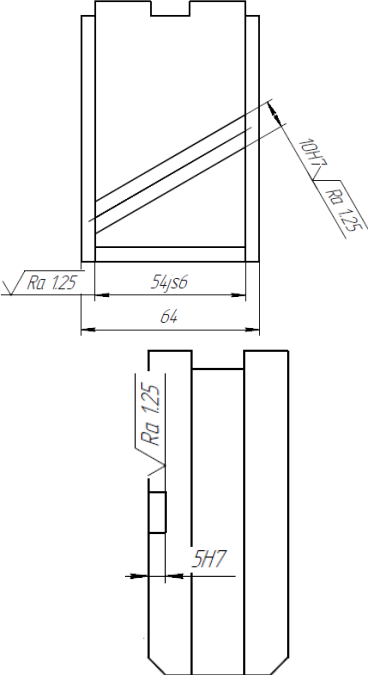
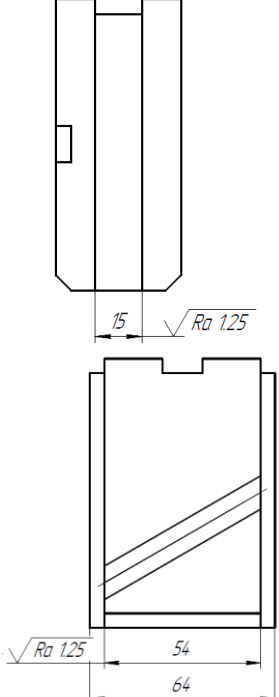
Для виготовлення супорта розточувальної головки було розроблено технологічний процес.

Таблиця 3.9 - Технологічний процес виготовлення супорта

№	Найменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	Відрізання заготовки		Pilous ARG 330 S.A.F.	
010	Фрезеруємо заготовку в розмір по би площинах, витримуючи розміри		Верстат: HAAS VF-1; Фреза Kennametal 50A03RS45 SE14E	Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach

015	<p>1.Фрезеруємо виступ $5_{-0,2} \times 15^{+0,2}$ мм</p> <p>2.Фрезеруємо 2і фаски 5×45</p>		<p>Верстат: HAAS VF-1;</p> <p>Фреза кінцева Kennametal H1TE4CH0 800R016H AM</p> <p>Фреза кінцева Kennametal UGDE1400 A5BRD</p>	<p>Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach</p>
020	<p>Фрезеруємо виступ з іншої сторони, витримуючи розмір $54^{+0,4}$ мм</p>		<p>Верстат: HAAS VF-1;</p> <p>Фреза кінцева Kennametal H1TE4CH0 800R016H AM</p> <p>Фреза кінцева Kennametal UGDE1400 A5BRD</p>	<p>Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach</p>
025	<p>Фрезеруємо паз на відстані 77,5 мм, витримуючи розмір $10_{-0,2} \times 5_{-0,2}$ мм</p>		<p>Верстат: HAAS VF-1;</p> <p>Фреза кінцева Kennametal H1TE4CH0 800R016H AM</p>	<p>Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach</p>

				
030	<p>1 Фрезеруємо пази на торці, витримуючи розміри 15_{-0,2}х5_{-0,2} мм та 14_{-0,2}х5_{-0,2}</p> <p>2 Центруємо отвір</p> <p>3 Свердлимо отвір діаметром 6,8мм на глибину 18 мм</p> <p>4 Нарізаємо різьбу мітчиком М8</p>	  	<p>Верстат: НААС VF-1;</p> <p>Фреза кінцева Kennametal H1TE4CH0 800R016H AM</p> <p>Свердло діаметром 6,8 Kennametal B041A0680 0CPG</p> <p>Мітчик М8х1,25 Kennametal KHSST090 56</p>	Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach
040	Термічна операція	<p>Режими:</p> <p>Температура: 850 – 870°C</p> <p>Час витримки: 1-2 години</p> <p>Ізотермічна витримка: 730 – 750°C</p> <p>Час витримки: 4-6 годин</p> <p>Швидкість охолодження: ≤ 30°C/год.</p>	Муфельна піч СНОЛ-2.4.2/11 І2	

045	Шліфування 1.Шліфуємо паз в розмір 2.Шліфуємо виступи розмір В		Шліфувальний верстат Profimat RT	Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach
050	Шліфування Шліфуємо виступи в розмір		Шліфувальний верстат Profimat RT	Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach
055	Поновлення різьби		Верстат: HAAS VF-1; Мітчик M8x1,25 Kennametal KHSST090 56	Настільне фрезерне зажимне пристосування Tormach

3.11 Розрахунок режимів різання для виготовлення супорта

Операція 030 .

Фрезерування пазів на торці

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - верстат HAAS VF-1

Інструмент - кінцева фреза Kennametal Harvi діаметром 8 мм

Глибина різання - 5 мм

Подача на зуб- 0.049 мм [22]

$V=110$ м/хв [22]

Свердлимо отвір $\varnothing 6,8$ на глибину 18 мм.

Матеріал - Сталь 40Х

Устаткування - верстат HAAS VF-1

Інструмент - свердло Kennametal GoDrill діаметром 6.8 мм

Глибина різання - 18 мм

Подача $s=0.12..0.22$ мм/об [22]

Обираємо $s=0.2$ мм/об.

$V=74$ м/хв [22]

4 СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

4.1. Обрання верстата з ЧПК

Для того щоб виготовити модульну розточувальну головку необхідно обрати необхідне обладнання. Для даного інструмента необхідно обрати 2 верстата з ЧПК. Перший верстат було обрано для виготовлення всіх елементів типу тіло обертання - це токарно-фрезерувальний верстат фірми DOOSAN серії PUMA SMX2600S. Верстат має такі технічні характеристики:

Робоча зона [15]:

- Розмір патрона - 10 дюймів;
- Максимальний діаметр оброблення - 660 мм;
- Максимальна довжина оброблення - 1540 мм.

Переміщення [15]:

- Вісь X - 630 мм;
- Вісь Y - 300 мм;
- Вісь Z - 1585 мм;
- Вісь A - 1605 мм;
- Вісь B - 240°(±120°).

Подача [15]:

- Вісь X - 48 м/хв;
- Вісь Y - 36 м/хв;
- Вісь Z - 48 м/хв;
- Вісь A - 30 м/хв;
- Вісь B - 40 об/хв

Правий шпиндель [15]:

- Максимальна потужність - 26/22 кВт;
- Максимальна швидкість - 4000 об/хв;
- Максимальний крутний момент - 700 Н*м.

Лівий шпиндель [15]:

- Максимальна потужність - 26/22 кВт;
- Максимальна швидкість - 4000 об/хв;
- Максимальний крутний момент - 700 Н*м.

Даний верстат було обрано через достатню кількість осей, що допомагає пришвидшити процес обробки та виконувати декілька операцій за один установ. Окрім токарної обробки, може виконуватись фрезерна обробка так як є фрезерувальний шпиндель. Також великим плюсом є велика робоча зона, що допомагає обробляти більш габаритні деталі [15].



Рисунок 4.1 – Верстат з ЧПК DOOSAN PUMA SMX2600S [15]

Другий верстат який було обрано - це фрезерний верстат HAAS VF-1. Даний верстат було обрано для оброблення супорта, так як на столі можна закріпити супорт в лещатах.

Верстат має такі характеристики [16]:

Робоча зона:

- Довжина - 660 мм;
- Ширина - 356 мм.

Переміщення:

- Вісь X - 508 мм;
- Вісь Y - 406 мм;

- Вісь Z - 508 мм.

Подачі:

- Різання на максимальну глибину - 16,5 м/хв;
- Прискорене переміщення по вісі X - 25,4 м/хв;
- Прискорене переміщення по вісі Y - 25,4 м/хв;
- Швидке переміщення по вісі Z - 25,4 м/хв;

Шпиндель:

- Максимальна потужність - 22,4 кВт;
- Максимальна швидкість - 8100 об/хв;
- Максимальний крутний момент - 122 Н*м.



Рисунок 4.2 – Верстат з ЧПК Haas VF-1 [16]

Однією з основних особливостей даних верстатів є наявність числового програмного керування, що дозволяє підвищити швидкість, точність та продуктивність оброблення деталей. На сьогодні більшість верстатів оснащені

таким керуванням, тому для того щоб керувати даними верстатами необхідно написати код керуючої програми та перенести код на пульт керування верстата.

4.2. Створення керуючої програми на верстат з ЧПК для оброблення деталей

Для того, щоб створити керуючу програму необхідно обрати програмне забезпечення з САМ модулем. Саме таке програмне забезпечення випускає компанія Autodesk, а саме обране нами програмне забезпечення Autodesk Fusion 360. Дана програма має об'ємну базу та бібліотеку, де є велика кількість інструментів та верстатів, що дозволяє налаштувати керуючу програму за якою буде працювати те чи інше обладнання.

Керуючі програми будуть створені для таких деталей:

- Корпус
- Модуль робочої частини
- Кришки
- Супорт

Для того, щоб виготовити корпус будемо використовувати попередньо обрізану циліндричну заготовку розміром 580x310 мм. Обробка буде відбуватись на горизонтальному токарно-фрезерному верстаті компанії DOOSAN.

Для того, щоб виготовити модуль робочої частини та кришку використаємо попередньо нарізані циліндричні заготовки розмірами 290x130 мм та 90x130 мм відповідно. Обробка також буде відбуватись на горизонтальному токарно-фрезерному верстаті компанії DOOSAN.

При виготовленні супорта будемо використовувати попередньо обрізану квадратну заготовку розміром 68x68x100 мм. Обробка буде відбуватись на вертикальному фрезерному верстаті компанії HAAS.

Щоб почати створення керуючої програми нам необхідно перейти в Autodesk Fusion 360, та вибрати модуль Manufacture.

