

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі "Опора ДК-12.08"
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФТА.25.16.ПЗ

виконав студент 4 курсу група ПМТ-21-1
Шифр


Підпис

Володимир ЯШУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

формконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

захисту допускаю:
керівник кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

зроблено «10» липень 2025

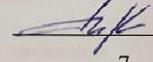
Хмельницький 20 25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

7 . 02 . 2025

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Ящуку Володимир Петрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Опора ДК-12.08" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Ткачук Віталій Павлович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі "Опора ДК-12.08" та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5 тис.

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

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А2); створення деталі в САМ Esprit (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

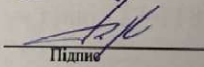
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент


Підпис

Володимир ЯЩУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Ящук Володимир Петрович на захист дипломного проекту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Опора ДК-12.08» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Ящук В. П. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 21,43 %, добре 64,29 %, задовільно 14,29 %. шкалою ЄКТС: А 22,64 %, В 30,19 %, С 32,08 %, D 11,32 %, E 3,77 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Володимир Ящук власно приступить до виконання дипломного проекту та систематично працював над її виконанням. Загалом проєкт має достатні знання із загальноінженерських та спеціальних дисциплін. Загалом робота виконана згідно із завданнями та засадовує оцінку «відмінно».

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проекту

Віталій ТКАЧУК

Віталій ТКАЧУК

" 10 " серпень 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Ящук В. П. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

Віталій ТКАЧУК

" 10 " серпень 2025 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ _____

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення "Осифо ДК-12.08"
 Автор Володимир Ткачук
 Освітня програма технологія машинобудування
 Рівень вищої освіти бакалавр
 Спеціальність Прикладна механіка
 Науковий керівник: Ткачук Р.П.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	✓
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

Док. Проф. Ткачук Р.П. - 6/3
кадр. Відділ № 4 - 7/37

Дата _____

Завідувач кафедри

Ткачук Р.П.
 П.І.М. ТКАЧУК

Гарант освітньої програми

Ткачук Р.П.
 П.І.М. ТКАЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи

Ткачук Р.П.
 П.І.М. ТКАЧУК

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу Ящук В. П.
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі «Опора ДК-12.08» з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності.
Дипломна робота складається з усіх необхідні розділів згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Було обрано економічно вигідний метод отримання заготовки, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення деталі опора з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено конструкцію пристрою для оброблення отворів деталі на фрезерному верстаті та контрольний пристрій.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені на високому рівні з виконанням основних вимог.

Все це демонструє досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні та заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: _____



Багач О. П.

« 17 » « 06 » 2025 р.

Завідувачу кафедри

Віталія ТКАЧУК

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Людмила БОЛОДІШКО

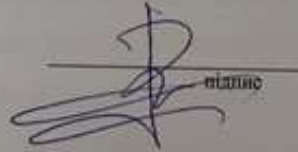
ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

10.06.25
дата


підпис

Реферат
Дипломного проекту на тему:
Технологія виготовлення деталі " Опора ДК-12.08" з використанням
верстатів з ЧПК

Здобувач: Володимир ЯЩУК Керівник: к.т.н., доцент Віталій ТКАЧУК

Випускна кваліфікаційна робота 65 с., 12 рис., 22 табл., 23 використаних
джерел, 1 дод.

Ключові слова: ОПОРА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, ЧПК,
РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ.

У дипломному проекті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Опора ДК-12.08», що є відповідальною вузловою складовою конструкційного з'єднання, яка сприймає осьові та радіальні навантаження. Особливістю обробки даної деталі є наявність точних посадочних поверхонь, співвісних отворів і фрезерованих площин, що вимагають високої точності взаємного розташування.

Для забезпечення вимог до точності, якості поверхні, взаємозамінності та стабільності обробки, в проекті передбачено використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Це дозволяє автоматизувати процес обробки, зменшити вплив людського фактора та забезпечити повторювану точність на рівні IT7–IT8.

Автор: Володимир ЯЩУК

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

2.2 Проєктування технологічного маршруту оброблення деталі

2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність;

2.2.2 Вибір технологічних баз;

2.2.3 Проєктування маршруту оброблення поверхонь деталі;

2.2.4 Вибір технологічного обладнання

2.2.5 вибір металорізального інструменту

2.3 Розроблення технологічних операцій

2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні.

2.5 Розрахунок режимів різання

2.6 Технічне нормування операцій

2.7 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

2.8 Оформлення технологічної документації

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проєктування робочого пристосування

3.1.1 Розроблення схеми базування

3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.

3.1.3 Визначення необхідної сили затиску.

3.1.4 Вибір приводу

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.1.5 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

1.1. Аналіз можливих небезпечних, шкідливих факторів НС під час роботи на ділянці

1.2. Розробка заходів щодо зниження небезпечних та шкідливих факторів при роботі на ділянці

1.3. Розробка заходів щодо зниження шкідливого впливу техпроцесу на ділянці на природу

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Слово «технологія» означає науку, що систематизує сукупність прийомів та способів обробки (переробки) сировини, матеріалів, напівфабрикатів відповідними знаряддями виробництва з метою отримання готової продукції. До складу технології включається і технічний контроль виробництва. Найважливіші показники, що характеризують техніко-економічну ефективність технологічного процесу: витрата сировини, напівфабрикатів та енергії на одиницю продукції; кількість і якість готової продукції, виробів; рівень продуктивності праці; інтенсивність процесу; витрати на виробництво; собівартість продукції, виробів.

Предметом дослідження та розробки в технології машинобудування є види обробки, вибір заготовок, якість оброблюваних поверхонь, точність обробки та припуски на неї, базування заготовок; способи механічної обробки поверхонь – плоских, циліндричних, складно профільних та ін; методи виготовлення типових деталей – корпусів, валів, зубчастих коліс та ін; процеси складання (характер з'єднання деталей та вузлів, принципи механізації та автоматизації складальних робіт); конструювання пристроїв.

Технологія машинобудування постійно оновлюється і змінюється у міру розвитку техніки. Удосконалення технології – важлива умова прискорення технічного прогресу. Впровадження в машинобудування верстатів з числовим програмним управлінням – це один із найбільш прогресивних напрямків автоматизації металообробки на промислових підприємствах. Відмінною особливістю цих верстатів є можливість комплексної обробки деталей (струмлення, свердління, фрезерування, різьбонарізання) без їх перебазування з автоматичною зміною різальних інструментів.

Металорізальні верстати з програмним управлінням є досконалою групою машин, в якій широко використовуються засоби автоматики, електроніки, електричні, механічні та інші пристрої.

За видом управління верстати з програмним управлінням діляться на верстати із системними цикловими програмними управліннями (ЦПУ) та верстати

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

із системами числового програмного управління (ЧПУ). В даний час поширені верстати з ЧПУ.

Розвиток технології машинобудування на сучасному етапі дозволить здійснити перехід до масового застосування високоефективних систем машин та технологічних процесів, що забезпечують комплексну механізацію та автоматизацію виробництва, технічне переозброєння його основних галузей.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «опора» на основі існуючих базового технологічного процесу з використанням сучасного обладнання високопродуктивного оснащення з метою зниження собівартості та покращення організації праці.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

1. ВИХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1.Базова інформація

- 1) базовий технологічний процес виготовлення деталі «Опора»;
- 2) робочі креслення деталі «Опора»;
- 3) режим роботи цеху – двозмінний;
- 4) матеріал деталі – Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015.

1.2. Керівна інформація

Стандарти ЕСКД; ЕСТПП; ЕСТД.

1.3. Довідкова інформація

- 1) вид вихідної заготовки – штампування;
- 2) наявне обладнання;
- 3) нормативні дані щодо вибору заготовки, припусків, режимів різання, нормування тощо;
- 4) довідкова література.

1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Деталь «Опора» застосовується у технологічному оснащенні, тобто є частиною верстатного пристрою і служить для закріплення на ній напрямних елементів пристрою. Сама деталь завдяки прямокутним виступам знаходиться в корпусі пристосування.

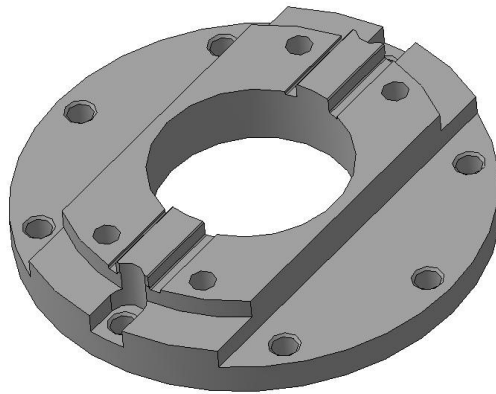


Рисунок 1.1 – Опора

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

Опора є тілом обертання та складається з наступних конструктивних елементів. Лівий торець деталі є базою Е. З лівого торця до деталей розташована зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 140,4h8$ завдовжки 8 мм. Дана поверхня служить посадковою і сполучається з корпусом пристосування, тому вона виконується за 8-м квалітетом з шорсткістю $Ra2,5$ мкм. Дана поверхня служить базою Д. До неї примикає ще один зовнішній циліндричний ступінь $\varnothing 175h14$ довжиною $20h14$ мм. Ця поверхня є вільною, тобто не сполучається з іншими поверхнями. Також у конструкції деталі є ступінчастий осьовий наскрізний отвір. З правого торця воно має такі розміри ступенів $\varnothing 132H9x4$ мм і $\varnothing 75H14$. Ступінь отвору $\varnothing 132H9$ є базою Ж. З нею сполучаються інші деталі пристосування. До даної поверхні, а також до прилеглого торця пред'являються вимоги щодо биття 0,1 мм відносно баз Д і Е. З лівого торця деталі також розташовані два прямокутні центруючі пази. Вони виконані вздовж вертикальної осі деталі та мають ширину $14,3h11$ мм та висоту 5 мм. Для точного центрування виступів у прилеглих місцях до торця оброблені дві паралельних виступам канавки шириною 4,5 мм і глибиною 1,5 мм. До ширини виступів пред'являються допуски симетричності 0,1 мм відносно бази Д. На периферії поверхні $\varnothing 175$ мм, з боку виступів оброблені два протилежні симетричні пази шириною $14,5H14$ мм, глибиною 21 мм і довжиною 20 мм. До ширини даних пазів пред'являється допуск симетричності 0,1 мм відносно бази Д. Також паралельно пазам профрезеровано дві паралельні лиски так, що товщина деталі з правого торця становить 12 мм. Відстань між лисками дорівнює $84 h 14$ мм. Також у деталі є наскрізні гладкі отвори $\varnothing 10A11$, розташовані рівномірно на діаметрі $\varnothing 155$ мм. До цих отворів пред'являється вимога щодо позиційного допуску на радіус 0,16 мм відносно бази Ж. Гострі кромки притуплені фасками $1x45^\circ$ мм. З правого торця деталі виконані чотири гладкі ступінчасті, наскрізні отвори під потаємне кріплення. – $\varnothing 26H14x14x\varnothing 10A11$ мм. Осі даних отворів симетрично розташовані відносно вертикальної та горизонтальної осі деталі на відстанях 21,45 мм та 57,15 мм відповідно. До цих отворів висуваються вимоги щодо позиційного допуску 0,25 мм на радіус відносно бази Д. Деталь виготовляється з конструкційної, легованої

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сталі марки 40X ДСТУ 7806:2015. У технічних вимогах вказана необхідна твердість 269...302 НВ. Допускається виготовляти деталь із сталі 45X ДСТУ 7806:2015. Невказана шорсткість становить Rz80 мкм.

1.3. Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Виходячи з габаритів, маси та річного обсягу випуску виробу проводиться вибір типу виробництва. Тип виробництва та відповідні йому форми організації виробництва визначають характер технологічного процесу та його побудову.

У машинобудуванні розрізняють умовно три типи виробництва: одиничне, серійне та масове.

