

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»

УДК 621.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Олександр Охріменко

(підпис)

(власне ім'я, прізвище)

“ ” 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою

«Технології машинобудування»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Адаптер”

Виконав:

студент 4 курсу, групи МТ-02

Опанасюк Андрій Григорійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Доцент кан. тех. наук. Лапина Ю. В.

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

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

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

Студент

(підпис)

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально – науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Опанасюку Андрію Григорійовичу

1. Тема дипломного проєкту: Проектування технологічного процесу виготовлення деталі "Адаптер"

керівник проєкту: Лашина Юлія Вікторівна, к.т.н.

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

затверджені наказом по університету від «__» . _____ 202__ р. № _____

2. Термін подання студентом дипломного проєкту «7» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту

Кресленик деталі «Адаптер»

Матеріал: Алюміній Д16Т

Річний обсяг випуску: 5000 шт.

4. Зміст пояснювальної записки ,перелік завдань, які потрібно розробити:

Розділ 1. Технологічний процес виготовлення деталі «Адаптер»

Розділ 2. Проектування верстатних та вимірювальних пристроїв для оснащення технологічних операцій

Розділ 3. Залежності параметрів шорсткості поверхні від режиму різання та геометричних параметрів різальної частини інструменту при точінні.
Розділ 4. Розрахунок собівартості виготовлення виробу

5. Перелік графічно -ілюстративного матеріалу

1. Результати аналізу залежності параметрів шорсткості поверхні від режиму різання та геометричних параметрів різальної частини інструменту при точінні (2 арк. А1)
2. Кресленик і 3D моделі деталі і заготовки (1 арк. А1)
3. Графічне зображення технологічного процесу (2-3 арк. А1)
4. Складальні кресленики пристроїв (2 арк. А1)
5. Проектування управляючої програми для верстата з ЧПК (1 арк. А1)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Лашина Ю.В.		
2	Лашина Ю.В.		
3	Лашина Ю.В.		
4	Лашина Ю.В.		

7. Дата видачі завдання: 20 травня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту	Примітка
1	Розділ 3.Залежності параметрів шорсткості поверхні від режиму різання та геометричних параметрів різальної частини інструменту при точінні., Кресленики з результатами (2 арк. А1)	25 травня 2024 р.	
2	Розділ 1 текстова частина, кресленик деталі і заготовки (1-2 арк. А1)	28 травня 2024 р.	
3	Графічне зображення технологічного процесу (2-3 арк. А1)	30 травня 2024 р.	
4	Розділ 2 текстова частина, Складальний кресленик верстатного пристрою (1 арк. А1)	1 червня 2024 р.	
5	Складальний кресленик вимірювального пристрою (1 арк. А1)	3 червня 2024 р.	
6	Проектування управляючої програми для верстата з ЧПК (А1)	5 червня 2024 р.	
7	Економічний розділ	7 червня 2024 р.	
8	Презентація	14 червня 2024 р.	

Студент

Андрій ОПАНАСЮК

Керівник проекту

Юлія ЛАШИНА

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Технологічний процес виготовлення деталі «Адаптер»	9
1.1 Технологічний контроль креслення.....	9
1.2 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація..	9
1.3 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі.....	10
1.4 Аналіз вибору конструкційного матеріалу.....	10
1.5 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.6 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва.....	11
1.7 Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі.....	14
1.8 Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі.....	19
1.9 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки.....	21
1.10 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Адаптер».....	22
1.11 Короткий опис вибору верстатного обладнання.....	27
1.12 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки.....	31
1.13 Розрахунок припуску на чистове оброблення отвору ДКБ2 Ra 1.6.....	32
1.14 Розрахунок припуску на чистову обробку поверхні ВП1 Ra 1.6.....	33
1.15 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом для розточування ДКБ4 Ø32Н12 Ra6.3.....	33
1.16 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом для свердління отвору Ø6.8 перед нарізанням різьби М8.....	35