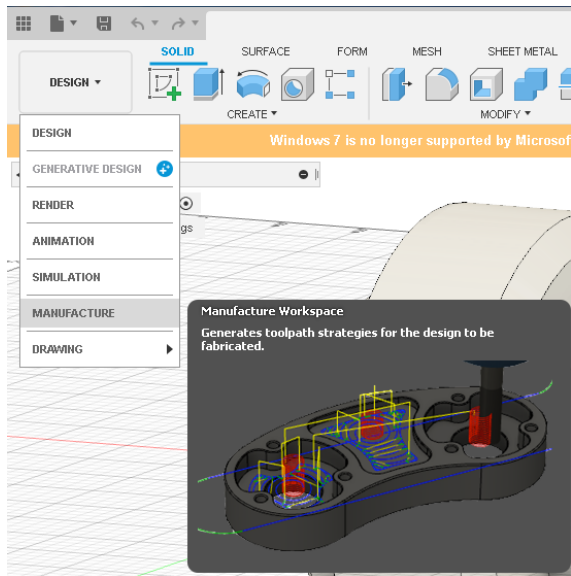


Рисунок 4.3 - Модуль Manufacture Fusion 360

Після того як перейшли у модуль, створюємо новий установа, в якому вказуємо тип оброблення, в нашому випадку обираємо токарне оброблення.

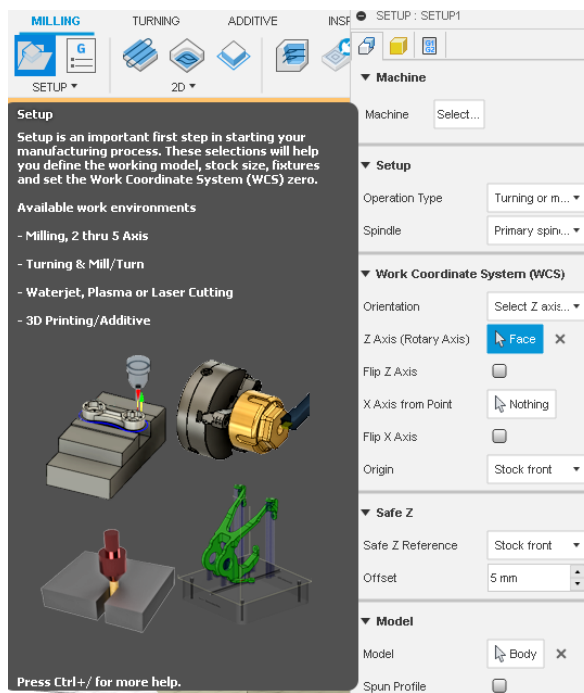


Рисунок 4.4 - Створення налаштування та обрання типу оброблення

Після того як налаштували деталь, обираємо операції, що будуть виконуватись:

1. Точіння торця кришки в розмір 80 мм (рис. 4.5)

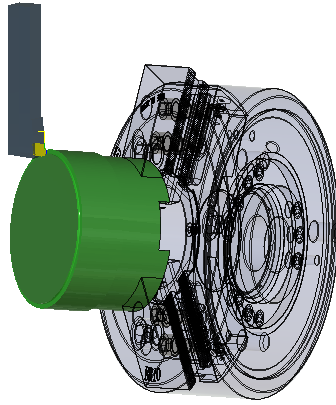


Рисунок 4.5 – Точіння торця кришки

2. Точіння профілю кришки та фаски (рис. 4.6)

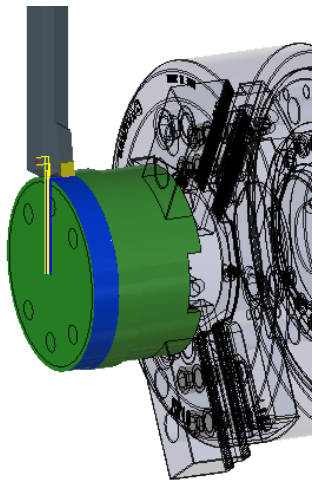


Рисунок 4.6 – Точіння профілю кришки та фаски

3. Чистове точіння кришки (рис. 4.7)

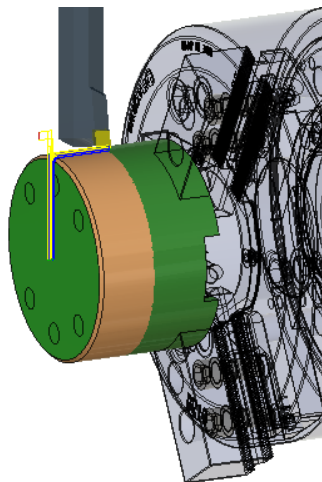


Рисунок 4.7 – Чистове точіння кришки

4. Центрування отворів на торці (рис. 4.8)

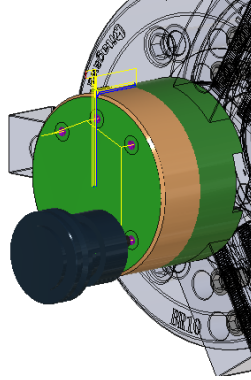


Рисунок 4.8 – Центрування отворів на торці

5. Свердління отворів (рис. 4.9)

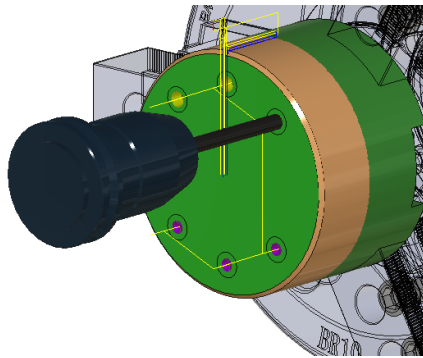


Рисунок 4.9 – Свердління отворів

6. Розфрезеруємо отвори (рис. 4.10)

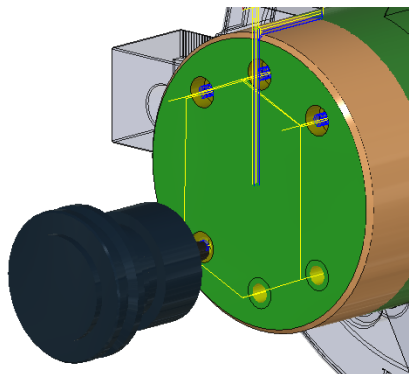


Рисунок 4.10 – Розфрезеруємо отвори

Після того як були налаштовані операції, створюємо програмний код, використовуючи процесор верстата з ЧПК DOOSAN PUMA SMX2600.

Повний текст програми знаходиться в додатку А.

5 ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ СУПОРТА ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ КАРТРИДЖА

5.1 Вибір конструкції пристосування для фрезерування супорта

Прецизійні лещата застосовуються в якості додаткового оснащення для свердлильних та фрезерних верстатів з ЧПК (рис.5.1) [18].

Лещата призначені для базування та закріплення заготовок або деталей типу обертання або плоских поверхонь. Цей вид лещат має ідеально відшліфовану поверхню прижимних губок та плавний хід фіксуючого механізму, який забезпечує максимально обережне та точне закріплення навіть мініатюрних деталей [18].

До переваг даних лещат можна віднести [18]:

- швидке встановлення лещат на робочій поверхні;
- 100% вирівнювання пристосування відносно необхідної площини;
- висока точність позиціонування деталі, а також мінімальне її зміщення;
- направляючі підвищеної твердості;
- постійне зусилля затиску, без послаблення;
- підвищення режимів різання.

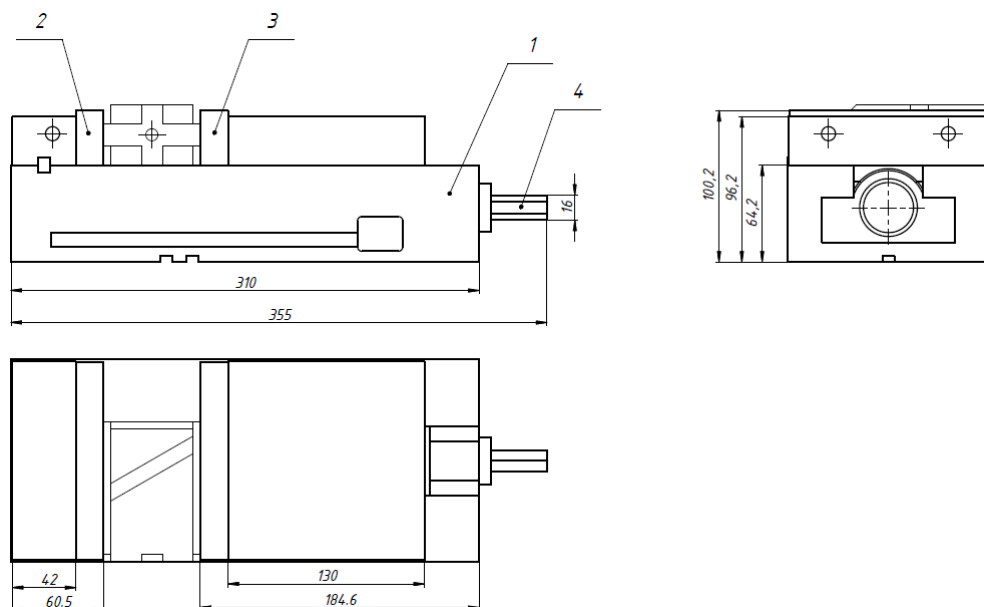


Рисунок 5.1 – Прецизійні лещата з встановленим супортом на них

Лещата складаються (рис. 5.1) з корпусу 1, нерухомих губок 2, рухомих губок 3 та зажимного гвинта 4.

Перед встановленням лещат на верстат – їх обов'язково потрібно протерти, аби зменшити похибку базування.

На (рис. 5.2) зображено 3D – модель лещат із затиснутим в них супортом.