Масовий тип виробництва характеризується випуском продукції обмеженої номенклатури у великих обсягах, які практично не обмежуються за наявності виробничих потужностей, матеріальних та трудових ресурсів. Великі обсяги випуску виробів створюють у масовому виробництві умови високого ступеня спеціалізації, яка сягає закріплення за кожним робочим місцем однієї операції. При цьому кожне робоче місце оснащується спеціальним обладнанням та технологічним оснащенням.

При серійному виробництві виготовляють серію виробів, що регулярно повторюються при певних проміжках часу. Характерна ознака серійного виробництва – виконання робочому місці кількох повторюваних операцій. У серійному виробництві з'являється можливість обробки деталі партіями при застосуванні поряд з універсальними спеціальними засобами праці.

Одиничний тип виробництва – це виробництво, характерне малим обсягом випуску однакових виробів, повторний виріб яких, як правило, не передбачається. Заводи з одиничним типом виробництва створюються виготовлення виробів обмеженого споживання, для цього виробництва характерна вільна номенклатура виробів. Замовлення в одиничному виробництві мають індивідуальний характер і, як правило, більше не повторюються. У одиничному виробництві в основному використовується універсальне обладнання і універсальне технологічне оснащення.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.1 – Визначення типу виробництва за річною програмою випуску

Тип виробництва	Річний випуск виробів одного найменування, шт.		
	Великі, важкі більше 500 кг.	Середні, от 30 до 500 кг.	Дрібні, легкі менше 30 кг.
Одиничне	1-5	6-10	11-100
Серійне	5-1000	10-5000	100-50000
Масове	Більше 1000	Понад 5000	Понад 50000

Таблиця 1.2 – Вибір серійності виробництва

Серійність виробництва	Кількість деталей в партії, шт.		
	Великі, важкі більше 500 кг.	Середні, від 30 до 500 кг.	Дрібні, легкі менше 30 кг.
Дрібносерійне	3-10	5-25	10-50
Середньосерійне	11-50	20-200	51-500
Багатосерійне	Понад 50	Понад 200	Понад 500

Проаналізувавши конструктивні особливості деталі приходимо до висновку: так як деталь дрібногабаритна з масою 2,29 кг і на рік обробляється 4000 штук, то тип виробництва – великосерійний.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

2.1.1. Аналіз способів отримання заготовки та вибір оптимального

Правильно вибрати заготовку – це вибрати раціональний метод її отримання, встановити припуски на механічну обробку кожної оброблюваної поверхні, розрахувати розміри заготовки та визначити допуски неточності її виготовлення, визначити відхилення та технічні умови виробництва заготовки. Доцільність та економічна ефективність того чи іншого виду заготовки залежить від багатьох факторів і насамперед від серійності виробництва.

Враховуючи технологічні властивості матеріалу, конструктивні форми та розміри деталі, величину програми запуску вибрали метод формоутворення заготовки – гаряче об'ємне штампування.

Припуски на механічну обробку та допуски на виготовлення штампувань регламентовані ДСТУ 9182:2022 і залежать від маси заготовки, точності виготовлення, групи сталі, ступеня складності, вихідного індексу, розмірів та шорсткості поверхонь, що обробляються.

Визначаємо масу поковки

$$M_{п.р.} = M_d \cdot K_p \quad (2.1)$$

де $M_{п.р.}$ - розрахункова маса поковки, кг;

M_d – маса деталі, кг; $M_d = 2,29$ кг.

K_p – розрахунковий коефіцієнт $K_p = 1,5$

$$M_{п.р.} = 2,29 \cdot 1,5 = 3,44 \text{ кг}$$

Визначаємо клас точності поковки

Враховуючи, що заготовку отримуємо на пресах, визначаємо клас точності Т4.

Визначаємо групу сталі.

Група сталі за вмістом вуглецю ($C = 0,40\%$) М2

Визначаємо ступінь складності

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$C = \frac{M_{п.р.}}{M_{фиг}} \quad (2.2)$$

де $M_{фиг}$ – маса фігури мінімального обсягу, в яку вписується поковка, кг.

$$M_{фиг} = \frac{V_{фиг} \cdot J}{1000} \quad (кг) \quad (2.3)$$

де J – питома вага, г/см³. $J=7,8$ г/см³.

$V_{фиг}$ – об'єм фігури, в яку вписується поковка, мм.³

$$V_{фиг} = \left(\frac{\pi \cdot D_{фиг}^2}{4} \right) \cdot L_{фиг} \quad (мм.3) \quad (2.4)$$

де $D_{фиг}$ – діаметр фігури, мм.

$L_{фиг}$ – довжина фігури, мм.

$$D_{фиг} = D_{дет} \cdot 1,05 = 175 \cdot 1,05 = 183,75 \text{ мм}$$

$$L_{фиг} = L_{дет} \cdot 1,05 = 28 \cdot 1,05 = 29,4 \text{ мм}$$

$$V_{фиг} = \left(\frac{3,14 \cdot 183,75^2}{4} \right) \cdot 29,4 = 4240 \text{ мм}^3$$

$$M_{фиг} = 4,24 \text{ кг}$$

$$C = \frac{2,29}{4,24} = 0,52$$

Оскільки $C=0,57$ приймаємо $C2$

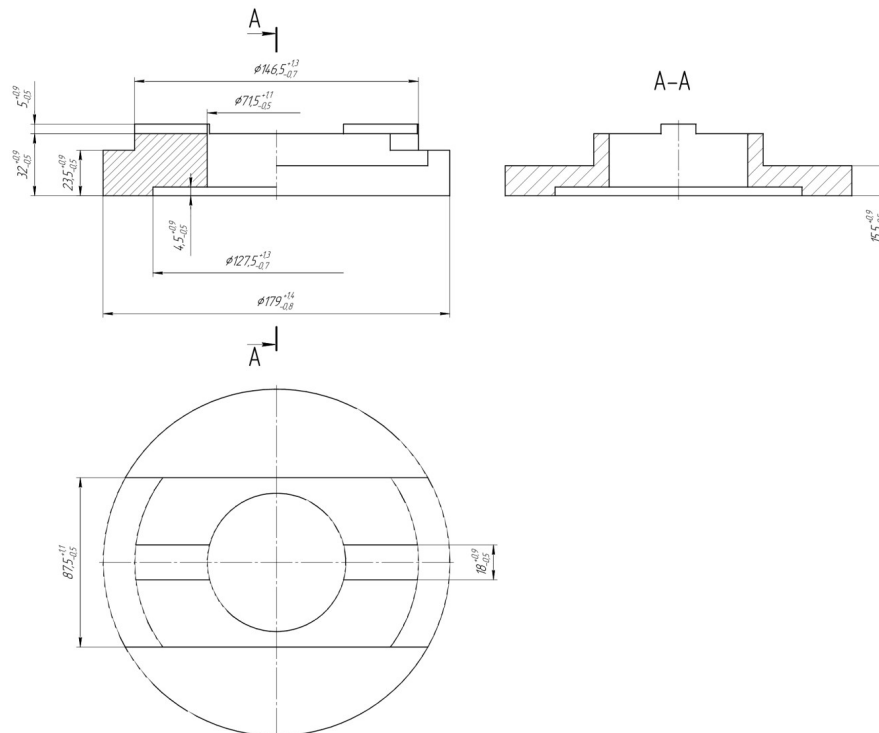


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

Визначаємо конфігурацію поверхні роз'єму штампу

Приймаємо поверхню роз'єму штампу П – плоска.

Визначаємо вихідний індекс

Для Мп.р. = 2,29 кг, Т4, С2, М2 вихідний індекс - 12.

Для визначення раціональнішого варіанту заготовки зробимо техніко-економічний розрахунок таких показників, як коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{вик}}$.

$$K_{\text{вик}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}}, \quad (2.5)$$

де $m_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг;

$m_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг.

Для штамповки:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{2,29}{3,52} = 0,65$$

Для круглого прокату:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{2,29}{6,14} = 0,37$$

Дана сталь використовується для виготовлення таких деталей як осі, вали, вали-шестерні, плунжери, штоки, колінчасті та кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті вінці, болти, півосі, втулки та інші деталі підвищеної міцності, що поліпшуються.

Для виробництва деталі «Опора» доцільно використовувати сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, оскільки вона підходить за всіма параметрами.

2.1.3. Економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Розглянемо вибрані методи отримання заготовок для цієї деталі:

1. гаряче об'ємне штампування на ГКМ;
2. сортовий гарячекатаний прокат.

Вихідні дані для розрахунку вартості заготовки:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.Штамповка ДСТУ 9182:2022 . 2. Прокат ДСТУ 9182:2022 .

- циліндрична частина: Ø180мм,

- круг Ø200мм

- довжина – 30мм,

Вартість 1 тонни металу - 60000 грн.

Вартість 1 тонни відходів (стружка сталева) – 15000 грн.

Таблиця 2.1 – Порівняння показників способів отримання заготовки

Показник	Варіант	
	Перший	Другий
Вид заготовки	Штамповка	Прокат
Клас точності	T4	B
Група складності	1	1
Маса заготовки, Q кг	3,12	6,14
Базова вартість 1т заготовок Si, грн.	65000	50000
Вартість 1т стружки S _{відх} , грн.	15000	15000

Перший варіант.

Вартість заготовки зі штампування.

$$S_{\text{заг}} = (S_i/1000 \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - (Q - q) S_{\text{отх}}/1000,$$

де

$k_T=1$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності

$k_c=0,77$ – коефіцієнт, що залежить від групи складності

$k_B=1$ – коефіцієнт, що залежить від маси і матеріалу

$k_M=1,13$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу

$k_{\text{П}}=1$ – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва

Q – маса заготовки

q – маса готово] деталі

$$S_{\text{заг}} = (65000/1000 \cdot 2,29 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1) - (3,52 - 2,29) \cdot 15000/1000 = 108,7 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вик}} = M_{\text{д}}/M_{\text{з}},$$

$$K_{\text{вик}} = 2,29/3,52 = 0,65 \quad (2.6)$$

Другий варіант.

Вартість заготовки з прокату:

$$S_{\text{заг}} = M_{\text{пр}} \frac{S_{\text{пр}}}{1000} - (M_{\text{пр}} - M_{\text{д}}) \frac{S_{\text{омх}}}{1000}, \text{ грн.} \quad (2.7)$$

де $M_{\text{пр}}$ – маса заготовки з прокату, кг,

$M_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$S_{\text{пр}}$ – вартість однієї тонни прокату, грн.;

$S_{\text{омх}}$ – вартість однієї тонни прокату, грн.;

$$S_{\text{заг}} = 6,14 \frac{50000}{1000} - (6,14 - 2,29) \frac{15000}{1000} = 238 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вик}} = M_{\text{д}}/M_{\text{з}},$$

$$K_{\text{вик}} = 2,29/6,14 = 0,37$$

Висновок:

Так як деталь «Опора» з одного боку має форму тіла обертання, а з іншого – фасонну, то коефіцієнт корисного використання матеріалу при штампуванні буде більшим, ніж у прокату ($K_{\text{вик}}: 0,69 > 0,37$) і вартість на її виготовлення значно нижча ($S_{\text{заг}}: 108,7 \text{ грн.} < 238 \text{ грн.}$)

Приймаємо спосіб отримання заготовки методом гарячого об'ємного штампування на ГKM.

2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат, при

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, обсягу випуску та умови виконання робіт (ДСТУ 3321:2003)

Відпрацювання конструкцій на технологічність ведеться за виконаними кресленнями і має передувати розробці технологічних процесів і є частиною робіт із забезпечення технологічності на етапах розробки конструкцій виробу та постановці її на виробництво.

При оцінці якості продукції поряд з іншими показниками якості продукції визначаємо показники технологічності, які характеризують властивості продукції, що зумовлюють оптимальний розподіл витрат матеріалів, засобів праці та часу при технологічній підготовці виробництва для виготовлення та експлуатації продукції. Ці витрати залежать від правильного вибору технологічного процесу, його оснащення, механізації, автоматизації та застосування оптимальних режимів обробки. Аналіз технологічності виробу проводиться на всіх етапах розробки та постановки продукції на виробництво відповідно до вимог нормативно-технічної документації.