1.17	Визначення режимів різання аналоговим методом.....	37
1.18	Поняття анодування.....	39
1.19	Процес анодування.....	40
Розділ 2. Проектування верстатних та вимірювальних пристроїв для оснащення технологічних операцій		45
2.1	Обґрунтування системи верстатних пристроїв (для верстатів з ЧПК).....	45
2.2	Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв.....	46
2.3	Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв.....	46
2.4	Розрахунок сили затиску.....	47
2.5	Обґрунтування доцільності ексцентрикового прихвату.....	49
2.6	Розрахунок ексцентрикового прихвату.....	50
2.7	Обґрунтування використання вимірювально-контрольних пристроїв.....	52
2.8	Вибір контрольно-вимірювального пристрою.....	52
2.9	Конструкція контрольно-вимірювального пристрою.....	54
2.10	Розрахунок похибки вимірювання.....	54
Розділ 3. Аналіз залежності параметрів шорсткості поверхні від режиму різання та геометричних параметрів різальної частини інструменту при точінні.....		57
3.1	Вступ.....	57
3.2	Поняття шорсткості.....	57
3.3	Математична модель програми «Дослідження шорсткості обробленої поверхні».....	58
3.4	Розбір інтерфейсу і можливостей програми «Дослідження шорсткості обробленої поверхні».....	62
3.5	Виконання дослідів.....	63
Розділ 4. Розрахунок собівартості виготовлення виробу.....		71
4.1	Поняття собівартість виробу.....	71

4.2 Сировина та матеріал.....	71
4.3 Зворотні відходи.....	71
4.4 Вартість енергії на технологічні цілі.....	72
4.5 Заробітна плата.....	73
4.6 Амортизаційні витрати, відшкодування зносу інструментів та витрати на верстатні пристрої.....	76
4.7 Інші витрати.....	79
4.8 Загальна собівартість.....	79
Висновок.....	80

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

Машинобудування є ключовою галуззю промисловості, що визначає рівень науково-технічного прогресу та зростання продуктивності праці в усьому господарстві. Воно забезпечує виробництво машин, обладнання, приладів та іншої техніки. Основним конструкційним матеріалом у машинобудуванні є чорні метали, тому чорна металургія виступає головним постачальником сировини. Водночас сучасне машинобудування все частіше використовує кольорові метали, зокрема алюміній, а також композитні матеріали з металів, пластмас та кераміки, і пластмаси.

Сучасне машинобудування невпинно розвивається, що виявляється у заміні обладнання на більш технологічне та точне. Замість ручних верстатів використовуються верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), що підвищує продуктивність і точність продукції. Це також сприяє оптимізації та вдосконаленню механізмів, машин і приладів.

Технологія машинобудування як наукова галузь досліджує технологічні процеси виготовлення машинобудівних виробів, використовуючи результати досліджень для забезпечення необхідної якості та кількості продукції з найвищими техніко-економічними показниками.

Розбудова матеріально-технічної бази та необхідність постійного підвищення продуктивності праці за допомогою сучасних засобів виробництва ставлять перед машинобудуванням важливі завдання. До них належать підвищення якості машин, зниження їх матеріаломісткості, трудомісткості та собівартості, нормалізація та уніфікація елементів, впровадження поточних методів виробництва, його механізація та автоматизація, а також скорочення термінів підготовки нових виробів. Вирішення цих завдань забезпечується покращенням конструкції машин, удосконаленням технології їх виготовлення, застосуванням прогресивних засобів і методів виробництва.

У зв'язку з постійно зростаючими вимогами до якості продукції та швидкими змінами номенклатури виробів, обсяг технологічної підготовки виробництва за одиницю часу зростає. Виникає проблема, що технолог в сучасних умовах має виконувати не лише більший обсяг роботи, але й на більш

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

високому рівні якості. Вирішення цієї проблеми полягає в автоматизації праці технолога, що вимагає подальшого розвитку наукових основ технології машинобудування. Це включає глибоке вивчення закономірностей технологічних процесів, підвищення рівня узагальнень, формалізацію результатів досліджень, застосування математичних методів, удосконалення методів розрахунку та розробки технологічних процесів, проектування технологічного оснащення та організації технологічної підготовки виробництва.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Технологічний процес виготовлення деталі «Адаптер»

1.1 Технологічний контроль креслення.