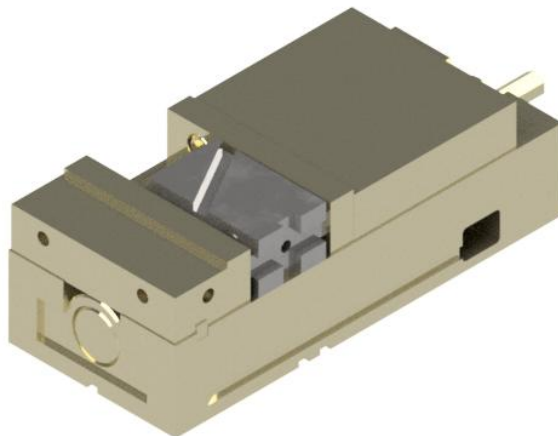


Рисунок 5.2 – Пристосування для фрезерування супорта для встановлення картриджа

5.2 Розрахунок сил затиску в лещатах

Для того, щоб під час оброблення заготовки, її не витягнуло з лещат, потрібно розрахувати силу затиску, використовуючи формулу [21]:

$$W = k \frac{P_2(b + af) + P_1z_0}{af^2 + bf + z} \quad (5.1)$$

Де W – сила затиску рухомої губки;

P_1 та P_2 – складові сили різання, $P_1 = 0,4P_2 = 1179.68$ Н та $P_2 = 2949,2$ Н;

f – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях губок, для гладких поверхонь $f = 0,25$ [21];

k – коефіцієнт запасу, $k=1,5$ [21];

z_0 – висота виступу заготовки над поверхнею губок;

Z – відстань від поверхні нерухомої губки до центру прикладання сили рухомої губки;

a – відстань від поверхні губки до площини базування заготовки;

b – ширина між губками при встановленій заготовці.

Сила для затиску лещат:

$$W = 1,5 \cdot \frac{2949,2 \cdot (64 + 34 \cdot 0,25) + 1179,68 \cdot 6}{34 \cdot 0,25^2 + 64 \cdot 0,25 + 17} = 9,43 \text{ кН}$$

5.3 Розрахунок похибки пристосування

При встановлені заготовки/деталі в пристосування буде спостерігатись похибка, яку розрахуємо за формулою [21]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{вст}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{пер}}^2 + (k_{T2} \cdot \omega^2)^2} \quad (5.2)$$

Де T – допуск на оброблення поверхні, для розміру 15Н9, $T=43$ мкм;

k_T – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіяння від закону нормального розподілу, $k_T = 1,2$ [21];

k_{T1} – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування при роботі на налаштованих верстатах, $k_{T1} = 0,8 \dots 0,85$ [21];

k_{T2} – коефіцієнт, що враховує частину похибки обробки в сумарній похибці, спричиненої факторами, які не залежать від пристосування, $k_{T2} = 0,6 \dots 0,8$ [21];

ω – середня економічна точність обробки, $\omega = 43$ мкм;

ε_6 – похибка базування, в даному випадку $\varepsilon_6 = 0$, так як відсутнє відхилення фактично досягнутого положення заготовки від необхідного;

ε_3 – похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,05$ [21];

$\varepsilon_{\text{вст}}$ – похибка встановлення пристосування на верстаті [21]:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \frac{ms}{l} = \frac{64 \cdot 0,07}{105} = 0,042 \text{ мм}$$

Де m – ширина деталі; s – найбільший зазор між направляючими шпонками верстата та пазом верстата; l – відстань між шпонками.

$\varepsilon_{\text{пер}}$ – похибка від перекосу, $\varepsilon_{\text{пер}} = 0$, так як в пристосованні відсутні направляючі елементи;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ – похибка зносу, $\varepsilon_{\text{зн}} = \beta N = 0,002 \cdot 5000 = 0,01$ мм;

Похибка пристосування буде рівна [21]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &= 0,043 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,05^2 + 0,042^2 + 0,01^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,043)^2} \\ &= 0,012 \text{ мм}\end{aligned}$$

6 АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ІНСТРУМЕНТУ

6.1 Визначення сили різання

При обробленні заготовки/деталі інструментом, виникають сили різання (сили тиску і сили тертя), які діють на різальну частину. Всі сили зводяться до однієї, рівнодіючої сили.

Для розрахунків використовують складові рівнодіючої сили, які діють по трьох осях:

P_z – вертикальна складова сили різання, діє в площині різання;

P_y – радіальна складова сили різання, діє в горизонтальній площині;

P_x – осьова складова сили різання, діє вздовж осі X, паралельно до заготовки.

Для того, щоб визначити як на інструмент впливають сили різання, проведемо аналіз напружено-деформованого стану, використовуючи САПР Autodesk Inventor.

Під час аналізу розглянемо основні випадки напружено-деформованого стану:

1. Деформацію розтягування модульної розточувальної головки;
2. Загальне напруження модульної розточувальної головки;
3. Деформація зсуву модульної розточувальної головки.

Розрахунок сили різання:

Операція – розточувальна

Чистове розточування деталі;

Матеріал – Сталь 40Х;

Обладнання – НВМ 110-30Т;

Інструмент – Адаптивна модульна розточувальна головка;

Глибина різання, t – 1,5мм [5];

Подача, S – 0,2 мм/об [5].

Розраховуємо величину швидкості різання [14]:

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

$$C_v = 420, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2; \text{ (табл. 17 [14])}$$

T - період стійкості різця, $T = 60$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$$

$K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv}$ – для даних умов не враховується;

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу(табл. 1 [14]),

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{700} \right)^{0,3} = 1.02$$

K_{nv} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$$K_{nv} = 0,9 \text{ (табл. 5 [14]);}$$

K_{uv} – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента,

$$K_{uv} = 1 \text{ (табл. 6 [14]);}$$

$$K_v = 1.02 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0.92$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,92 = \frac{420}{2,26 \cdot 1,06 \cdot 0,724} \cdot 0,92 = 222,78 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$$

Тангенціальна сила різання P_z [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$C_p = 300, x = 0,1, y = 0,75, n = -0,15; \text{ (табл. 22 [14])}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 222,78^{-0,15} \cdot 1 = 414,19 \text{ Н}$$

Визначимо радіальну складову сили різання P_y , використовуючи формулу [21]:

$$P_y = (0,25 \dots 0,5) \cdot P_z$$

$$P_y = 0,5 \cdot 414,19 = 207,095 \text{ Н}$$

Визначимо осьову складову сили різання P_x , використовуючи формулу [21]:

$$P_x = (0,1 \dots 0,25) \cdot P_z$$

$$P_y = 0,25 \cdot 414,19 = 103,54 \text{ Н}$$

6.2 Аналіз напружено-деформованого стану

Аналіз напружено-деформованого стану був проведений, використовуючи Autodesk Inventor та середовище «Аналіз напружень».

Вихідними даними для дано аналізу були:

- Матеріал різальної частини – твердий сплав T14K8;
- Матеріал корпусу – сталь 40X;
- Сили різання, визначені в п.6.1: $P_z = 414,19 \text{ Н}$, $P_x = 103,54 \text{ Н}$, $P_y =$

207,095 Н

- Пластина 1 та пластина 2

За результатами дослідження було отримано:

Пластина 1 (рис. 6.1)

Тангенціальна сила різання $P_z = 414,19 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max - 3094 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,003989 мм; min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 1,85.

Радіальна сила різання $P_y = 207,095 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 983,4 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,006503 мм; min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,12.

Осьова сила різання $P_x = 103,54 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 737,6 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,012 мм; min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,24.

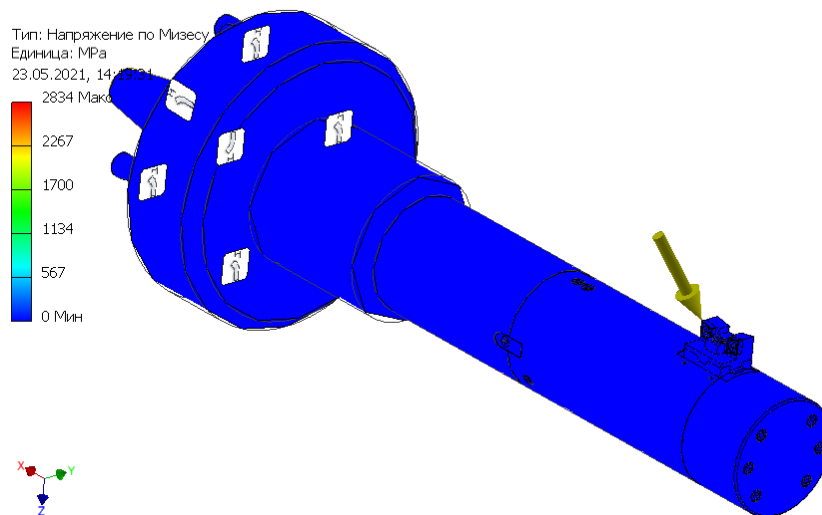


Рисунок 6.1 – Аналіз напружень – пластина 1

Пластина 2 (рис. 6.2)

Тангенціальна сила різання $P_z = 414,19 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max - 2815 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,024 мм; min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,11.

Радіальна сила різання $P_y = 207,095 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 832,1 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,0084 мм; min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,08.

Осьова сила різання $P_x = 103,54 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 760,6 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,0054 мм; min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,05.

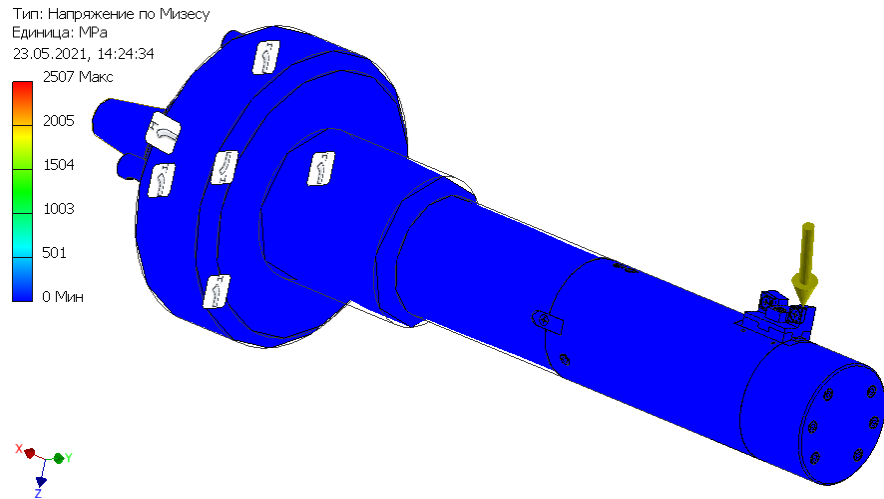


Рисунок 6.2 – Аналіз напружень – пластина 2

Отже в результаті проведеного аналізу напружень, можна зробити висновок, що всі матеріали інструменту підібрані вірно, та інструмент витримує розраховані навантаження.