Оцінку технологічності деталі виконують за кресленням деталі двома способами: якісним та кількісним.

Для аналізу технологічності позначимо поверхні деталі. (Рис.2)

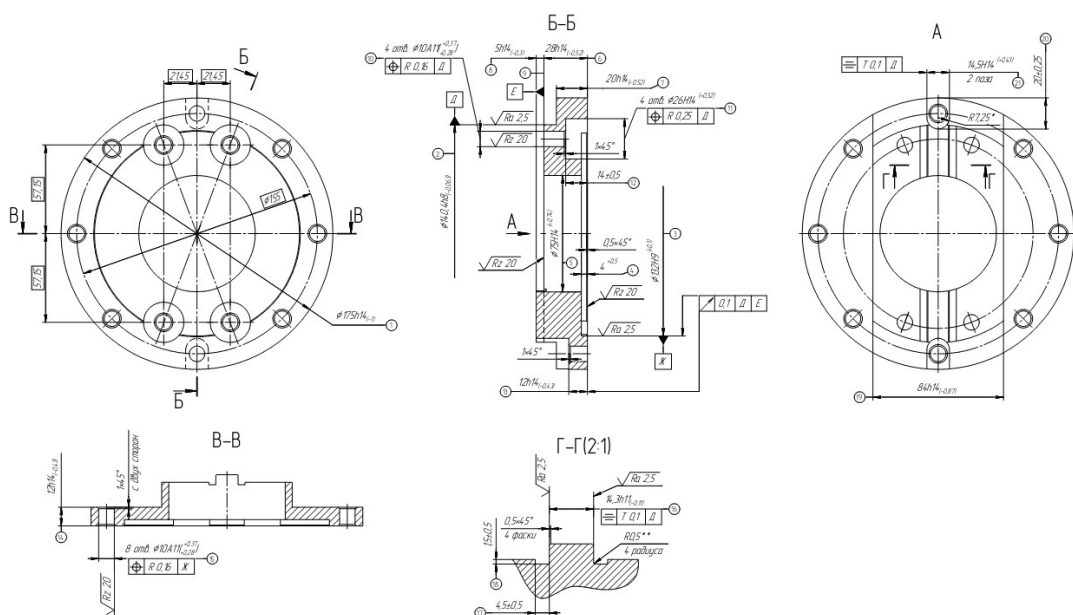


Рисунок 2.2 – Ескіз деталі з позначеними поверхнями

									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ				

Якісна оцінка технологічності

Якісна оцінка технологічності деталі зводиться до встановлення відкритих, напіввідкритих та закритих поверхонь. Усі відкриті та напіввідкриті поверхні легко обробляються, вони технологічні. Закриті поверхні важкодоступні, важко оброблювані, вони технологічні.

До відкритих поверхонь відносяться: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 21

До напіввідкритих поверхонь відносяться: 4, 7, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 26

До закритих поверхонь відносяться: -

Так як відкритих і напіввідкритих поверхонь більше ніж закритих, отже, деталь легкооброблювана, вона технологічна.

Точність діаметральних та лінійних розмірів відповідає : h8, H9, A11, h11, h14, H14.

Вимоги до точності деталі не завищені. Точність геометричної форми перебуває у межах допуску.

Точність взаємного розташування поверхонь знаходиться в межах:

- позиційний допуск: 0,16 мм; 0,25 мм на радіус;
- допуск симетричності: T0,1 мм;
- допуск биття: 0,1 мм.

Точність інших поверхонь, котрим не зазначена величина відхилення, перебуває у межах допуску.

Шорсткість поверхні в залежності від ділянки деталі знаходиться в межах:

Rz 80; Rz 20, Ra 2,5;

Шорсткість поверхонь деталей не завищена. Деталь складається із уніфікованих поверхонь. Геометрична форма та розміри деталі забезпечують жорсткість при механічній обробці.

На деталі є поверхні зручні для використання їх як базові.

При аналізі креслення деталі можна назвати, що у кресленні є всі необхідні, види, розрізи, розміри, параметри шорсткості.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При проектуванні деталі було дотримано принцип єдності баз, отже, похибка базування зводиться до мінімуму, деталь технологічна.

Матеріал, з якого виготовляється деталь, широко поширений і є не дорогим, а також добре обробляється різанням. Деталь технологічна за матеріалом.

Малогабаритні розміри деталі не великі, що позбавляє необхідності у застосуванні спеціальних пристроїв та обладнання при транспортуванні та встановлення деталі на верстат.

2. 5. Розробка технологічного процесу

2.5.1. Складання маршруту обробки

Технологічний процес – це частина виробничого процесу безпосередньо пов'язаного зі зміною розмірів, форми або властивостей матеріалу, обробки заготовки, виконувану в певній послідовності (ДСТУ 3.1128:2014).

Розробка технологічного процесу складається з комплексу взаємопов'язаних робіт, передбачених стандартами ЕСТПІ, і повинна виконуватися у повній відповідності до вимог (ДСТУ-Н 7916:2015).

При розробці маршрутної технології слід дотримуватися принципів:

1. В першу чергу обробляти поверхні, які є базовими для подальших операцій.

2. Кожна наступна операція повинна зменшувати похибки та покращувати якість поверхонь.

3. Необхідно дотримуватися принципу концентрації операцій, при якому якомога більше поверхонь повинно оброблятися в одній операції.

4. Необхідно дотримуватися принципів суміщення та сталості баз.

5. Необхідно враховувати, на яких стадіях технологічного процесу доцільно проводити механічну, термічну та інші види обробки залежно від вимог креслення.

6. Обробка поверхонь ведеться в послідовності зворотного ступеня їх точності, чим точніше поверхню, тим пізніше вона обробляється.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1	2	3
010	<p>Установ 2</p> <p>Перевстановити заготовку в 3-х кулачковий патрон за зовнішню поверхню $\varnothing 140,7$ на довжину 15 мм від лівого торця, впершись у торець кулачка;</p> <p>1. Підрізати торець, витримуючи розмір 4 та допуск биття 5.</p> <p>2. Точити поверхню, витримуючи розмір 6.</p> <p>3. Розточити отвір, витримуючи розмір 7.</p> <p>4. Розточити ступінь заздалегідь, витримуючи розміри 8,9,11;</p> <p>5. Розточити отвір остаточно, витримуючи розміри 9,10 та допуск биття 5.</p>	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Арк.

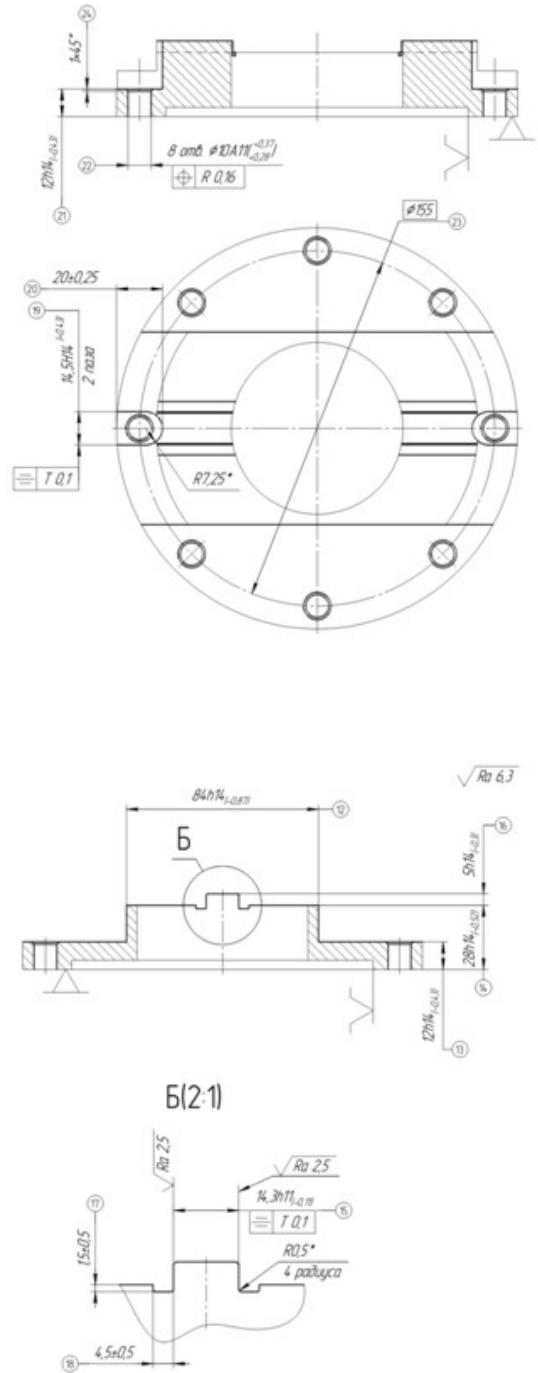
26

Фрезерна з ЧПУ

Встановити заготовлю в пристрій по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 132$ мм, впершись у плоский торець

1. Фрезерувати площини лисок, витримуючи розміри 12,13.
2. Фрезерувати уступи, витримуючи розміри 14,15.
3. Фрезерувати торець уступів, витримуючи розмір 16.
4. Фрезерувати канавки для уступів, витримуючи розміри 15,17,18.
5. Фрезерувати пази, витримуючи розміри 19, 20, 21.
6. Свердлити отвори, витримуючи розміри 22, 23.
7. Зенкувати фаски, витримуючи розмір 24.

015



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

1	2	3
020	<p>Свердлильна з ЧПУ</p> <p>Встановити заготовку в пристрій по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 140,7$ мм, упершись в плоский торець і бічну поверхню виступу</p> <ol style="list-style-type: none"> Свердлити отвори, витримуючи розміри 25,26,27,28,29. Цекувати отвір, витримуючи розміри 30, 31. Зенкувати фаски, витримуючи розмір 32. 	
025	<p>Круглошліфувальна</p> <p>Встановити заготовку в 3-х кулачковий патрон на затискач, базові поверхні $\varnothing 175$ на довжині 20 мм від лівого торця, впершись у торець кулачка.</p> <ol style="list-style-type: none"> Шліфувати поверхню, витримуючи розміри 33,34. 	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

1	2	3
030	Приймальний контроль Контролювати розміри згідно з кресленням деталі	

2.2.4. Вибір обладнання

При виборі обладнання необхідно врахувати таке:

1. Вибраний верстат повинен забезпечувати виконання технічних вимог, що висуваються до виготовлення деталей.
2. Розміри робочої зони верстата повинні відповідати габаритним розмірам деталі, що обробляється.
3. Продуктивність верстата повинна відповідати заданій програмі випуску деталей
4. Потужність, жорсткість та кінематичні можливості верстата повинні дозволяти вести обробку на оптимальних режимах різання з найменшою витратою часу та з найменшою собівартістю.
5. Застосування спеціальних, агрегатних та інших високопродуктивних верстатів має бути економічно обґрунтовано: використання цих верстатів у великосерійному та масовому виробництві завжди доцільно та економічно виправдовується.

Основною перевагою верстатів з ЧПУ у порівнянні з універсальними верстатами з ручним керуванням є: підвищення точності обробки; забезпечення взаємозамінності деталей; скорочення або повна ліквідація розмічальних або слюсарно-притиральних робіт; простота та малий час переналагодження; концентрація переходів обробки на одному верстаті, що призводить до скорочення витрат часу на встановлення заготовки; скорочення кількості операцій; забезпечення високої точності обробки деталей, оскільки процес залежить від навичок оператора; зменшення браку з вини робітника; підвищення продуктивності верстата внаслідок оптимізації технологічних параметрів,

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

автоматизації всіх переміщень; зменшення парку верстатів, оскільки один верстат із ЧПУ замінює кілька верстатів із ручним управлінням.

Тому механічну обробку деталі «Опора» слід проводити на верстатах з ЧПУ. Для цієї мети вибираємо токарний з ЧПУ верстат DMG STX 310 та вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ DMG MORI DMC 635 V та круглошліфувальний верстат моделі CORMAK USM5000.