Результати технологічного контролю креслення "Адаптер"

- Після проведення технологічного контролю креслення "Адаптер", використаного для курсової роботи, було узагальнено наступні результати:
- У кресленні наведено всі необхідні розміри для виготовлення деталі з урахуванням конструктивних особливостей.
- Шорсткість усіх поверхонь деталі відповідає стандартам ГОСТ 2789-73.
- Допуски і відхилення розмірів зазначені відповідно до вимог ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82.
- Допуски форми та розташування поверхонь виконані згідно з ГОСТ 24643-81.
- Точність виготовлення поверхонь адаптера відповідає вимогам, що стосуються їх шорсткості.
- Технічні вимоги містять інструкції щодо термічної обробки та виду покриття.
- Креслення включає дані про тип заготовки, масу деталі та можливість заміни матеріалу.
- Цей підхід забезпечує відповідність готової деталі необхідним стандартам і підвищує якість кінцевого продукту.

1.2 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація.

За відсутності складального креслення вузла, що містить адаптер, а також інформації про функціональне призначення виробу, визначення точного призначення деталі стає досить складним завданням.

Адаптер відіграє важливу роль у механічних збірках, забезпечуючи не лише з'єднання різних компонентів, але й регулювання їх положення, розподіл навантаження та універсальність у монтажі. Завдяки своїм конструктивним особливостям, адаптер забезпечує ефективну та надійну роботу збірки. Проте для досягнення оптимальної продуктивності та тривалого терміну служби необхідно враховувати умови експлуатації та вибирати відповідні матеріали та

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

технології виготовлення. Відповідно до аналізу функціонального призначення та умов роботи, адаптер стає невід'ємною частиною оптимального та надійного механічного вузла.

Конструкція адаптера передбачає 4 отвори, що містять нарізь М8х1.25, і просвердлюються під кутом 85° до осі деталі. Наскрізний шліцевий отвір b - 8×32×36×6.

Деталь містить поверхні, на які накладається жорстка вимога стосовно їх положення і позиційного допуску. Вимоги до точності розмірів робочих поверхонь узгоджені з вимогами до параметрів шорсткості.

1.3 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі.

Деталь «Адаптер» працює під впливом механічних навантажень, що накладаються з'єднаними деталями та зовнішніми силами. Він повинен витримувати високі навантаження розтягу-стиску. Адаптер повинен мати достатній захист від тертя та зносу. Крім того, під час експлуатації корпус працює в стандартних умовах і не піддається впливу агресивних середовищ. При цьому деталь повинна бути достатньо легкою. Для кращої корозійної стійкості, деталь потрібно покрити захистом.

1.4 Аналіз вибору конструкційного матеріалу.

Заготовка деталі виробляється з алюмінію Д16 оскільки він призначений для силових деталей і часто використовується в машинобудуванні. Його хімічний склад згідно ГОСТ 4784 – 97. Але для більшої твердості матеріалу, отже кращій зносостійкості і довшій службі деталі використовуватимуться алюміній Д16Т. Д16Т це підданий закалюванню і старінню алюміній Д16. Алюміній після термообробки так само можливо купити в прутках, тому використовувати його більш доцільно.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

технологічних операцій, виконаних або запланованих до виконання за базовий період, до загальної кількості робочих місць.

Коефіцієнт закріплення операцій, згідно з ДСТУ 2974-95, визначається як співвідношення кількості різних технологічних операцій, виконаних або запланованих протягом місяця, до числа робочих місць. Операція, за ДСТУ 2391-94, є завершеною частиною технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, над однією деталлю, за допомогою одного чи кількох інструментів, однією або групою робітників.

Робоче місце, згідно з ДСТУ 2960-94, — це базова одиниця виробничої структури, яка займає частину простору виробничого підрозділу і забезпечена необхідними матеріально-технічними засобами для виконання трудової операції.