Література

1. Станкопром. Обробка отворів [Електронний ресурс] / Станкопром – Режим доступу до ресурсу: <https://docplayer.ru/30355791-V-proizvodstve-aviacionnyh-i-raketnyh-dvigatelye-stalkivayutsya-s-neobhodimostyu-polucheniya-kruglyh-otverstiy-razlichnogo-diametra-formy-trebovaniy-po.html>.
2. Bottle boring Cutting tool systems – Dortmund: BGTB GmbH. – 12 с.
3. Actuated tooling [Електронний ресурс] // ColonialTool – Режим доступу до ресурсу: <http://www.colonialtool.com/actuated-tooling>.
4. Mapal Actuating. – 130 с.
5. Modular boring tools [Електронний ресурс] // Cogsdill – Режим доступу до ресурсу: <https://cogsdill.com/products/zx-systems/modular-boring-tools/>.
6. Bottle boring tools [Електронний ресурс] // Cogsdill – Режим доступу до ресурсу: <https://cogsdill.com/products/zx-systems/valve-seat-pocket-bottle-boring-tools/>.
7. Тверді сплави: основні властивості, класифікація, область застосування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.instrument.co.ua/ua/news/tverdye-splavy-osnovnye-svoystva-klassifikatsiya-oblast-primeneniya.html>.
8. Характеристика матеріала T14K8 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.splavkharkov.com/mat_start.php?name_id=3022.
9. Конус ISO [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://crast.ru/instrumenty/konus-iso-40-razmery>.
10. Державка для адаптера [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.haimer.ru/produkcija/instrumentalnye-opravki/din-iso-7388-1-sk30sk40sk50-ranee-din-69871/sk50/derzhavka-dlja-adaptera.html>.
11. Бергер И. И. Токарное дело - 3е изд. / И. И. Бергер., 1980. – 320 с.
12. Види твердосплавних пластин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rinscom.com/articles/vidy-tverdospлавnykh-plastin/>.
13. Характеристики марки сталі 40X [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/40x>.

14. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.2 / А. Г. Косилова., 1985. – 496 с.
15. DOOSAN PUMA SMX [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:https://www.doosanmachinetools.com/en/product/series/D206_62/view.d
[o](#).
16. Haas VF-1 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<https://www.haascnc.com/ru/machines/vertical-mills/vf-series/models/small/vf-1.html>.
17. W12 engine block [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<https://grabcad.com/library/w12-engine-block-1>.
18. Прецизійні верстатні лещата [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://stroy-podskazka.ru/tiski/precizionnyye-stanochnye>.
19. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.1 / А. Г. Косилова., 1986. – 656 с.
20. Різальна пластина Sandvik [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/productdetails.aspx?c=CNMG%2016%2006%2008-PR%20%20%20%204425>.
21. Антонюк В. Е. Конструктуру верстатних пристосувань: Довідковий посібник / В. Е. Антонюк. – Білорусія, 1991. – 400 с.
22. Каталог Kennametal [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.kennametal.com/ru/ru/products.html>.

Додатки

Додаток А

Керуюча програма для оброблення кришки на верстаті з ЧПК

```
%  
O1001  
G21  
M110  
M24  
  
N1 (FACE1)  
G0 G28 G53 B0. (SUB SPINDLE RETURN)  
G28 U0. V0.  
G28 W0.  
M90  
G54  
G99 G18 M34  
G50 S600  
T0700  
M8  
G97 S179 M3 P11  
G0 Z5.  
X160. Y0.  
G96 S90 M3 P11  
Z-0.586  
X140.  
G1 X132.828 F0.4  
X130. Z-2.  
X-1.6  
X1.228 Z-0.586  
G0 X140.  
Z-2.586  
G1 X132.828  
X130. Z-4.  
X-1.6  
X1.228 Z-2.586  
G0 X140.  
Z-3.586  
G1 X132.828  
X130. Z-5.  
X-1.6  
X1.228 Z-3.586  
G0 X160.  
Z5.  
G97 S179 M3 P11  
  
(PROFILE ROUGHING2)  
G97 S191 M3 P11  
G0 Z5.  
X150. Y0.  
G96 S90 M3 P11  
Z-4.4  
X127.6  
G1 Z-41.8 F0.4  
X130.  
X132. Z-40.8  
G0 Z-4.4
```

X125.2
G1 Z-7.427
Z-41.8
X127.6
X129.6 Z-40.8
G0 Z-4.4
X123.007
G1 Z-6.331
X125.2 Z-7.427
X127.2 Z-6.427
G0 Z-4.4
X122.014
G1 X120.814
Z-5.234
X123.007 Z-6.331
X125.007 Z-5.331
G0 X131.2
Z-4.4
X150.
Z5.
G97 S191 M3 P11

(PROFILE FINISHING1)

G97 S191 M3 P11
G0 Z5.
X150. Y0.
G96 S90 M3 P11
Z-3.234
X121.875
G1 X120.531 F0.4
Z-5.234
X125. Z-7.469
Z-41.187
X127.828 Z-42.602
X129.
G0 X150.
Z5.
G97 S191 M3 P11
M9
G28 U0. V0.
G28 W0.
M110
M1

N2(DRILL1)

G0 G28 G53 B0. (SUB SPINDLE RETURN)
G28 U0. V0.
G28 W0.
M5 P11
M90
G54
G98 G17 M35
G0 G28 H0.
T0101
M8
G97 S300 M3 P12
G0 Z15.
X92. Y0. C135.

```

G80
G0 Z5.
G83 C135. Z-7. R-5. F45. M89
C90. M89
C45. M89
C-45. M89
C-90. M89
C-135. M89
G80
G0 Z15.
M5 P12
M90
M9
G28 U0. V0.
G28 W0.
M110
M1

N3(DRILL2)
G0 G28 G53 B0. (SUB SPINDLE RETURN)
G28 U0. V0.
G28 W0.
M90
G54
G98 G17 M35
G0 G28 H0.
T1010
M8
G97 S600 M3 P12
G0 Z15.
X92. Y0. C135.
G0 Z5.
G83 C135. Z-61. R-13. F252. M89
C90. M89
C45. M89
C-45. M89
C-90. M89
C-135. M89
G80
G0 Z15.
M5 P12
M90
M9
G28 U0. V0.
G28 W0.
M110
M1

N4(BORE1)
G0 G28 G53 B0. (SUB SPINDLE RETURN)
G28 U0. V0.
G28 W0.
M90
G54
G98 G18 M35
G0 G28 H0.
T1111
M8

```

G97 S577 M3 P12
G0 Z15.
X90.163 Y0.
C0.
G12.1
G1 X63.454 C32.027 F1500.
Z-3.
Z-4.2 F138.53
C32.02 Z-4.304
C32. Z-4.407
C31.966 Z-4.506
C31.92 Z-4.6
C31.862 Z-4.687
C31.793 Z-4.766
C31.714 Z-4.835
C31.627 Z-4.893
C31.533 Z-4.939
C31.434 Z-4.973
C31.331 Z-4.993
C31.227 Z-5.
C30.827
G3 X65.054 C30.027 I0.8 J0.
X69.384 C33.777 Z-5.333 I0. J2.5
X60.724 Z-5.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-6. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-6.333 I0. J2.5
X60.724 Z-6.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-7. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-7.333 I0. J2.5
X60.724 Z-7.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-8. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-8.333 I0. J2.5
X60.724 Z-8.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-9. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-9.333 I0. J2.5
X60.724 Z-9.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-10. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-10.333 I0. J2.5
X60.724 Z-10.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-11. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-11.333 I0. J2.5
X60.724 Z-11.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-12. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 Z-12.333 I0. J2.5
X60.724 Z-12.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 Z-13. I2.165 J-1.25
X69.384 C33.777 I0. J2.5
X60.724 I-2.165 J-1.25
X65.054 C30.027 I2.165 J-1.25
X66.654 C30.827 I0. J0.8
G1 C31.227
C31.331 Z-12.993
C31.434 Z-12.973
C31.533 Z-12.939
C31.627 Z-12.893
C31.714 Z-12.835
C31.793 Z-12.766
C31.862 Z-12.687

C31.92 Z-12.6
C31.966 Z-12.506
C32. Z-12.407
C32.02 Z-12.304
C32.027 Z-12.2
Z5. F1500.
X-1.6 C45.5
Z-3.
Z-4.2 F138.53
C45.493 Z-4.304
C45.473 Z-4.407
C45.439 Z-4.506
C45.393 Z-4.6
C45.335 Z-4.687
C45.266 Z-4.766
C45.187 Z-4.835
C45.1 Z-4.893
C45.006 Z-4.939
C44.907 Z-4.973
C44.804 Z-4.993
C44.7 Z-5.
C44.3
G3 X0. C43.5 I0.8 J0.
X4.33 C47.25 Z-5.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-5.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-6. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-6.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-6.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-7. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-7.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-7.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-8. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-8.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-8.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-9. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-9.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-9.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-10. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-10.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-10.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-11. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-11.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-11.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-12. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 Z-12.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-12.667 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 Z-13. I2.165 J-1.25
X4.33 C47.25 I0. J2.5
X-4.33 I-2.165 J-1.25
X0. C43.5 I2.165 J-1.25
X1.6 C44.3 I0. J0.8
G1 C44.7
C44.804 Z-12.993
C44.907 Z-12.973
C45.006 Z-12.939
C45.1 Z-12.893
C45.187 Z-12.835
C45.266 Z-12.766