Загальні характеристики DMG STX 310:

- Тип верстата: горизонтальний токарний центр з ЧПУ
- Система керування: Siemens 840D / Fanuc (залежно від комплектації)
- Макс. діаметр обробки: до 320 мм
- Макс. довжина обробки: до 450 мм
- Діаметр прутка через шпиндель: до 51 мм (у деяких модифікаціях — до 65 мм)
- Патрон: зазвичай гідравлічний, 3-кулачковий, Ø200–250 мм
- Потужність головного шпинделя: 11–15 кВт
- Діапазон обертів шпинделя: до 5000 об/хв
- Швидкість подачі (ось X/Z): до 30 м/хв
- Інструментальна голівка: револьверна, 12 позицій (опційно з приводним інструментом)



Рисунок 2.3 – токарний з ЧПУ верстат DMG STX 310

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30



Рисунок 2.4 – вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ DMG MORI DMC 635 V

DMG MORI DMC 635 V – Технічна характеристика

1. Загальна інформація:

- Тип: вертикальний обробний центр з ЧПК
- Виробник: DMG MORI (Німеччина/Японія)
- Серія: DMC V eco / DMC V

2. Переміщення по осях:

- X: 635 мм
- Y: 510 мм
- Z: 460 мм

3. Робочий стіл:

- Розмір столу: 900 × 560 мм
- Максимальне навантаження: до 600 кг
- Кількість Т-подібних пазів: 5 пазів (ширина – 18 мм, крок – 100 мм)

4. Шпиндель:

- Шпиндельний конус: ISO 40 (SK 40 / BT 40)
- Максимальні оберти: 8 000 об/хв (опційно до 12 000 або 24 000 об/хв)
- Потужність двигуна: 13–17 кВт

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

- Максимальний момент: до 83 Н·м
- Охолодження шпинделя: рідинне (опційно)



Рисунок 2.5 – круглошліфувальний верстат моделі CORMAK USM5000

Це універсальний ручний круглошліфувальний верстат, який здатен виконувати широкий спектр операцій: зовнішнє та внутрішнє шліфування, шліфування конусів, плоских поверхонь, а також інструментів. Основні параметри:

Максимальний діаметр заготовки: Ø 200 мм

Максимальна довжина: 500 мм

Обнаружене шліфування Ø5–50 × 400 мм

Внутрішнє шліфування Ø10–50 × 75 мм

Шліфування інструментів Ø200 × 500 мм

Плоске шліфування 100 × 50 мм

2.2.5 Вибір металорізального інструменту

У промисловості на даний час експлуатується понад 25 млн. верстатних пристроїв. Витрати на виготовлення технологічної оснастки при цьому наближаються до витрат виробництва самих металорізальних верстатів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Важливість технологічної оснастки визначається тим, що вона підвищує продуктивність праці та створює передумови для механізації та автоматизації виробництва.

Підвищення продуктивності праці при застосуванні технологічного оснащення забезпечується таким:

- скороченням допоміжного часу на встановлення та закріплення заготовки;
- інтенсифікацією режимів різання за рахунок збільшення жорсткості та вібростійкості системи СНід;

- скороченням пригоночно-слюсарних робіт при складанні виробу;
- розширенням багатостатного обслуговування;
- усунення розмітки заготовок перед обробкою;
- підвищенням точності виготовлення і т.д.

Установку заготовки виконують, здійснюючи щільний контакт базових поверхонь з настановними елементами пристрою, жорстко закріпленими в його корпусі. Це забезпечується докладанням до заготовки відповідних сил закріплення. Для повної орієнтації заготовки число і положення опор має бути таким, щоб за умови дотримання умови невідривності баз від опор заготовка не могла зрушуватися і повертатися щодо координатних осей. При виконанні умови невідривності заготовка позбавляється всіх ступенів свободи.

Число опор (точок), на які встановлюється заготовка, не повинно бути більше шести (правило шести точок). Для забезпечення стійкого положення заготовки у пристосуванні відстань між опорами слід вибрати якомога більшою; при встановленні заготовки на опори не повинен виникати перекидальний момент. Зі збільшенням відстані між опорами зменшується вплив похибок форми базових поверхонь на положення заготовки у пристосуванні. Основні опори жорстко пов'язані з корпусом пристосування.

Найбільш дієвим способом зменшення деформацій заготовки під впливом зусиль закріплення є напрямок зусиль, якщо можливо, на опору. Це позбавляє заготовку від впливу згинальних моментів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При цьому необхідно пам'ятати про деякі шляхи зменшення можливих деформацій: наприклад, не варто докладати більших зусиль, ніж необхідно для надійної фіксації заготовки.

Пристосування, що використовуються:

- 1) Патрон трикулачковий з пневмоприводом ДСТУ 8522-79.
- 2) Спеціальний пристрій для фрезерного верстата на основі циліндричної оправки
- 3) Пристосування для свердлильного верстата.

2.5.4. Вибір різального інструменту

Вибір різального інструменту проводиться в результаті порівняння варіантів, наприклад, за середньою вартістю та ресурсом інструментів різних виробників. Різновид і тип різального інструменту визначаються, перш за все, видом обробки та типом верстата. При цьому слід керуватися умовою максимальної продуктивності з урахуванням необхідної точності обробки та шорсткості обробленої поверхні. Послідовність переходів та типи застосовуваних інструментів визначають за таблицями точності та шорсткості обробки, що наводяться у технологічних довідниках [4]. Кількість використовуваних інструментів має бути мінімальною.

Розміри інструменту повинні забезпечити зняття припуску мінімальної кількості проходів. На верстатах із ЧПУ максимальний діаметр інструменту обмежується умовою його розміщення у магазині. Найбільший розмір інструменту обумовлюється у посібнику до верстата (розміри різцевих головок, діаметри фрез тощо).

Конструкцію інструменту і матеріал різальної частини вибирають в залежності від виду заготовки, стадії обробки, характеру припуску, що знімається, властивостей оброблюваного матеріалу. Переважно застосування твердого сплаву (ТС) за винятком випадків переривчастої обробки жароміцних сталей, недостатньої потужності верстата, обробки отворів малих діаметрів, недостатньої швидкості обертання шпинделя.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

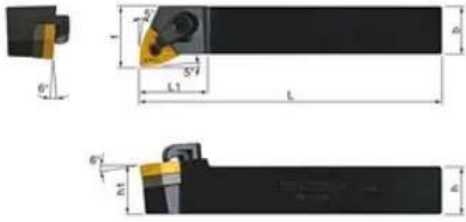
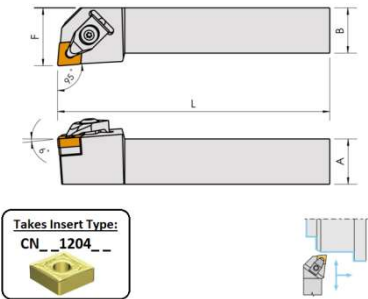

Розміри різальної частини інструменту (довжина головної ріжучої кромки) повинні узгоджуватися з шириною шару, що зрізається (глибиною різання).

Залежно від матеріалу різальної частини інструменту його конструкція може бути цільною або збірною з пластинами з ТС, швидкорізальної сталі або композиту.


Рекомендується застосування комбінованих інструментів, а також інструментів із зносостійкими покриттями ріжучої частини.

Для реалізації технологічного процесу виготовлення деталі «Опора» вибираємо такі різальні інструменти:

Таблиця 2.5 Металорізальні інструменти

<p>Різець токарний підрізний Sandvik QD-JCLNR 2020K-20 Вставка N123G2-0200-0002-TF, GC1125</p>	
<p>DCLNR 2020K12 (Kennametal) Пластина CNMG 120408</p>	
<p>Різець токарний розточувальний Kennametal SCLCR 2525M12 Пластина CCMT 120408-PM KCP25</p>	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

<p>Фреза торцева, насадна Ø160</p> <p>Kennametal – KCFM160-08-C50</p> <p>Пластина</p> <p>АРКТ 1604PDER-K68 KCPM15</p>	
<p>Фреза кінцева Ø4,5</p>	
<p>Фреза кінцева Ø14,5</p>	
<p>Свердло Ø10</p>	
<p>Зенківка конічна Р6М5</p>	
<p>Цековка Ø26</p>	
<p>Шліфувальне коло ПП 600x63 24А 50-Н С1 5 К1 А.</p>	

2.5.5. Вибір засобів контролю

Чинники, що призводять до браку деталей, поділяються на дві групи. До першої групи відноситься зношування базових елементів пристосувань та елементів верстатів, що впливає на точність геометричної форми та взаємного розташування оброблених поверхонь. Це зношування протікає порівняно повільно, і тому немає необхідності здійснювати контроль цих параметрів частіше ніж один раз на тиждень, що робить недоцільним автоматизацію контролю.

До другої групи відноситься розмірне зношування різальних інструментів, а також випадкові фактори (похибки базування деталі, коливання твердості та жорсткості деталі тощо). Це зношування протікає порівняно швидко, і для запобігання можливому браку на автоматизованих лініях та ділянках організовують контроль:

- фактичного розміру обробленої поверхні безпосередньо на верстаті, тобто в процесі обробки;
- статистичний контроль якості оброблюваних деталей; ліміту стійкості інструменту; за роботою нового інструменту.

Автоматизований контроль розмірів оброблюваної деталі безпосередньо на верстаті є найбільш ефективним, оскільки дозволяє попередити вихід за межі допуску розмірів першої деталі. При дії випадкових чинників попереджається повторення шлюбу наступних деталей.

Недоліком контролю на верстаті є деяке зниження продуктивності обладнання за рахунок збільшення допоміжного часу, що може скласти істотну величину за великої кількості контрольованих розмірів.

Засоби контролю, що використовуються:

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ДСТУ 166:2009;

Штангенглибиномір ШГ-200-0,05 ДСТУ 162:2009;

Зразки шорсткості ДСТУ 2834-94

Мікрометр МК 250-1 ДСТУ 6507:2009;

Нутромір НІ 100-160-1 ДСТУ 17215:2009

Калібр-корок гладкий Ø10 ПР-НЕ ДСТУ 14810-69;

Скоба СР 14,3 ДСТУ EN 13889:2014.

Шаблон пазовий накладний, спеціальний.

2.4. Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Для розрахунку припуску розглядатимемо зовнішню циліндричну поверхню Ø140,4h8(-0,063), Ra=2,5 як найбільш точну. Розрахуємо припуски розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами на обробку поверхні Ø140,4h8 представлений у таблиці 7.