Коефіцієнт закріплення операції розраховується за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j}$$

де коефіцієнт закріплення операцій (Кз.о.), який розраховується на місяць, дорівнює відношенню загальної кількості операцій (ОП), що виконуються на дільниці за місяць, до кількості робочих місць (РМ) на дільниці, де виконуються різні технологічні операції. На цьому етапі нам може бути невідома або кількість усіх операцій, або кількість робочих місць, що ускладнює визначення коефіцієнта закріплення операцій. Тому доцільним є використання аналогових методів для визначення типу виробництва. Відомо, що маса деталі становить 0,163 кг (рис. 1), а річний обсяг випуску складає 5000 деталей на рік. Відповідно, тип виробництва можна призначити згідно з таблицею 1.3.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

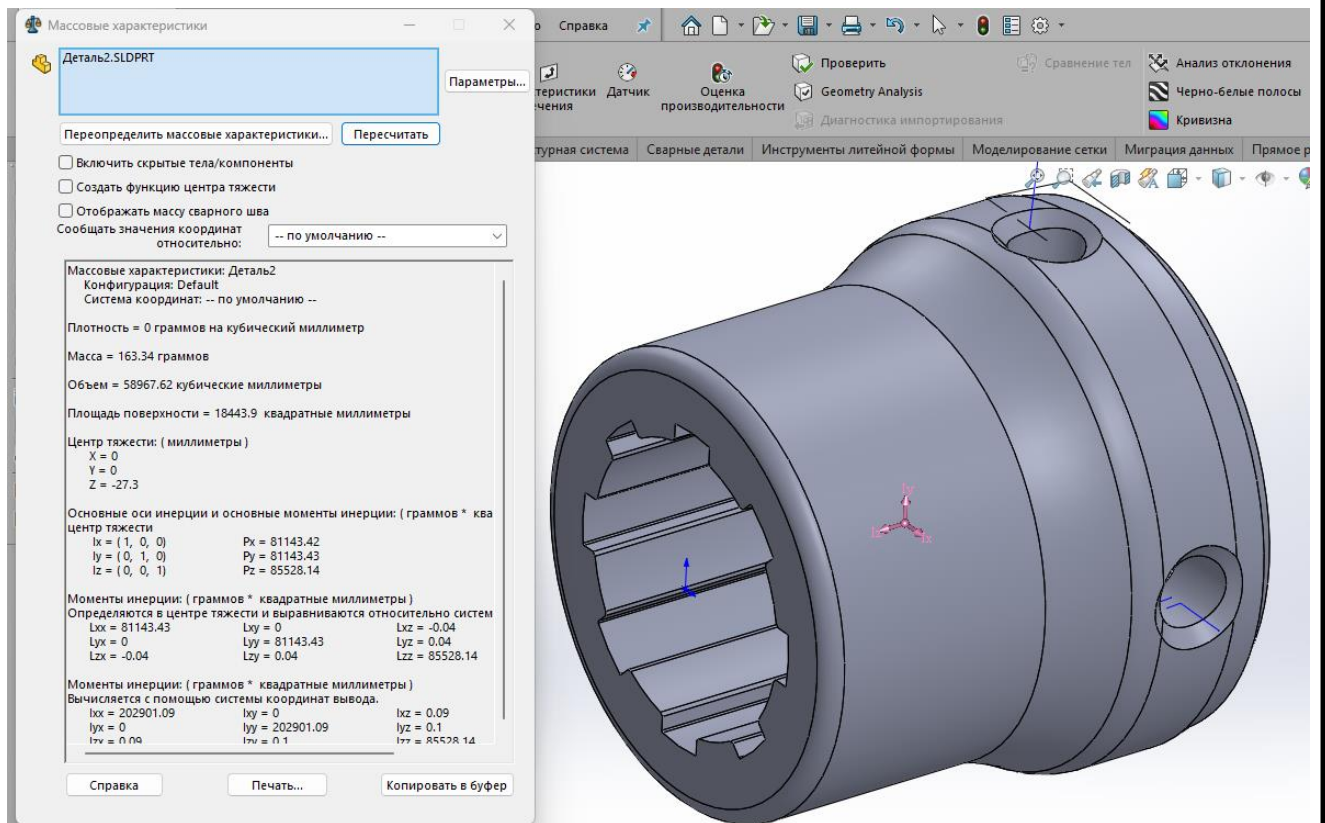


Рис. 1.2 Масові характеристики деталі

Таблиця 1.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20 кг.	середні, масою 20...30 кг.	важкі, масою більше 30 кг
Одиничне	до 100	до 10	1...5
Мало серійне	101...500	11...200	6...100
Середньосерійне	501...5000	201...1000	101...300
Великосерійне	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Відповідно до зазначених вище умов, ми приймаємо середній тип виробництва.

Середньосерійне виробництво — це тип виробництва, при якому продукція випускається постійною номенклатурою у великих кількостях протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94). Для масового типу виробництва коефіцієнт закріплення операцій ($K_{зо}$) встановлено в діапазоні від 10 до 20.

Щоб ефективно вирішувати завдання технологічної підготовки виробництва,

ми приймаємо середнє значення коефіцієнта закріплення операцій K_{zo} , яке дорівнює 15.

Тип виробництва в традиційному машинобудуванні визначає вид верстатного обладнання, інструментального забезпечення, систему верстатних пристроїв та певну систему проектування технологічних процесів. З розвитком сучасного машинобудування, де все частіше використовують верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ), вплив типу виробництва на технологічне проектування значно зменшується. Це зумовлено тим, що такі верстати мають широкі технологічні можливості, високу гнучкість та забезпечені спеціалізованими системами пристроїв і інструментального забезпечення. Вони вимагають проектування операційних технологічних процесів (управляючих програм) незалежно від типу виробництва.