C45.335 Z-12.687
C45.393 Z-12.6
C45.439 Z-12.506
C45.473 Z-12.407
C45.493 Z-12.304
C45.5 Z-12.2
Z5. F1500.
X-66.654 C32.027
Z-3.
Z-4.2 F138.53
C32.02 Z-4.304
C32. Z-4.407
C31.966 Z-4.506
C31.92 Z-4.6
C31.862 Z-4.687
C31.793 Z-4.766
C31.714 Z-4.835
C31.627 Z-4.893
C31.533 Z-4.939
C31.434 Z-4.973
C31.331 Z-4.993
C31.227 Z-5.
C30.827
G3 X-65.054 C30.027 I0.8 J0.
X-60.724 C33.777 Z-5.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-5.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-6. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-6.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-6.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-7. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-7.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-7.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-8. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-8.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-8.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-9. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-9.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-9.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-10. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-10.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-10.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-11. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-11.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-11.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-12. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 Z-12.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-12.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 Z-13. I2.165 J-1.25
X-60.724 C33.777 I0. J2.5
X-69.384 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C30.027 I2.165 J-1.25
X-63.454 C30.827 I0. J0.8
G1 C31.227
C31.331 Z-12.993
C31.434 Z-12.973
C31.533 Z-12.939
C31.627 Z-12.893
C31.714 Z-12.835

C31.793 Z-12.766
C31.862 Z-12.687
C31.92 Z-12.6
C31.966 Z-12.506
C32. Z-12.407
C32.02 Z-12.304
C32.027 Z-12.2
Z5. F1500.
X-66.654 C-33.027
Z-3.
Z-4.2 F138.53
C-33.034 Z-4.304
C-33.054 Z-4.407
C-33.088 Z-4.506
C-33.134 Z-4.6
C-33.192 Z-4.687
C-33.261 Z-4.766
C-33.34 Z-4.835
C-33.427 Z-4.893
C-33.521 Z-4.939
C-33.62 Z-4.973
C-33.722 Z-4.993
C-33.827 Z-5.
C-34.227
G3 X-65.054 C-35.027 I0.8 J0.
X-60.724 C-31.277 Z-5.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-5.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-6. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-6.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-6.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-7. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-7.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-7.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-8. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-8.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-8.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-9. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-9.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-9.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-10. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-10.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-10.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-11. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-11.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-11.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-12. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 Z-12.333 I0. J2.5
X-69.384 Z-12.667 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 Z-13. I2.165 J-1.25
X-60.724 C-31.277 I0. J2.5
X-69.384 I-2.165 J-1.25
X-65.054 C-35.027 I2.165 J-1.25
X-63.454 C-34.227 I0. J0.8
G1 C-33.827
C-33.722 Z-12.993
C-33.62 Z-12.973
C-33.521 Z-12.939
C-33.427 Z-12.893

C-33.34 Z-12.835
C-33.261 Z-12.766
C-33.192 Z-12.687
C-33.134 Z-12.6
C-33.088 Z-12.506
C-33.054 Z-12.407
C-33.034 Z-12.304
C-33.027 Z-12.2
Z5. F1500.
X-1.6 C-46.5
Z-3.
Z-4.2 F138.53
C-46.507 Z-4.304
C-46.527 Z-4.407
C-46.561 Z-4.506
C-46.607 Z-4.6
C-46.665 Z-4.687
C-46.734 Z-4.766
C-46.813 Z-4.835
C-46.9 Z-4.893
C-46.994 Z-4.939
C-47.093 Z-4.973
C-47.196 Z-4.993
C-47.3 Z-5.
C-47.7
G3 X0. C-48.5 I0.8 J0.
X4.33 C-44.75 Z-5.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-5.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-6. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-6.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-6.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-7. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-7.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-7.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-8. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-8.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-8.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-9. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-9.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-9.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-10. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-10.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-10.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-11. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-11.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-11.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-12. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 Z-12.333 I0. J2.5
X-4.33 Z-12.667 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 Z-13. I2.165 J-1.25
X4.33 C-44.75 I0. J2.5
X-4.33 I-2.165 J-1.25
X0. C-48.5 I2.165 J-1.25
X1.6 C-47.7 I0. J0.8
G1 C-47.3
C-47.196 Z-12.993
C-47.093 Z-12.973
C-46.994 Z-12.939

C-46.9 Z-12.893
C-46.813 Z-12.835
C-46.734 Z-12.766
C-46.665 Z-12.687
C-46.607 Z-12.6
C-46.561 Z-12.506
C-46.527 Z-12.407
C-46.507 Z-12.304
C-46.5 Z-12.2
Z5. F1500.
X63.454 C-33.027
Z-3.
Z-4.2 F138.53
C-33.034 Z-4.304
C-33.054 Z-4.407
C-33.088 Z-4.506
C-33.134 Z-4.6
C-33.192 Z-4.687
C-33.261 Z-4.766
C-33.34 Z-4.835
C-33.427 Z-4.893
C-33.521 Z-4.939
C-33.62 Z-4.973
C-33.722 Z-4.993
C-33.827 Z-5.
C-34.227
G3 X65.054 C-35.027 I0.8 J0.
X69.384 C-31.277 Z-5.333 I0. J2.5
X60.724 Z-5.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-6. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-6.333 I0. J2.5
X60.724 Z-6.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-7. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-7.333 I0. J2.5
X60.724 Z-7.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-8. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-8.333 I0. J2.5
X60.724 Z-8.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-9. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-9.333 I0. J2.5
X60.724 Z-9.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-10. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-10.333 I0. J2.5
X60.724 Z-10.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-11. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-11.333 I0. J2.5
X60.724 Z-11.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-12. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 Z-12.333 I0. J2.5
X60.724 Z-12.667 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 Z-13. I2.165 J-1.25
X69.384 C-31.277 I0. J2.5
X60.724 I-2.165 J-1.25
X65.054 C-35.027 I2.165 J-1.25
X66.654 C-34.227 I0. J0.8
G1 C-33.827
C-33.722 Z-12.993
C-33.62 Z-12.973

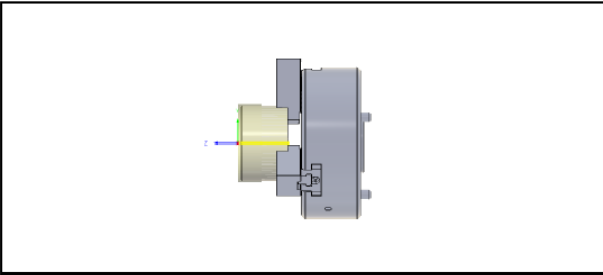
C-33.521 Z-12.939
C-33.427 Z-12.893
C-33.34 Z-12.835
C-33.261 Z-12.766
C-33.192 Z-12.687
C-33.134 Z-12.6
C-33.088 Z-12.506
C-33.054 Z-12.407
C-33.034 Z-12.304
C-33.027 Z-12.2
Z15. F1500.
G13.1
M5 P12
M9

M25
G0 G28 U0. V0.
G28 W0.
G0 G28 G53 B0. (SUB SPINDLE RETURN)
M35
G28 H0.
M89
M34
G54 M80
M111
M30
%

Додаток Б

Карта налаштування для оброблення кришки на верстаті з ЧПК

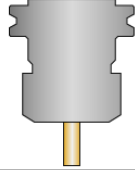
Setup

<p>WCS: #0</p> <p>Stock: DX: 130mm DY: 130mm DZ: 85mm</p> <p>Part: DX: 125mm DY: 125mm DZ: 80mm</p> <p>Stock Lower in WCS #0: X: -65mm Y: -65mm Z: -85mm</p> <p>Stock Upper in WCS #0: X: 65mm Y: 65mm Z: 0mm</p>	
---	--




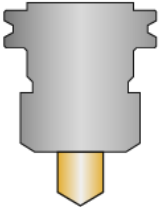
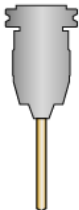
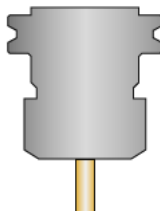
Total

<p>NUMBER OF OPERATIONS: 6</p> <p>NUMBER OF TOOLS: 4</p> <p>TOOLS: T1 T7 T10 T11</p> <p>MAXIMUM Z: 15mm</p> <p>MINIMUM Z: -61mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 252mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 600rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 1603.53mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 1858.16mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 12m:47s</p>
--

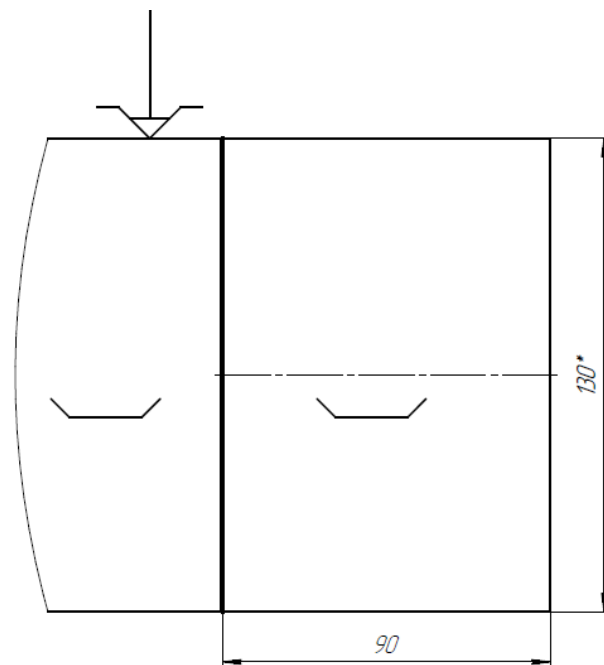
Tools

<p>T1 D1 L1</p> <p>Type: center drill LIVE</p> <p>DIAMETER: 19.05mm</p> <p>TIP ANGLE: 118°</p> <p>LENGTH: 22.64mm</p> <p>FLUTES: 2</p> <p>DESCRIPTION: #8 Center Drill</p>	<p>MINIMUM Z: -7mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 45mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 300rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 42mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 327.88mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:0s (7.8%)</p>	<p>HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>VENDOR: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	
<p>T7 D0</p> <p>Type: general turning</p> <p>INSERT: ISO C 80deg</p> <p>EDGE LENGTH: 9.82mm</p> <p>NOSE RADIUS: 0.8mm</p> <p>CROSS SECTION: T</p> <p>TOLERANCE: M</p> <p>RELIEF: N 0deg</p> <p>COMPENSATION: Tip tangent</p> <p>DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	<p>MINIMUM Z: -42.6mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 240mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 600rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 351.62mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 453.27mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:52s (22.4%)</p>	<p>HOLDER: ISO L Right</p>	
<p>T10 D10 L10</p> <p>Type: drill LIVE</p> <p>DIAMETER: 8mm</p> <p>TIP ANGLE: 118°</p> <p>LENGTH: 82.54mm</p> <p>FLUTES: 1</p>	<p>MINIMUM Z: -61mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 252mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 600rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 318mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 699.88mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:24s (11%)</p>	<p>HOLDER: Maritool CAT40-APU13 Drill Chuck</p> <p>VENDOR: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-APU13</p>	
<p>T11 D11 L11</p> <p>Type: flat end mill LIVE</p> <p>DIAMETER: 8mm</p> <p>LENGTH: 22.5mm</p> <p>FLUTES: 3</p> <p>DESCRIPTION: 8mm Flat Endmill</p>	<p>MINIMUM Z: -13mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 138.526mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 577rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 891.92mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 377.12mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 6m:31s (51%)</p>	<p>HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>VENDOR: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	