Таблиця 7 – Розрахунок припусків та граничних розмірів

Технологічна операція обробки	Елемент припуску				$2Z_{mi}$ н мкм	Розрахуноковий розмір, D_p , мм	Допуск σ , мкм	Пред. р-р, мкм		Пред. значення припуску, мм	
	Rz	T	ρ	ϵ				D_{min}	D_{max}	$2Z_{mi}$ н	$2Z_{max}$
Заготовка	15 0	25 0	165 5	-	-	145,197	2000	145,2	147,2	-	-

Точіння чорнове	50	50	99	250	4148	141,049	630	141,05	141,68	4,15	5,52
Точіння чистове	30	30	66	70	443	140,606	160	140,61	140,77	0,44	0,91
Шліфування	5	15	33	35	269	140,337	63	140,337	140,4	0,273	0,370
Сума:										4,863	6,8

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{ексц.}^2} \quad (13)$$

$\rho_{\text{нi}} = 700$ мкм (похибка зміщення поковок)

$\rho_{\text{уєн.}} = 1500$ мкм – ексцентриситет [1, стр.67]

$$\rho_{\zeta} = \sqrt{700^2 + 1500^2} = 1655 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\rho_1 = \rho_{\zeta\ddot{a}\ddot{a}} \cdot 0,06 = 1655 \cdot 0,06 = 99 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після чистового точіння:

$$\rho_2 = \rho_{\zeta\ddot{a}\ddot{a}} \cdot 0,04 = 1655 \cdot 0,04 = 66 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після шліфування:

$$\rho_3 = \rho_{\zeta\ddot{a}\ddot{a}} \cdot 0,02 = 1655 \cdot 0,02 = 33 \text{ мкм}$$

На підставі записаних у таблиці даних робимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись основною формулою:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (14)$$

Тоді мінімальний припуск під:

чорнове точіння: $2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot \left(150 + 250 + \sqrt{1655^2 + 250^2} \right) = 4148 \text{ мкм};$

чистове точіння: $2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{99^2 + 70^2} \right) = 443 \text{ мкм};$

шліфування: $2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot \left(30 + 30 + \sqrt{66^2 + 35^2} \right) = 269 \text{ мкм};$

Розрахунковий діаметр для:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

шліфування: $D_p=140,4-0,063=140,337$ мм;

чистового розточування: $D_p=140,337+0,269=140,606$ мм;

чорнового розточування: $D_p=140,606+0,443=141,049$ мм;

заготовки: $D_p=141,049+4,148=145,197$ мм;

Граничні розміри:

D_{\min} – це округлений D_p

$D_{\max 4}=140,337+0,063=140,4$ мм;

$D_{\max 3}=140,61+0,16=140,77$ мм;

$D_{\max 2}=141,05+0,63=141,68$ мм;

$D_{\max 1}=145,2+2,0=147,2$ мм;

Граничні значення припуску:

$2Z_{\min 3\text{пр}}=140,61-140,337=0,273$ мм;

$2Z_{\min 2\text{пр}}=141,05-140,61=0,44$ мм;

$2Z_{\min 1\text{пр}}=145,2-141,05=4,15$ мм;

$2Z_{\max 3\text{пр}}=140,77-140,4=0,37$ мм;

$2Z_{\max 2\text{пр}}=141,68-140,77=0,91$ мм;

$2Z_{\max 1\text{пр}}=147,2-141,68=5,52$ мм;

Розрахуємо загальний номінальний припуск та номінальний діаметр заготовки:

$$Z_0 \text{ ном} = Z_0 \text{ min} + N_z - N_d = 4,863 + 1,3 - 0,063 = 6,1 \text{ мм}; \quad (15)$$

$$d_z \text{ ном} = d_d \text{ ном} + Z_0 \text{ ном} = 140,4 + 6,1 = 146,5 \text{ мм}, \quad (16)$$

де N_z , N_d – нижні граничні відхилення розмірів заготовки та деталі відповідно $N_z=1,3$ мм, $N_d=0,063$ мм.

Перевіряємо правильність виконання розрахунків:

$$2Z_0 \text{ max} - 2Z_0 \text{ min} = \delta D_z - \delta D_d;$$

$$6,8 - 4,863 = 2,0 - 0,063;$$

$$1,937 = 1,937$$

Умова виконується. Розрахунки виконані правильно.

Схема графічного розташування припусків та допусків представлена на рисунку 4.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

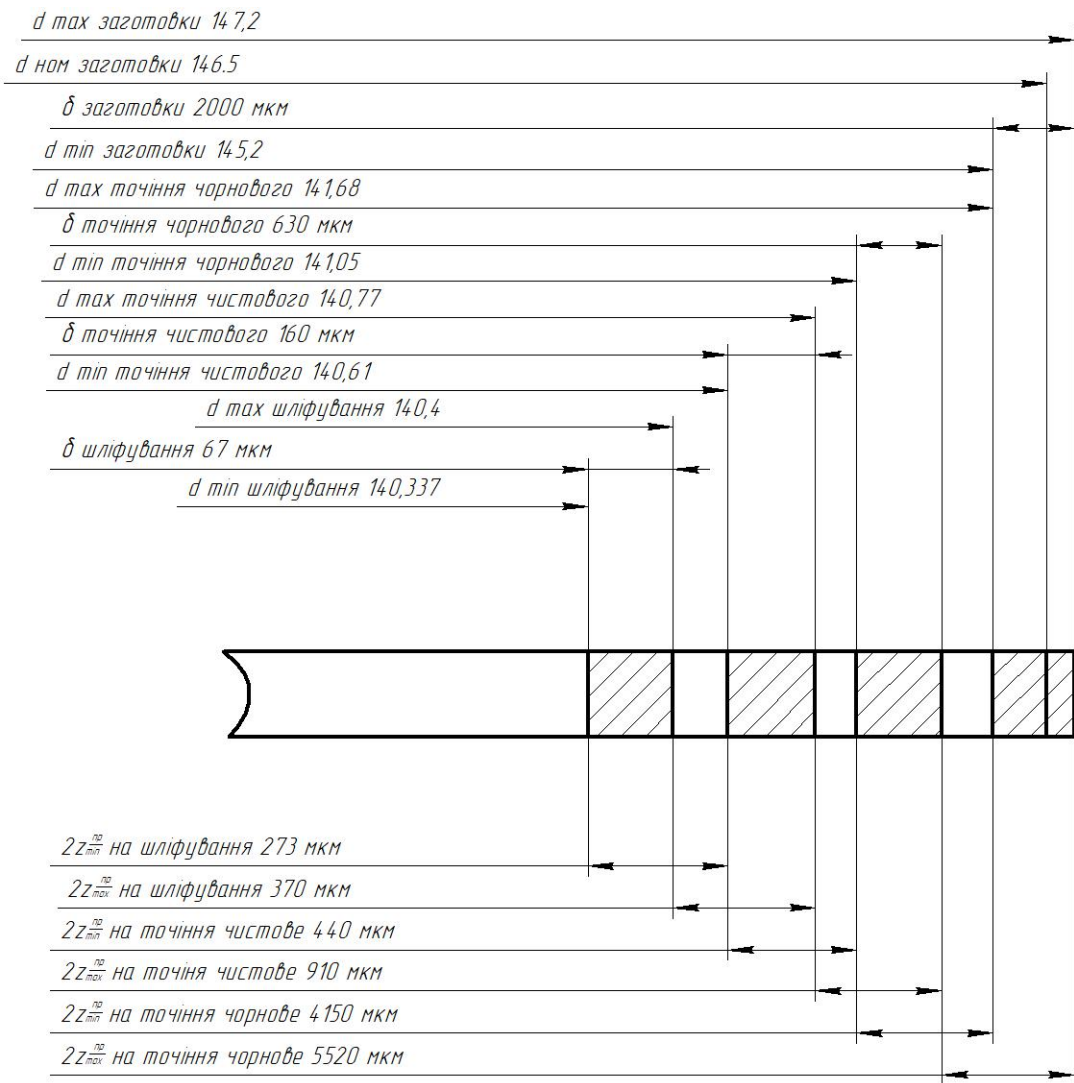


Рисунок 4 – Схема графічного розташування припусків та допусків

2.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання проводиться двома методами: за емпіричними формулами з урахуванням усіх поправочних коефіцієнтів та табличного методу.

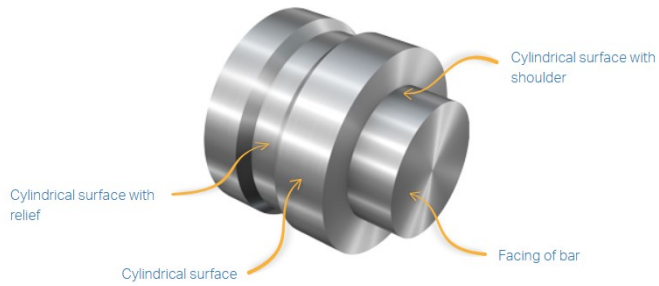
Режимні параметри вибираються таким чином, щоб була забезпечена найбільша продуктивність праці при найменшій собівартості даної технологічної операції.

Розрахуємо режими різання для різноманітних операцій. Для решти операцій режими різання розраховуються аналогічно.

Точіння

Розрахуємо режими різання аналітичним способом для одноразового точіння ступеня деталі $\varnothing 175 \times 20$ мм (Операція 010):

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40



P 126 HB 1C

Turning centre - Medium

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 175 mm

General width parameter WIDTH: 1 mm

Ra roughness value RRA: µm

[More ...](#)

T-Max P

DSSNR 2020K 12 Tool

SNMG 12 04 16-PM 4425 Insert

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Adaptive interface machine direction ADINTMS: Rectangular shank -metric: 20 x 20

Tool life count TLIFEC: 155 Features

Machining time TMF: 00:08.040 min.s

[Save for later](#)

[Build tool assembly](#)

STEPS: 1

PREMACHINING

Cutting speed VC: 338 m/min

Feed per revolution FN: 0.566 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 1

Depth of cut AP: 1 mm

CO₂ EMISSIONS

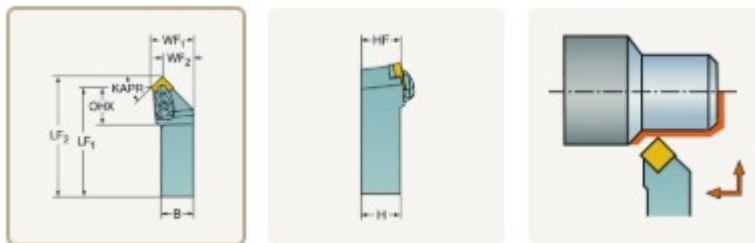
Carbon dioxide emission per component CPC: 12.1 g

Work per component WPC: 0.0301 kWh

[Show detail](#)

Knowledge

Приймаємо
токарний підрізний прохідний різець
Sandvik DSSNR 2020K 12



Вставка SNMG 12 04 16-PM 4425

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Арк.

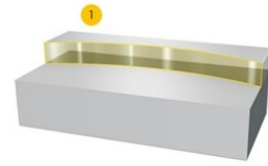
41

Universal machining centre
28 kW, 18000 1/min

Pre-machining

Depth of machining feature DEPTHMF: 3 mm
General width parameter WIDTH: 5 mm
General length parameter LENGTH: 20 mm

More ...



CoroMill 345

A345-038M32-13M Tool
345R-1305M-PH 4330 Insert Face (4x)

Maximum cutting diameter DCX: 52.18 mm
Depth of cut maximum APMX: 6 mm
Tool life count TLIFEC: 9410 Features
Machining time TMF: 00:00.255 mins

Save for later
Build tool assembly

STEPS 1

PREMACHINING

Cutting speed VC: 450 m/min
Feed per tooth FZ: 0.718 mm

CO₂ EMISSIONS
Carbon dioxide emission per component CPC: 0.401 g
Work per component WPC: 0.001 kWh

Show detail
Knowledge

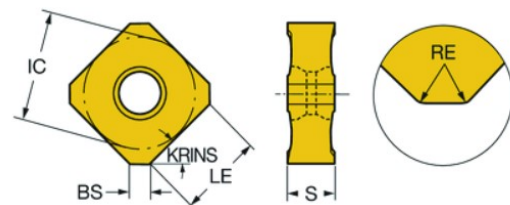
Як ріжучий інструмент обрано торцеву фрезу **indexable (знімний різець)** від Sandvik Coromant

A345-038M32-13M CoroMill® 345



Вставка 345R-1305M-PH 4330

Package quantity: 10
ISO: 345R-1305M-PH 4330
Material Id: 7564420
EAN: 7323223718532
ANSI: 345R-1305M-PH 4330



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Арк.

43

cutting speed	VCm/min	450
feed per tooth	FZmm	0.718
spindle speed	N1/min	3200
feed speed at machined diameter	VFMmm/min	9190
working engagement	AEmm	5
depth of cut	APmm	3
number of passes in AE direction	NOPAE	1
number of passes in AP direction	NOPAP	1
cutting power	PPCKW	5.73
cutting torque	MMCNm	17.1
maximum chip thickness	HEXmm	0.32
material removal rate	QQcm ³ /min	138

2.6. Технічне нормування операцій

Під технічно обгрунтованою нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого обсягу роботи (операції) за певних організаційно-технічних умовах.