Отже, ми будемо здійснювати технологічну підготовку виробництва для масового типу, приймаючи коефіцієнт закріплення операцій $K_{zo} = 15$.

1.7 Визначення конструкції заготовки

Важливий крок у підготовці до проектування технологічного процесу виготовлення деталей – це визначення типу та методу виготовлення заготовки. Від цього вибору залежать припуски на обробку поверхонь, методи видалення матеріалу на початкових стадіях обробки, а також рівень залишкових напружень. Ці напруження впливають на необхідність включення в технологічний процес операцій термічної обробки для їх зменшення та вирівнювання в поперечних перерізах робочих поверхонь.

В сучасному машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;

- комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконується зварюванням.

Для визначення способу виготовлення заготовки важливо враховувати фізико-механічні властивості матеріалу, конструктивні особливості деталі та умови її експлуатації в механізмі. В машинобудуванні заготовки зазвичай виготовляються з двох основних груп матеріалів: конструкційних сталей та чавунів. Залежно від їх властивостей, для сталевих заготовок часто застосовують процеси пластичного деформування, а для чавунних – методи лиття.

Правильний вибір способу виготовлення заготовки впливає на складність виготовлення деталі, витрати матеріалів і загальну собівартість виробництва. Метод виготовлення заготовок повинен забезпечувати можливість подальшої механічної обробки та відповідність готової деталі технічним вимогам, при цьому мінімізуючи виробничі витрати.

У цьому контексті найбільш вигідним є використання обробки різанням зі стандартного сортового прокату, наприклад, прутка діаметром 60 мм. Обробка з прокату є ефективнішою щодо використання матеріалів та продуктивності виробництва порівняно з іншими методами. Використання стандартизованого матеріалу зменшує відходи та оптимізує виробничі процеси, що в результаті знижує витрати на виробництво.

Заготовки закупляються довжиною 3 м(рис. 1.3 та 1.4). Прутки розрізаються на метрові частини, оскільки по-перше, стандартні довжини прутків перевищують розміри робочої зони токарного верстата, що унеможлиблює їх обробку без попереднього розрізання. Розрізання прутків на коротші частини, зокрема на три частини по метру, дозволяє їх зручно розмістити у шпинделі і забезпечує безперебійну роботу верстата.