Operations

<p>Operation 1/6 DESCRIPTION: Face1 STRATEGY: Turning Face WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 2mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -5mm SURFACE SPEED: 90m/min FEEDRATE PER REV: 0.4mm CUTTING DISTANCE: 220.16mm RAPID DISTANCE: 245.33mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:23s (10.8%) COOLANT: FLOOD</p>	<p>T7 D0 Type: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.8mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	
<p>Operation 2/6 DESCRIPTION: Profile Roughing2 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1.2mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -41.8mm SURFACE SPEED: 90m/min FEEDRATE PER REV: 0.4mm CUTTING DISTANCE: 89.32mm RAPID DISTANCE: 127.54mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:1s (7.9%) COOLANT: FLOOD</p>	<p>T7 D0 Type: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.8mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	
<p>Operation 3/6 DESCRIPTION: Profile Finishing1 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1.2mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -42.6mm SURFACE SPEED: 90m/min FEEDRATE PER REV: 0.4mm CUTTING DISTANCE: 42.14mm RAPID DISTANCE: 80.4mm ESTIMATED CYCLE TIME: 28s (3.7%) COOLANT: FLOOD</p>	<p>T7 D0 Type: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.8mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	
<p>Operation 4/6 DESCRIPTION: Drill1 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -7mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 300rpm MAXIMUM FEEDRATE: 45mm/min CUTTING DISTANCE: 42mm RAPID DISTANCE: 327.88mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:0s (7.8%) COOLANT: FLOOD</p>	<p>T1 D1 L1 Type: center drill LIVE DIAMETER: 19.05mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 22.64mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: #8 Center Drill</p>	
<p>Operation 5/6 DESCRIPTION: Drill2 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -61mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 600rpm MAXIMUM FEEDRATE: 252mm/min CUTTING DISTANCE: 318mm RAPID DISTANCE: 699.88mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:24s (11%) COOLANT: FLOOD</p>	<p>T10 D10 L10 Type: drill LIVE DIAMETER: 8mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 82.54mm FLUTES: 1</p>	
<p>Operation 6/6 DESCRIPTION: Bore1 STRATEGY: Bore WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm</p>	<p>MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -13mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 577rpm MAXIMUM FEEDRATE: 138.526mm/min CUTTING DISTANCE: 891.92mm RAPID DISTANCE: 377.12mm ESTIMATED CYCLE TIME: 6m:31s (51%) COOLANT: FLOOD</p>	<p>T11 D11 L11 Type: flat end mill LIVE DIAMETER: 8mm LENGTH: 22.5mm FLUTES: 3 DESCRIPTION: 8mm Flat Endmill</p>	

Дубл.															
Взамін.															
Підпис															
											Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
														1	1
Розробив	Похилюк О.А.				КПІ ім.Ігоря Сікорського										
Перевірив	Джулій Д.Ю.														
Н. контр.					Кришка							ДП		005	



*Розмір для довідок

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
----	----	--------	--------	------

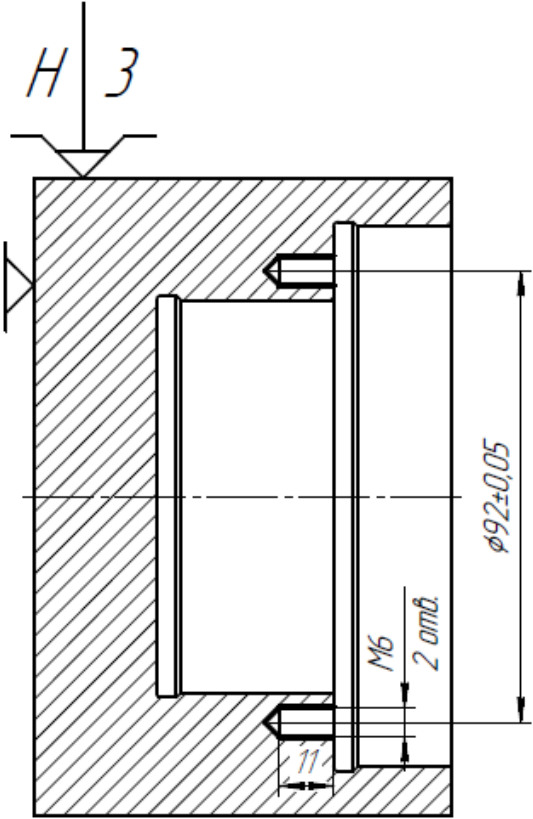
1	1
---	---

Розробив	Похилюк О.А.		
Перевірив	Джулій Д.Ю.		
Н. контр.			

КПІ ім.Ігоря Сікорського

Кришка

ДП		010
----	--	-----



$\sqrt{Ra 3,2 (\sqrt{1})}$

КЕ

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

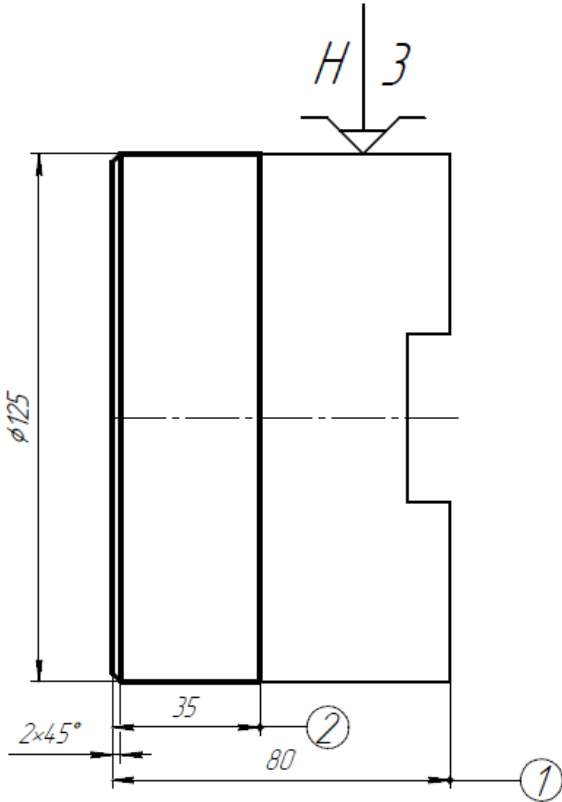
--	--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

			1	1
--	--	--	---	---

Розробив	Похилюк О.А.			КПІ ім.Ігоря Сікорського		
Перевірив	Джулій Д.Ю.					

Н. контр.				Кришка		ДП		015
-----------	--	--	--	--------	--	----	--	-----



$\sqrt{Ra 3,2 (\sqrt{1})}$

KE

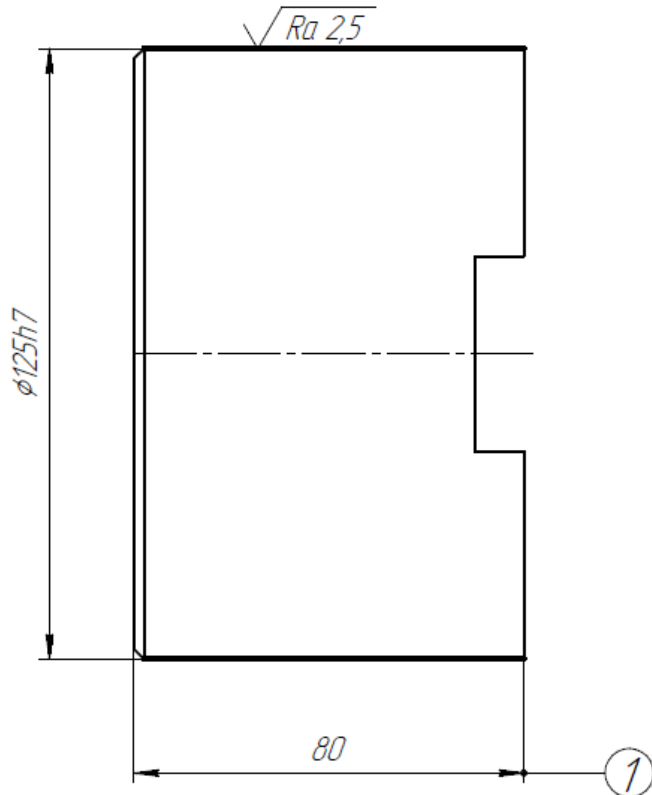
Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

			1	1
--	--	--	---	---

Розробив	Похилюк О.А.			КПІ ім.Ігоря Сікорського		
Перевірив	Джулій Д.Ю.					

				Кришка		ДП		025
Н. контр.								



KE	
----	--

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
----	----	--------	--------	------

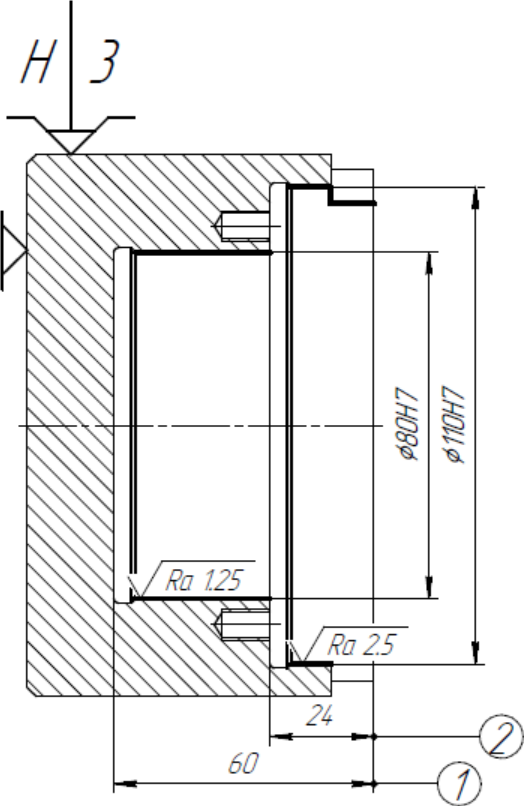
1	1
---	---

Розробив	Похилюк О.А.		
Перевірив	Джулій Д.Ю.		
Н. контр.			