Норма штучного часу – це норма часу виконання обсягу роботи, рівної одиниці нормування, виконання технологічної операції.

Технічні норми часу за умов масового та серійного виробництв встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

У серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}; \quad (45)$$

у серійному виробництві визначається норма штучного часу $T_{шт}$:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{об} + t_{от}, \quad (46)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час на партію деталей, хв.;

n – кількість деталей у настроювальній партії, шт.;

t_o – основний час, хв.;

t_b – допоміжний час, хв.

Допоміжний час складається із витрат часу на окремі прийоми:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

$$t_B = t_{y.c} + t_{3.o} + t_{уп} + t_{из}, \quad (47)$$

$t_{y.c}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв;

$t_{3.o}$ – час на закріплення та відкріплення деталі, хв;

$t_{уп}$ – час на прийоми управління, хв.;

$t_{из}$ – час на вимірювання деталі, хв;

$t_{об}$ – час обслуговування робочого місця, хв.

Час на обслуговування робочого місця $t_{об}$ у масовому та серійному виробництві складається з часу на організаційне обслуговування $t_{орг}$ та часу на технічне обслуговування $t_{тех}$ робочого місця:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}; \quad (48)$$

$t_{от}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.

Нормування операції здійснюється відповідно до вибраних методів обробки.

У курсовому проекті привести аналітичний розрахунок основного часу до лише однієї операції. Для решти операцій основний час можна встановити за нормативними довідниками або за базовим технологічним процесом.

Основний (технологічний) час визначається розрахунком по всіх переходах обробки з урахуванням суміщення переходів (для верстатних робіт) за формулою

$$t_o = l \cdot i / n \cdot S, \quad (49)$$

де l – розрахункова довжина оброблюваної поверхні (розрахункова довжина ходу інструменту або заготовки у напрямку подачі), мм;

i – число робочих ходів;

S – подача інструменту, мм/об

У загальному випадку розрахункова довжина поверхні, що обробляється

$$l = l_o + l_{вр} + l_{п} + l_{сх}, \quad (50)$$

де l_o – довжина оброблюваної поверхні у напрямку подачі, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{п}$ – довжина підведення інструменту до заготовки, мм;

$l_{сх}$ – довжина перебігу (сходу) інструменту, мм.

Довжину l_o ; $l_{вр}$, $l_{п}$, $l_{сх}$ визначають за нормативам ($l_{п} = l_{сх} \approx 1 \dots 2$ мм).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

Значення $l_{вр}$ можна визначити розрахунковим шляхом за схемою обробки.

$$t_{оп} = t_o + t_b; \quad (51)$$

Розрахунок норм часу порохований і результати знаходяться в таблиці 10.

Таблиця 10 – Визначення норм часу

Номер найменування операції	i	t _o , хв	t _b			t _b	t _{об}		t _{от}	t _{шт}
			t _{yc}	t _{уп}	t _{из}		t _{тех}	t _{орг}		
010 Токарна з ЧПУ		11,8	0,29	0,8	2,48	3,57	0,25	0,19	0,5	16,3
015 Фрезерна з ЧПУ		4,7	0,29	0,2	0,87	1,36	0,25	0,19	0,5	6
015 Свердлильна з ЧПУ		1,23	0,29	0,2	0,87	1,36	0,25	0,19	0,5	7,5
025 Кругло- шліфувальна		1,65	0,27	0,4	0,72	1,39	0,25	0,19	0,5	9,5

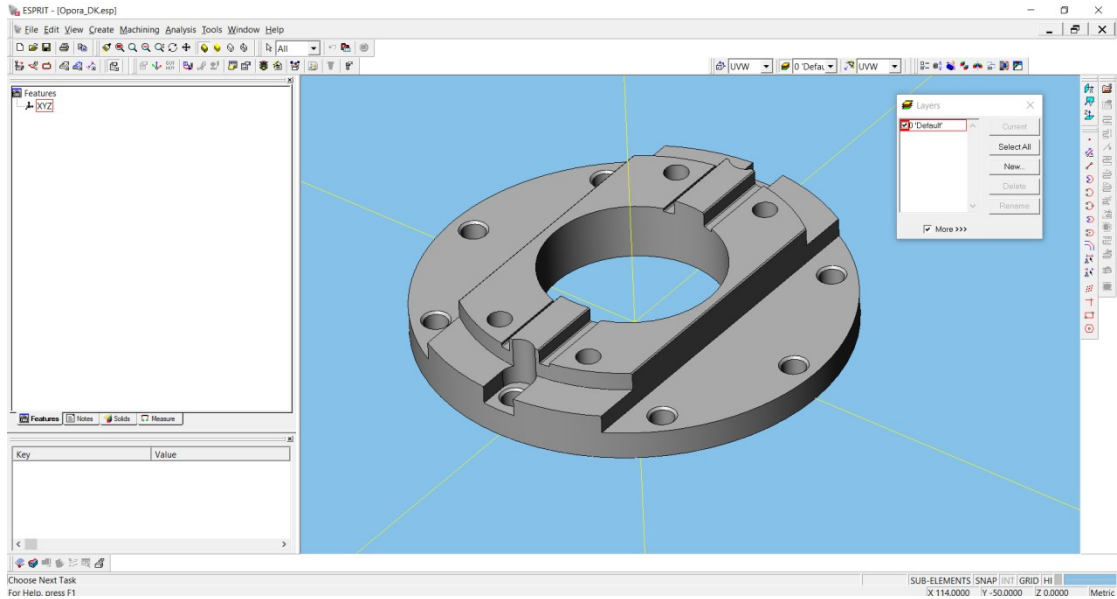
2.7 Розроблення в САМ ESPRIT програми оброблення на токарному верстаті з ЧПК

При обробленні деталі Опора ДК-12.08 запропоновано використати високоточний та продуктивний токарний верстат DMG CTX 310, обладнаний системою ЧПУ Siemens Sinumerik 840D, що забезпечує гнучке управління, швидке перемикання інструменту та точну реалізацію складних траєкторій оброблення.

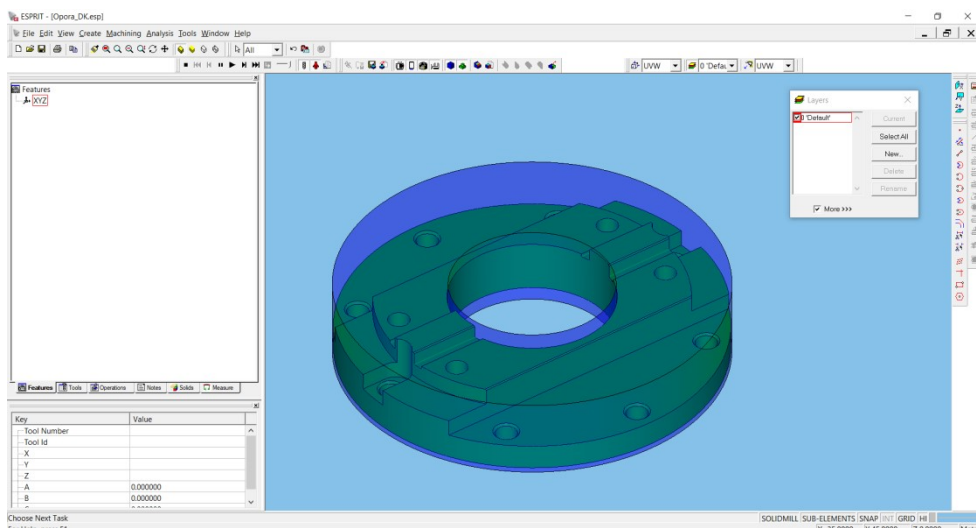
Для написання програми у САМ-системі ESPRIT було виконано наступні дії:

Спочатку проведено імпорт 3D-моделі деталі у форматі STEP (або Parasolid), після чого виконано аналіз геометрії та визначення базових поверхонь

оброблення. Було побудовано вісь обертання (Z-вісь), налаштовано систему координат згідно з конструкторською документацією.



Далі створено заготовку з відповідним припуском на чистову обробку. Визначено розміри заготовки, матеріал (сталь 40Х), встановлено базову поверхню для налагодження.



Наступним етапом стала побудова технологічного процесу:

– Створено чорновий токарний прохід з використанням прохідного різця з твердосплавною пластиною CNMG 120404 для зняття основного шару припуску.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Арк.

47

– Проведено чистову обробку зовнішньої поверхні іншим різцем (наприклад, WNMG або DNMG), із меншими подачами та збільшеною швидкістю.

– Виконано обробку торця із забезпеченням перпендикулярності до осі обертання.

– Сформовано внутрішню обробку отвору за допомогою розточувального різця типу SCLCR.

– При необхідності — нарізання різьби за допомогою різьбового різця або різьбофрези (за налаштуванням CAM).

– Додано зняття фасок або заокруглень на переходах поверхонь.

Після побудови всіх переходів та операцій були оптимізовані параметри різання згідно зі стандартними таблицями та рекомендаціями для інструментів Kennametal (або Sandvik).

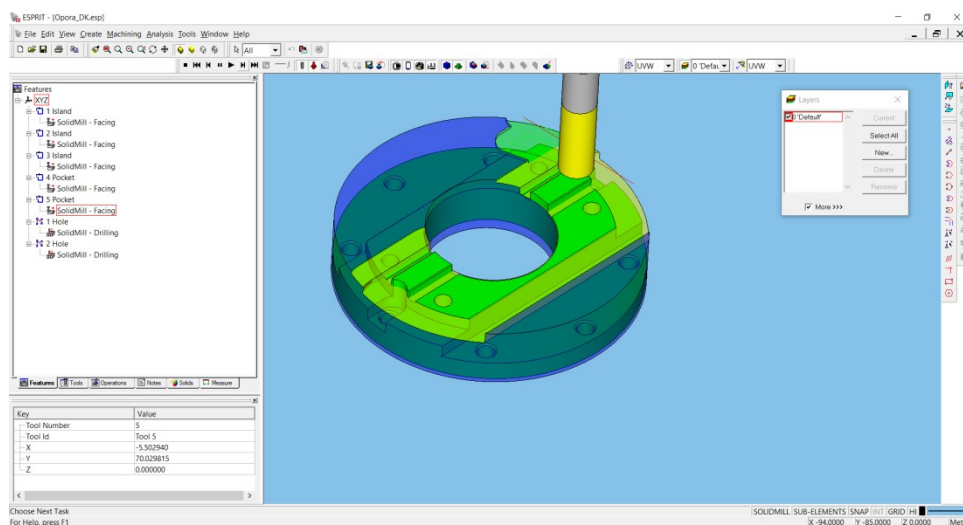
На завершальному етапі проведено симуляцію оброблення в ESPRIT, де було перевірено:

– Відсутність зіткнень інструменту та тримача з деталлю;

– Коректність траєкторій;

– Час оброблення;

– Напрямок обертання шпинделя, вивід стружки, положення револьверної ГОЛОВКИ.