Рис. 1.3 Пруток алюмінієвий на складі підприємства Parashar Industries

По-друге, така довжина забезпечує оптимальну стабільність і жорсткість заготовки під час обробки. Довші прутки можуть створювати небажані вібрації та відхилення, що призводить до погіршення якості обробленої поверхні і зменшення точності виготовлених деталей.

По-третє, з точки зору безпеки, коротші прутки легше і безпечніше встановлювати у шпиндель, що зменшує ризик нещасних випадків і полегшує роботу оператора. Це також сприяє зниженню зносу інструментів і самого верстата, оскільки коротші заготовки менш схильні до вигинання і деформації під час обробки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис. 1.4 Пруток алюмінієвий на складі підприємства Parashar Industries

Розрізання прутків на частини по метру дозволяє ефективніше планувати виробничий процес, зменшуючи відходи матеріалу і оптимізуючи використання заготовок для виготовлення деталей необхідної довжини. Це підвищує економічну ефективність виробництва і сприяє раціональному використанню ресурсів.

Для нарізання прутків на підприємстві Parashar Industries використовують верстат із стрічковою пилою для нарізки металу. (рис. 1.5)



Рис. 1.5 Стрічкова пила на Parashar Industries

Він розрахований на різання різних матеріалів. Для цього потрібно перекинути ремінь як вказано в інструкції на корпусі пили(рис. 1.6). Для нарізання алюмінію Д16Т потрібно перекинути пас в третє положення. Після цього потрібно зняти фаску з двох сторін, знімати вручну.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