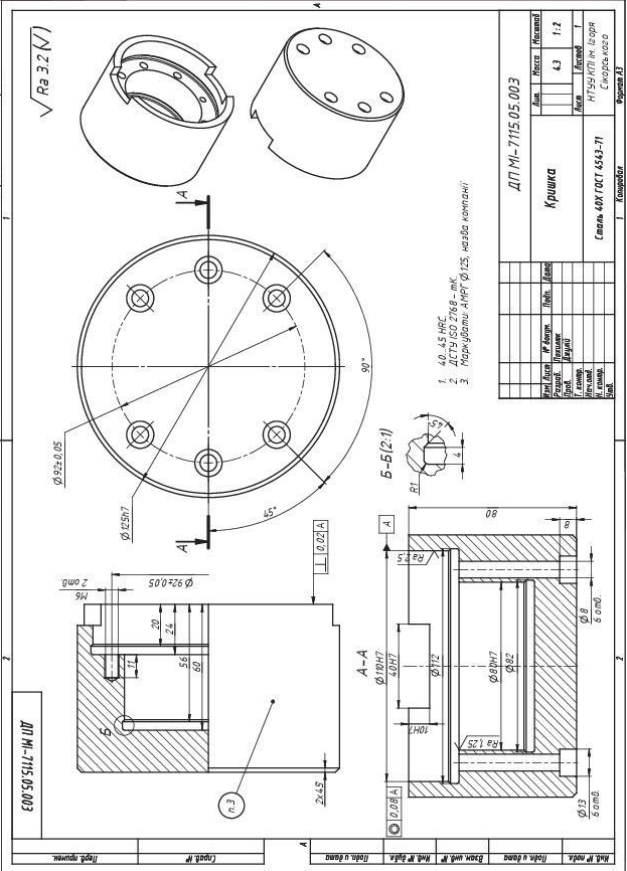
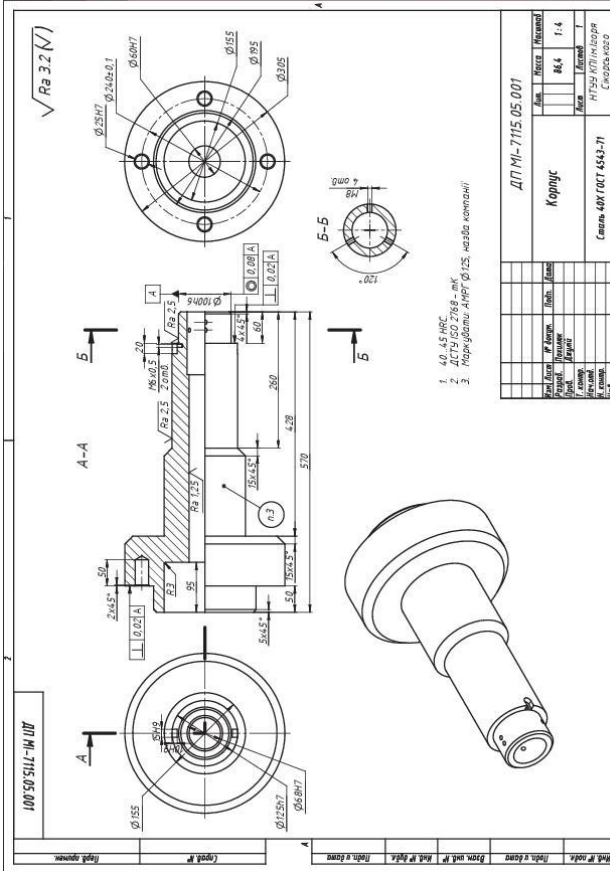
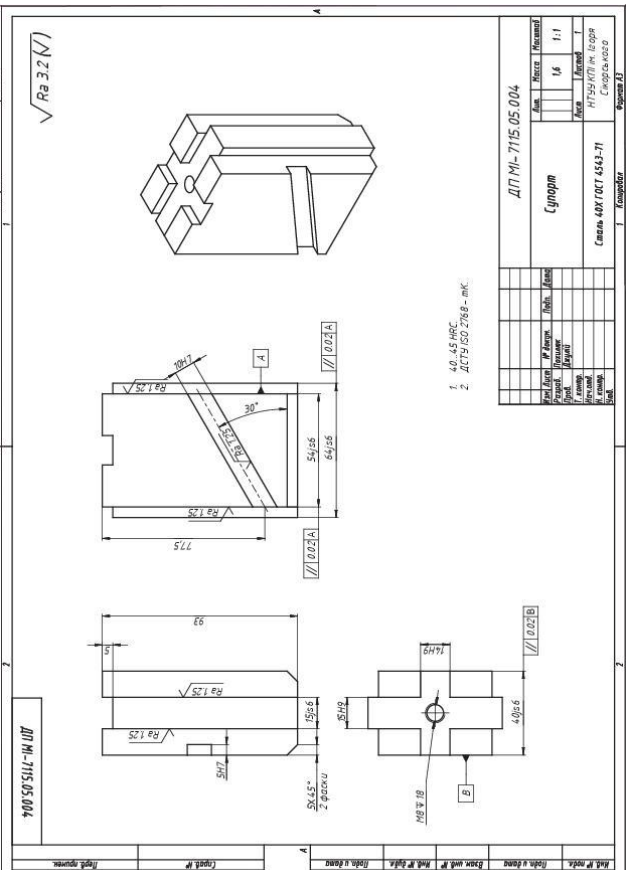
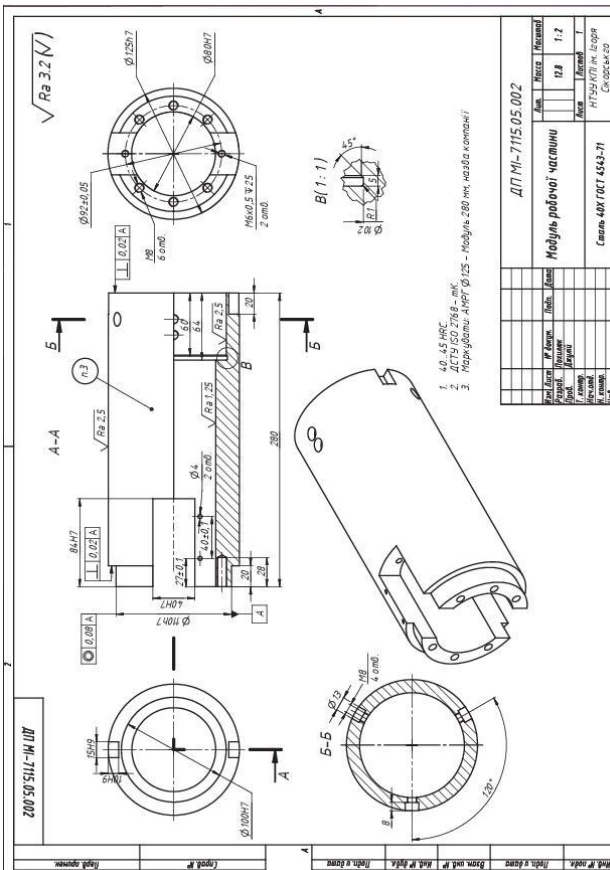
КПІ ім.Ігоря Сікорського