Далі здійснено постпроцесинг — генерація NC-коду відповідно до специфікації верстата DMG CTX 310 та системи Sinumerik 840D, включаючи:

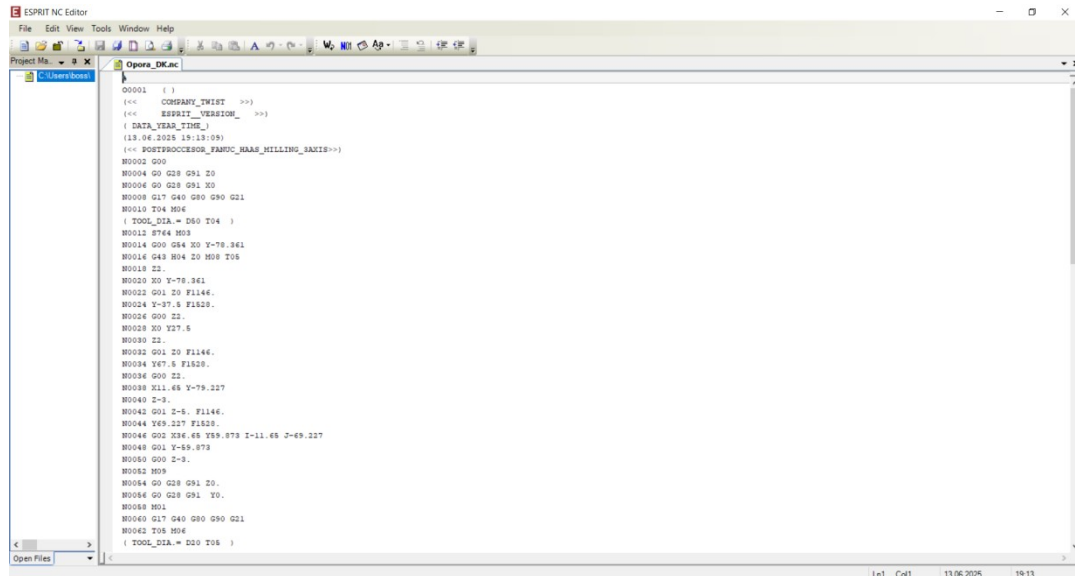
					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

G-коди обробки (G96, G95, G71, G70 тощо),

M-коди керування (M3, M8, M30),

налаштування нульових точок і корекцій інструменту.

Готову програму передано у виробництво разом із картою наладки, таблицю інструментів та схемою установки деталі.



```
O0001 ( )
(<< COMPANY_TWIST >>)
(<< ESPRIT_VERSION >>)
( DATA_YEAR_TIME_ )
(13.04.2025 19:13:09)
(<< POSTPROCESSOR_FANUC_MARS_MILLING_3AXIS >>)
M0002 G00
M0004 G0 G28 G91 Z0
M0006 G0 G28 G91 X0
M0008 G17 G40 G20 G90 G21
M0010 T04 M06
( TOOL_DIA.= D60 T04 )
M0012 S744 M03
M0014 G00 G54 Z0 Y-79.361
M0016 G43 H04 Z0 M08 T06
M0018 Z3.
M0020 Z0 Y-79.361
M0022 G01 Z0 F1146.
M0024 Y-37.5 F1829.
M0026 G00 Z2.
M0028 Z0 Z17.5
M0030 Z3.
M0032 G01 Z0 F1146.
M0034 Y67.5 F1829.
M0036 G00 Z1.
M0038 X11.65 Y-79.227
M0040 Z-3.
M0042 G01 Z-6. F1146.
M0044 Y63.227 F1829.
M0046 G02 X36.65 Y69.879 I-11.65 J-69.227
M0048 G01 Y-69.879
M0050 G00 Z-3.
M0052 M09
M0054 G0 G28 G91 Z0.
M0056 G0 G28 G91 Y0.
M0058 M01
M0060 G17 G40 G20 G90 G21
M0062 T08 M06
( TOOL_DIA.= D20 T08 )
```

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Арк.

49

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Опис пристрою та принципу дії пристрою

Пристосування призначене для базування та закріплення на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПУ штампованої заготовки малогабаритної деталі «опора» та координування мірного ріжучого інструменту при обробці 8 отворів.

В результаті обробки мають бути забезпечені:

- співвісність отворів, тобто однакову відстань від їх стінок до зовнішньої циліндричної поверхні;
- точність розмірів отворів $\text{Ø}10\text{A}11$;
- точність міжосьової відстані отворів $114,3 \pm 0,37$ мм;
- допуск співвісності отворів із зовнішньою циліндричною поверхнею по 4 ступені точності ДСТУ 2498-94;
- допуск перпендикулярності осей отворів до площини торця по 5 ступені точності ДСТУ 2498-94.

При використанні пристрою витрати часу на виконання операції не повинні перевищувати 0,8 хвилини.

Пристрій у складанні повинен задовольняти технічним вимогам креслення загального виду та забезпечувати якісну обробку заготовки за заданими розмірами.

Порядок збирання:

Спочатку шпонки 19 закріплюються в спеціальних посадкових пазах гвинтами 9. Оправлення вставляють в посадкове місце основи і фіксують гвинтами 9. Корпус в камери 5 вставляють два ущільнювальні кільця 13. Корпус камери 3 виставляють в потрібному положенні відносно основи 4 ні кільця не вийшли із посадкових канавок. Закріплюють на основі штока мембрану 2 2, фіксують її гайкою 11 через притискну шайбу 7. Виставляють так, щоб отвори на мембрані збігалися з різьбовими отворами на корпусі камери. Встановлюється пружина 15 закривається кришкою 6, так щоб пружина не змістилася зі свого місця, кришка закріплюється різьбовим з'єднанням 8,12.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Опис роботи пристосування.

При відкритті кран-вентилю повітря надходить у порожнину камери і під дією тиску мембрана переміщає і утримує шток в кінцевому положенні. При зміні положення заготовки потрібно повернути ручку до упору, повернути заготовку в потрібне положення і повернути ручку у вихідне положення. Після закінчення робіт випустити повітря з камери, зняти розрізну шайбу, зняти заготовку. Підготувати базові поверхні пристосування до встановлення наступної заготовки. У процесі експлуатації пристосування виконуватимуть пункти технічних вимог. Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів та агресивних середовищ неприпустимий.

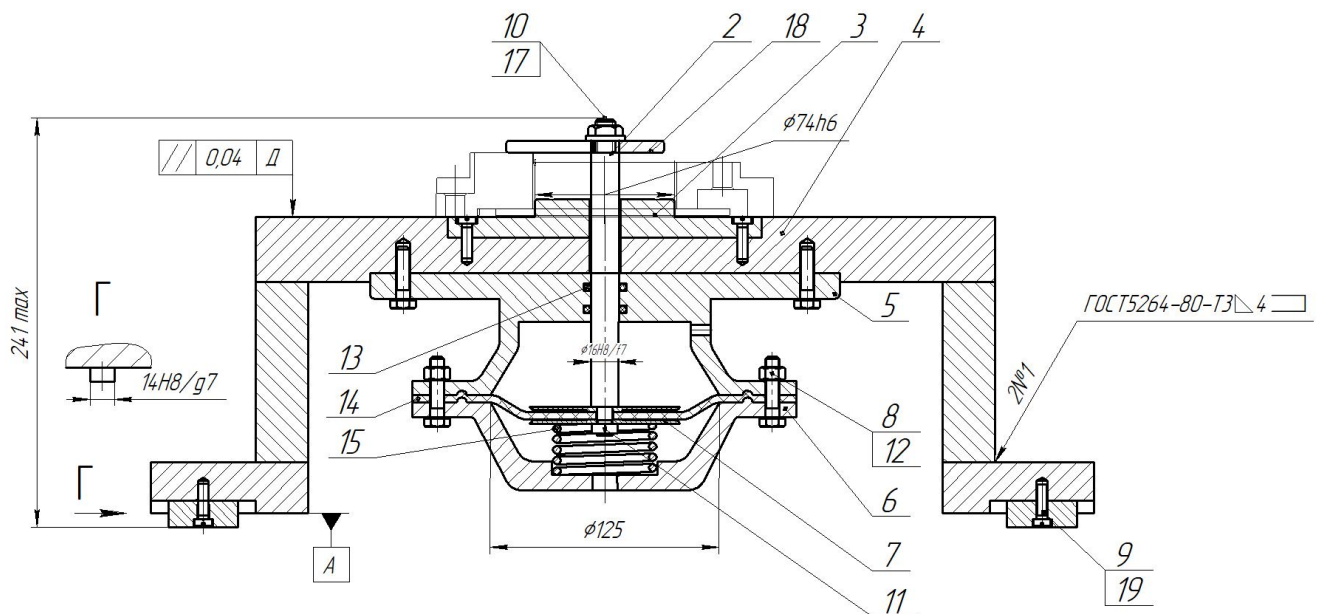


Рисунок 3,1 – Пристосування для свердління

Розрахунок сил закріплення

Сила затискача заготовки розраховується за формулою:

$$W = \frac{k \cdot M_{кр} \cdot n}{\frac{1}{3} \cdot f \left(\frac{D_1^3 - D^3}{D_1^2 - D^2} \right)} \quad (\text{кг}) \quad (3,1)$$

де: W - сила затиску в кг;

k - коефіцієнт запасу;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

f – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях затискачів ($f=0,25$ для гладких поверхонь);

M – крутний момент на свердлі в кг мм;

n - число одночасно працюючих свердл;

$D, D1$ – діаметри заготовки.

Визначення коефіцієнта запасу [1, с.382];

$$k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

k_0 – коефіцієнт гарантованого запасу ($k_0 = 1,5$);

k_1 – коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1=1,0$ для чисто обробленої поверхні);

k_2 – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2=1,15$ для крутного моменту при свердлінні);

k_3 – коефіцієнт враховує збільшення сил різання при уривчастому різанні ($k_3=1$ при безперервній обробці);

k_4 – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення затискного механізму ($k_4 = 1,3$ для пневмоприводу односторонньої дії);

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5=1$ при зручному розташуванні рукоятки);

k_6 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготівлю, встановлену плоскою поверхнею на постійні опори ($k_6=1,0$).

$$K=1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,5=3,3.$$

Таким чином коефіцієнт запасу: $k = 2,24$. Приймаємо до $= 2,5$

Визначення крутного моменту на свердлі:

$$M=10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K \quad (3,2)$$

де: C, K — показники, що характеризують конкретні умови обробки;

D – діаметр ріжучого інструменту ($D = 9$ мм);

S - подача ($S = 0,27$ мм/об) вибирається по [1, с.277]

$C_m = 0,012$; $q=2,2$; $y=0,8$ - вибираються по [1, с.281]

$k = 1,12$ [3, с.264]

Таким чином крутний момент за формулою 53:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$M=10 \cdot 0,012 \cdot 9^{2,2} \cdot 0,27^{0,8} \cdot 1,12 = 6000 \text{ (Н} \cdot \text{мм)}$$

При цьому осьова сила розраховується за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K \text{ (кг} \cdot \text{мм)} \quad (3,3)$$

де: C_p K - показники, що характеризують конкретні умови опрацювання.

$C_p = 42$; $q=1,2$; $y=0,75$ - вибираються по [1, с.281]

$k = 1,12$ [3, с.264]

За формулою 54 виходить осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot 42 \cdot 9 \cdot 0,27^{0,75} \cdot 1,12 = 2460 \text{ (Н)}$$

Розрахунок сили затиску заготовки:

- число одночасно працюючих інструментів: $n = 1$ шт.

За формулою 52 визначається сила затискання:

$$W = \frac{2,5 \cdot 6000 \cdot 1}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \left(\frac{150^3 - 75^3}{150^2 - 75^2} \right)} = \frac{15000}{13,85} = 1083 \text{ (Н)}$$

Обґрунтування вибору приводу

Розрахунок основних параметрів пристрою, вибір силового приводу.

Дійсна сила на штоку розраховується за формулою:

$$Q = (\pi/16) (D + d)^2 p - Q_1; \quad (3,4)$$

де: p — розрахунковий тиск, $p=0,4$ МПа;

D - діаметр камери;

d – діаметр опорного диска пневмокамери

$d = 0,7D$ для резинотканних діафрагм;

Q_1 – опір поворотної пружини при кінцевому робочому положенні штока = 400 (Н)

d_1 - діаметр штока, приймаємо 16 мм, по ДСТУ EN ISO 4414:2018;

$$D = \sqrt{d_1^2 + \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}; \quad (\text{мм}) \quad (3,5)$$

Приймається $D=125$ мм по ДСТУ EN ISO 4414:2018.

Дійсна сила на штоку розраховується за формулою 56:

$$Q = 0,2 \text{ (Н)}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

Визначається величина дійсної сили затиску заготовки при $i = 1$ (передаточне відношення):

$$Q_d = F \cdot i = W \cdot i; \quad (57)$$

$$Q_d = 2812 \cdot 1 = 2412 \text{ (Н)}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Таким чином, в даному пристрої використаний стандартний мембранний привід, в якому діаметр камери дорівнює 125 мм, діаметр штока дорівнює 16 мм.