18

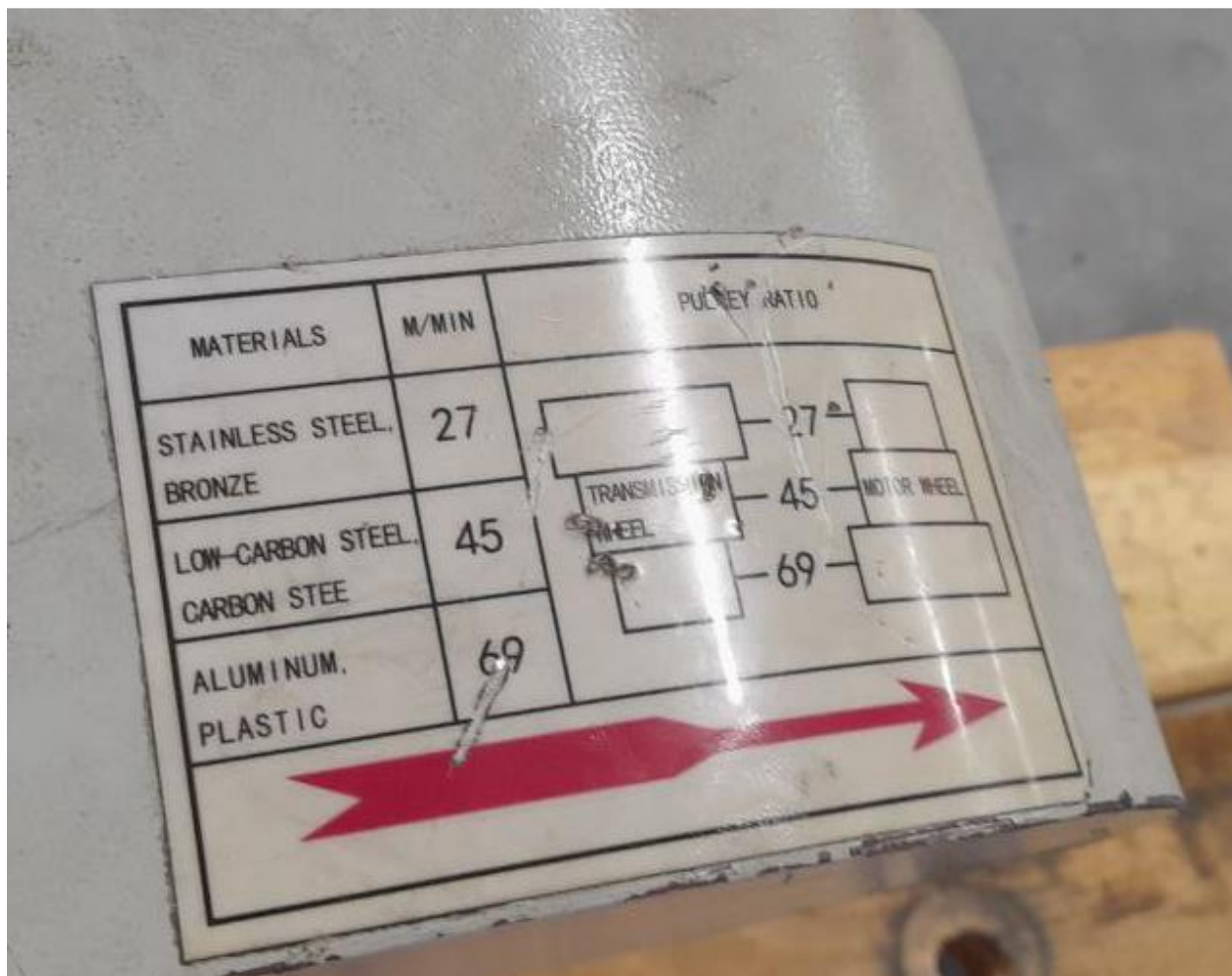


Рис. 1.6 Передачі на стрічковій пилі

Креслення заготовки(рис. 1.7), з метрової заготовки має вийти 17 деталей.

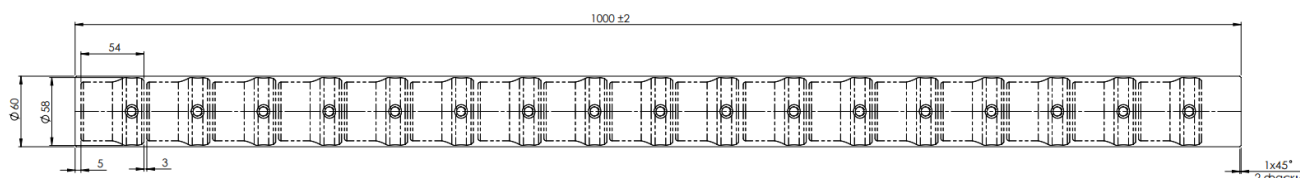


Рис. 1.7 Креслення заготовки

1.8. Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

Вихідними даними для вибору ЗТБ є робочий кресленик деталі і вузла в який входить задана деталь. Для обґрунтування необхідно виконати

класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкції будь-якої деталі можна представити як сукупність чотирьох видів поверхонь:

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП);