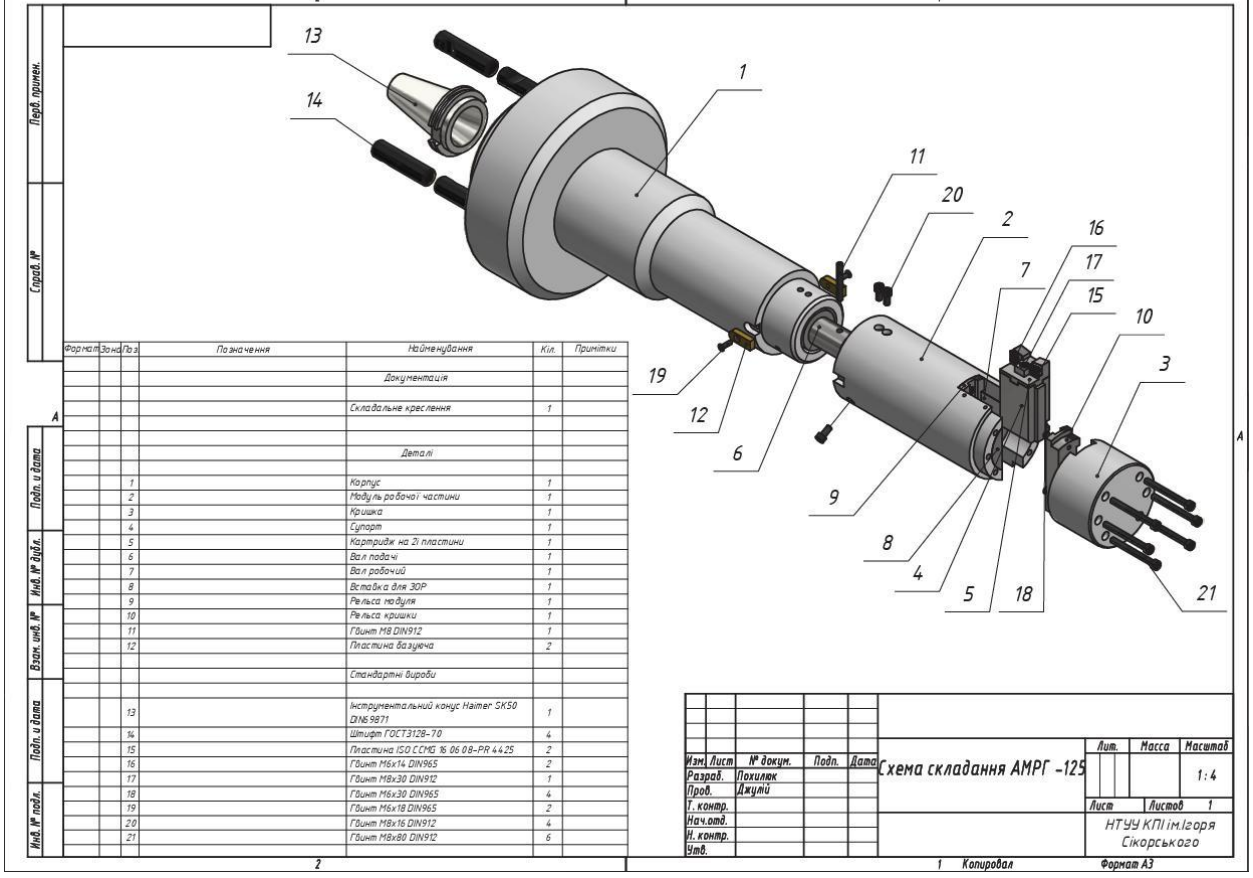
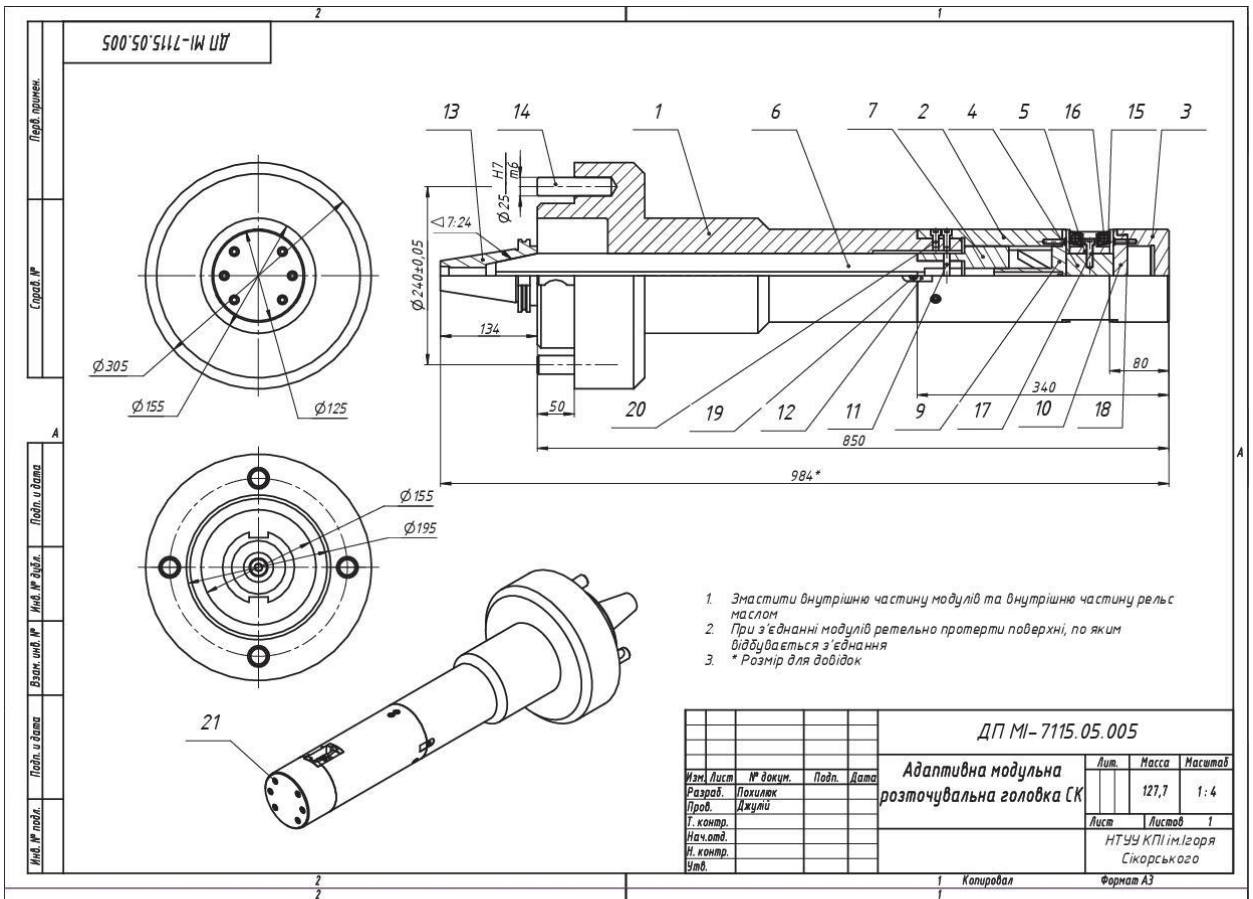
Кришка

ДП 030



КЕ

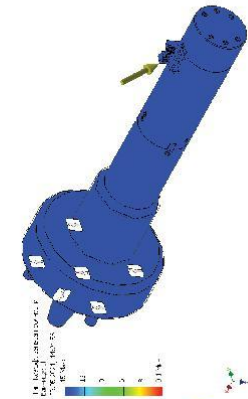
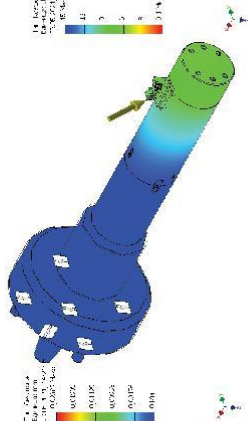
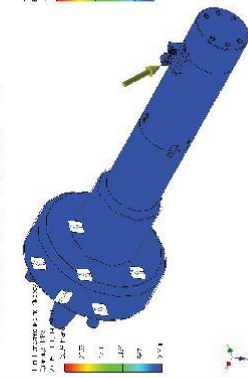




Аналіз напружено-деформованого стану

Результати

Пластина 1



- Тангенціальна сила різання $P_z = 414,19 \text{ Н}$
- Напруження інструмента: max – 3094 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,0039 мм, min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,22.

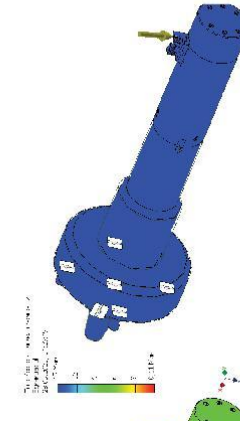
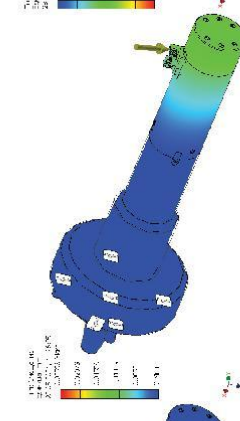
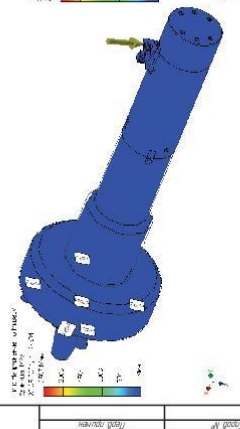
Радіальна сила різання $P_y = 207,095 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 983,4 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,0065 мм, min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,12.

Осьова сила різання $P_x = 103,54 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 737,6 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,012 мм, min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,08.

Пластина 2



Тангенціальна сила різання $P_z = 414,19 \text{ Н}$

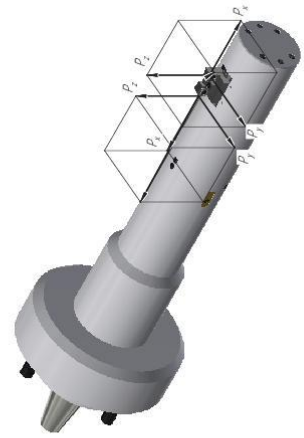
- Напруження інструмента: max – 2815 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,024 мм, min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,11.

Радіальна сила різання $P_y = 207,095 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 832,1 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,0084 мм, min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,08.

Осьова сила різання $P_x = 103,54 \text{ Н}$

- Напруження інструмента: max – 760,6 МПа, min – 0 МПа;
- Деформація зсуву: max – 0,0054 мм, min – 0 мм;
- Коефіцієнт запасу міцності: max – 15, min – 0,05.



Розрахунок сил різання:
 $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 15^{-0,1} \cdot 0,2^{0,2} = 222,78 \text{ Н}$ $P_z = 414,19 \text{ Н}$
 $P_y = 10 \cdot 25 \cdot 0,51 \cdot P_z = 0,54 \cdot 414,19 = 207,095 \text{ Н}$
 $P_x = 10 \cdot 1 \cdot 0,251 \cdot P_z = 0,25 \cdot 414,19 = 103,54 \text{ Н}$

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки									
						Стандартні вироби											
				13		Інструментальний конус Haimer SK50 DIN69871	1										
				14		Штифт ГОСТ3128-70	4										
				15		Пластина ISO CCM6 16 06 08-PR 4425	2										
				16		Гвинт M6x14 DIN965	2										
				1		Гвинт M8x30 DIN912	1										
				18		Гвинт M6x30 DIN965	4										
				19		Гвинт M6x18 DIN965	2										
				20		Гвинт M8x16 DIN912	4										
		21		Гвинт M8x80 DIN912	6												
КМЛАС-30 в/81 Чудова версія © 2019 ООО "АКОН-Системы металлообработки", Россия. Все права защищены. Изм. № подл. Подл. и дата Изм. инв. № Инв. № д/дл. Подл. и дата Изм. инв. № Инв. № д/дл. Подл. и дата	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. Лист	Лист	Листов	Изм. Лист									
									Разраб.	Похилюк							
									Пров.	Джцлий				2	2		
									Н.контр.								
									Чтв.								
									Адаптивна модульна розточувальна головка						НТУУ КПІ ім.Горія Сікорського		
									Не для комерційного використання						Копіював		
															Формат А4		