Розрахунок на міцність

Розраховується на міцність при розтягуванні різьблення М12 на штоку пристосування. Матеріал штока – Сталь 40.

Для того, щоб під час роботи різьблення на штоку не зірвало, необхідно виконання умови:

$$\delta_p \leq [\delta_p] \quad (3,6)$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює $\delta_T = 300$ МПа.

$$[\delta_p] = 0,6 \cdot \delta_T \quad (3,7)$$

$$[\delta_p] = 0,6 \cdot 300 = 180 = 180 \text{ (МПа)}.$$

Небезпечним є переріз, ослаблений нарізкою.

Розрахунковий діаметр різьблення визначається за формулою:

$$d_p = d - 0,94 \cdot p \quad (3,8)$$

де: d - зовнішній діаметр різьби, мм;

p - крок різьби, мм.

$$d_p = 12 - 0,94 \cdot 1,5 = 10,5910,59 \text{ (мм)}.$$

$$\delta_p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_p^2} \quad (3,9)$$

де: F - максимальна осьова сила, що діє на розтягування штока, Н. За формулою знаходимо:

$$\delta_p = \frac{4 \cdot 2412}{\pi \cdot 12^2} \cdot 10^{-6} = 21,3 \text{ (МПа)}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Умова виконується ($21,3 < 180$), отже, різьблення на штоку витримає навантаження.

Розрахунок пристосування на точність

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування є перетворенням інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точні вимоги до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. При обробці заданої деталі на свердлильні операції з ЧПУ до розрахункових параметрів слід віднести найбільш жорстким допуском на кресленні є позиційний допуск розташування 14 отворів $\varnothing 9$. Його значення на діаметр дорівнює $T_{\varnothing 9} = 300$ мкм.

Визначимо допустиму похибку виготовлення на паралельність настановної поверхні плити [1, с. 126]:

$$E_{np} \leq T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot E_B)^2 + E_3^2 + E_Y^2 + E_{II}^2 + E_{II}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{Поз}^2}, \quad (3,10)$$

де T – позиційний допуск розташування $\varnothing 9$ $T = 300$ мкм (см. п. 1.4);

K_T – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо $K_T = 1,2$;

K_{T1} – коефіцієнт, що береться до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю, в даному випадку $K_{T1} = 0,83$;

E_B – похибка базування заготовки, $E_B = 30$ мкм;

E_3 – похибка закріплення заготовки, так як механізований привід і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо $E_3 = 0$;

E_Y – похибка установки пристрою на верстаті, дана похибка впливає на аналізований параметр;

$$E_Y = \frac{s \cdot l}{L} \quad (3,11)$$

де: $l = 9$ мм (діаметр отвору);

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$L=480$ відстань між шпонками на кресленні пристосування (відстань між шпонками на кресленні пристосування);

S - (центральный паз H8, $ES=0.027$, шпонка g7, $ei=0.024$);

$$S=ES+ei \quad (3,12)$$

Звідси $S=0.027+0.009=0.051$

$$E_y = \frac{0,051 \cdot 9}{480} = 0,0009$$

E_{II} – похибка перекоосу інструмента, $E_{II}=0$ мкм (немає направляючих втулок);

E_{II} - похибка, що виникає внаслідок зношування настановних елементів;

$$E_{II} = \beta_2 \cdot N \quad (3,13)$$

$\beta_2 = 0.002$ з таб.3.6 [1, с. 141]:

N – кількість контактів з заготовкою

$$N=1000 \cdot 1=1000$$

$$E_{II} = 0,002 \cdot 1000 = 2$$

K_{T2} – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо $K_{T2}=0,6$;

w – середня економічна точність обробки, [1, с.151] при свердлінні отворів економічна досяжна точність - 11 квалітет, тобто. для отворів $\varnothing 9$ $w=90$ мкм;

$E_{Поз}$ - похибка позиціонування верстата $E_{Поз}=50$ мкм (див. табл 4.1).

За обумовлених умов:

$$E_{np} = 300 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,83 \cdot 30)^2 + 0^2 + 0,0009^2 + 0^2 + 2^2 + (0,6 \cdot 90)^2 + 50^2} = 300 - 77,7 = 222,3 \text{ мкм}$$

Приймається допуск паралельності $E_{ПР}= 40$ мкм по ДСТУ 2498-94, це відповідає 11 степені точності.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз можливих небезпечних, шкідливих факторів НС під час роботи на ділянці

Аналіз ділянки механічного цеху, що проектується, показує, що в робочій зоні присутні небезпечні та шкідливі фактори за ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007

I. Фізичні небезпечні шкідливі фактори.

1. Машина, що рухаються, і механізми (електрокари);
2. Незахищені рухливі елементи виробничого обладнання (столи металорізальних верстатів);
3. Гострі кромки на поверхнях деталей;
4. Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого можливе через тіло людини;
5. Осколки інструментів, деталей, стружка матеріалу, що обробляється;
6. Підвищена температура оброблюваних поверхонь деталі та ріжучого інструменту;
7. Підвищений рівень вібрації, спричинений роботою виробничого устаткування;

8. Підвищений тиск у гідросистемах верстатів;

II. Шкідливі виробничі фактори хімічного походження:

1. Елементи та пил матеріалів оброблюваних деталей;
2. МОР (мастильно-охолоджувальна рідина);
3. Відпрацьоване машинне масло, пари якого присутні в повітрі, а також пари бензину, гасу, які використовуються для протирання інструменту, деталей.
4. Гранично – допустимі концентрації (ГДК) у повітрі робочої зони згідно з ДСТУ EN 482:2016 .

Таблиця 4.1 - Гранично-допустимі концентрації

Назва речовини	ПДК, мг/м ³	Агрегатний стан
Алюміній	2	пил

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

Масла мінеральні	5	аерозоль
Мідні сплави	1,5	пил
Бензин	300	пари
Керосин	300	пари
Ацетон	200	пари

Відповідно до вищевикладеного на проектованій ділянці передбачені такі заходи:

1. Матеріали конструкції виробничого обладнання та приміщень не надають шкідливого впливу на організм людини;
2. Конструкція обладнання виключає можливість мимовільного усунення, падіння чи викидання предметів під час обробки деталей;
3. Рухомі частини обладнання обмежені та виключають можливість торкання до них працюючих;
4. Трубопроводи гідросистем, електричні кабелі захищені та розташовані так, щоб не було випадкового пошкодження;
5. Конструкція застосовуваних огорожувальних пристроїв виконана за ДСТУ 7237:2011;
6. Для забезпечення оптимальних умов мікроклімату відповідно до ДСТУ EN 482:2016 ділянка обладнана припливно-витяжною вентиляцією.
7. Механічний цех, в якому розташовується ділянка, що проектується, розташований в III світловому поясі. Для забезпечення необхідної освітленості за СНіП 11 – 4 – 95 для ділянки передбачається природне та комбіноване освітлення. Найменший об'єкт розрізнення 0,5-1 мм. Розряд тривалих робіт – 6.

Для забезпечення необхідної освітленості застосовуються газоподібні лампи високого тиску:

- а) для загального освітлення – металогенні потужністю до 2000 Вт;
- б) для місцевого освітлення – натрівні потужністю 100 Вт.

8. З метою зниження шуму та вібрацій на ділянці передбачені шумопоглиначі, вібростійкі фундаменти та гумові підкладки під днище тари.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

9. З метою електробезпеки та захистом від статичної електрики всі металеві частини обладнання захищені.

10. Для захисту від блискавки на будівлю є спеціальна конструкція громовідводу.

11. Для забезпечення пожежного захисту на ділянці є пожежний щит, вогнегасники (3 на 500 м²).

4.2. Розробка заходів щодо зниження небезпечних та шкідливих факторів при роботі на ділянці

Техніка безпеки при роботі на металорізальних верстатах

З метою попередження виробничого травматизму та професійних захворювань робітники та службовці повинні знати та суворо дотримуватись правил техніки безпеки. Вони полягають у наступному:

Перед початком роботи:

1. Робочий повинен бути ознайомлений із технікою безпеки для роботи на даному устаткуванні.

2. Перед початком роботи робітник повинен упорядкувати робочий одяг.

3. Перевірити наявність заземлюючих пристроїв.

4. Перевірити на холостому ходу роботу верстата.

5. Не працювати на несправному станку, що не має захисного огородження.

При роботі на верстаті:

1. Працювати на верстаті лише у спеціальному одязі.

2. Забороняється видаляти стружку голими руками, здувати, а необхідно користуватися щіткою.

3. Не дозволяється працювати на верстаті у рукавицях чи рукавичках.

4. Надійно і жорстко закріпити оброблювану деталь на верстаті.

5. Працювати лише справним інструментом та пристроєм.

6. Маса та габаритні розміри оброблюваної деталі повинні відповідати паспортним даним верстата.

7. Слід виконувати ту роботу, яку доручив майстер.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

8. Не відривати колегу від роботи тощо.

Після закінчення роботи:

1. Робочий повинен вимкнути верстат та електродвигун.
2. Упорядкувати робоче місце: прибрати зі верстата стружку, інструмент, пристосування, очистити верстат від бруду.
3. Інструмент покласти у відведене йому місце.
4. Про всі несправності доповісти майстру.

4.3. Розробка заходів щодо зниження шкідливого впливу техпроцесу на ділянці на природу

Вплив ділянки на довкілля визначається виробничими відходами, що надходять в атмосферу, гідросферу та літосферу. До них відносяться:

- 1) відпрацьована МОР;
- 2) стружка;
- 3) відпрацьоване машинне масло;
- 4) використана ганчір'я;
- 5) каналізаційні води.

Механічна обробка завжди супроводжується виділенням пилу, парів масел та емульсій, бензину та гасу, які через вентиляційну систему можуть викидатися в атмосферу, тому у вентиляційну систему ставлять фільтри (тканинні, волокнисті, зернисті), а також туманоуловлювачі типу УПП. Крім цього енергетичне забруднення довкілля за рахунок шуму і вібрацій. Крім звичайних звукоізолюючих, звукопоглинаючих матеріалів для максимального ослаблення впливу виробництва на довкілля приймають метод «зонування» (відділення виробничих приміщень від житлової забудови зеленою зоною довжиною не менше 50 м, де висаджують газостійкі породи дерев та чагарників).

Для захисту гідросфери відпрацьована МОР використовується як компонент для приготування емульсії. Господарсько- побутові каналізаційні води надходять на очисні споруди, де проходять фізичне та біологічне очищення, проходять через фільтри та відстійники.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

Для захисту літосфери на ділянці відбувається збір відходів, які потім сортують, металеві відходи пресують і відправляють у переплавку, ганчір'я складають поза територією цеху, сміття вивозиться на спеціальний полігон для поховання, відпрацьовані масла збираються в спеціальну ємність і вивозяться для утилізації.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Опра», який включає: токарну операцію з ЧПУ, фрезерну та свердлильну обробки з ЧПУ, шліфування. На найбільш точну поверхню здійснено розрахунок міжопераційних припусків, у результаті виконаного розрахунку спроектовано заготовлю для даної деталі. Виконано розрахунки режимів різання шляхом аналітичного розрахунку, але інші – призначені за загальним машинобудівним нормативам. Наведено технологічне нормування операції механічної обробки.

У конструкторській частині розроблено пристосування для свердлильної операції, яке дозволяє скоротити час виконання операції і виконати свердління отворів з високою точністю.

У додатку дипломного проекту представлений комплект технологічної документації, який включає комплект технологічної документації (технологічний процес механічної обробки деталі «Опора»);

У графічній частині представлені: креслення деталі та заготовки, карти технологічних налагодок та складальний креслення пристосування.

Сформовані заходи щодо охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Загалом даний проект може бути застосований в умовах реального виробництва.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.
3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
4. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.
5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.
9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

12. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

14. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

15. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.

16. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8

17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.

18. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.

19. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.

20. <http://ecat.secotools.com/>

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		