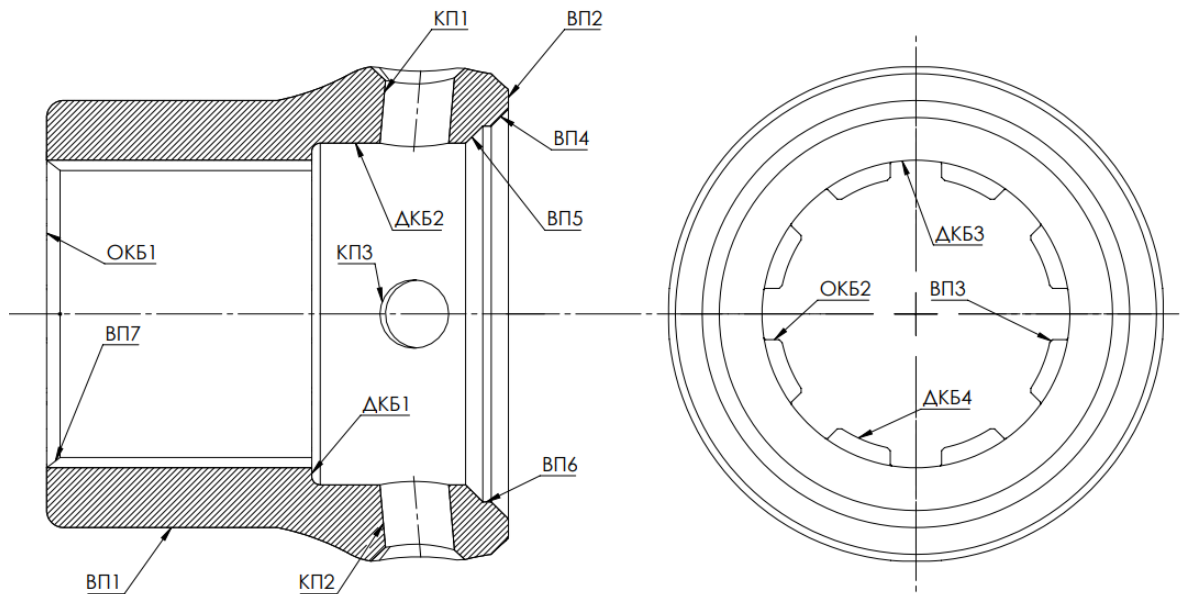


Рис. 1.8 Технологічні бази деталі «Адаптер»

Поверхні деталі за службовим призначенням наведені на рис. 1.8.

Основними конструкторськими базами деталі «Адаптер» є торцева поверхня - ОКБ1, бокова поверхня шліців - ОКБ2.

- ОКБ - це поверхні деталі, які визначають її положення в складанні одиниці або вузлі.
- ДКБ – це поверхні, які визначають положення деталей, що до неї приєднуються. Їх позначають як ДКБ1-4.
- КП - це поверхні, які забезпечують фіксацію приєднаних деталей. Їх позначають як КП1-4.
- ВП – додаткові поверхні, які формують єдиний геометричний образ деталі. Інші поверхні позначаються як ВП1-6.

1.9 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки.

На початковому етапі проектування технологічного процесу обробки необхідно визначити стандартні послідовності обробки поверхонь. Для кожної поверхні заготовки обираються типові послідовності обробки з урахуванням виконання робіт на токарних верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК). Докладну інформацію про ці послідовності можна знайти у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технологічна послідовність оброблення поверхонь деталі «Адаптер»

№ поверхні	За кресленням		Послідовність оброблення	Після оброблення	
	IT	Ra		IT	Ra
КП1,2,3,4	H7	6.3	Центрування	-	-
			Свердління	12	10
			Зенкерування	-	-
			Нарізання різьби мітчиком	6	1.6
ДКБ2	7	1.6	свердління	12	10
			розточування чорнове	9	6.3
			розточування чистове	7	1.6
ОКБ2	9	1.6	Довбання чорнове	9	6.3
			Довбання тонке	9	1.6
ВП1	12	6.3	Точіння чорнове	9	6.3
			Точіння чистове	7	1.6
ОКБ1	12	6.3	Відрізання різцем	10	6.3
ВП2	12	6.3	Точіння чорнове	10	6.3

ДКБ1	12	6.3	Розточування чорнове	10	6.3
ВП7	12	6.3	Розточування чорнове	10	6.3
ДКБ4	12	6.3	свердління	12	10
			розточування чорнове	9	6.3
ВП5	12	6.3	свердління	12	10
			розточування чорнове	9	6.3
ВП6	12	6.3	свердління	12	10
			розточування чорнове	9	6.3
ВП4	12	6.3	свердління	12	10
			розточування чорнове	9	6.3
ДКБ3	12	1.6	Довбання чорнове	10	6.3
			Довбання тонке	8	1.6
ВП3	12	6.3	Довбання чорнове	10	6.3

Деталь «Адаптер» буде оброблятися в двох верстатах з ЧПК:

- 1) Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS VF-2SS
- 2) Верстат токарний з ЧПК HAAS ST-30Y

1.10 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Адаптер»

Потрібно визначити послідовність виконання технологічних етапів для кожної операції при розробці операційного технологічного процесу виготовлення деталі корпусу.

005.Токарна з ЧПК

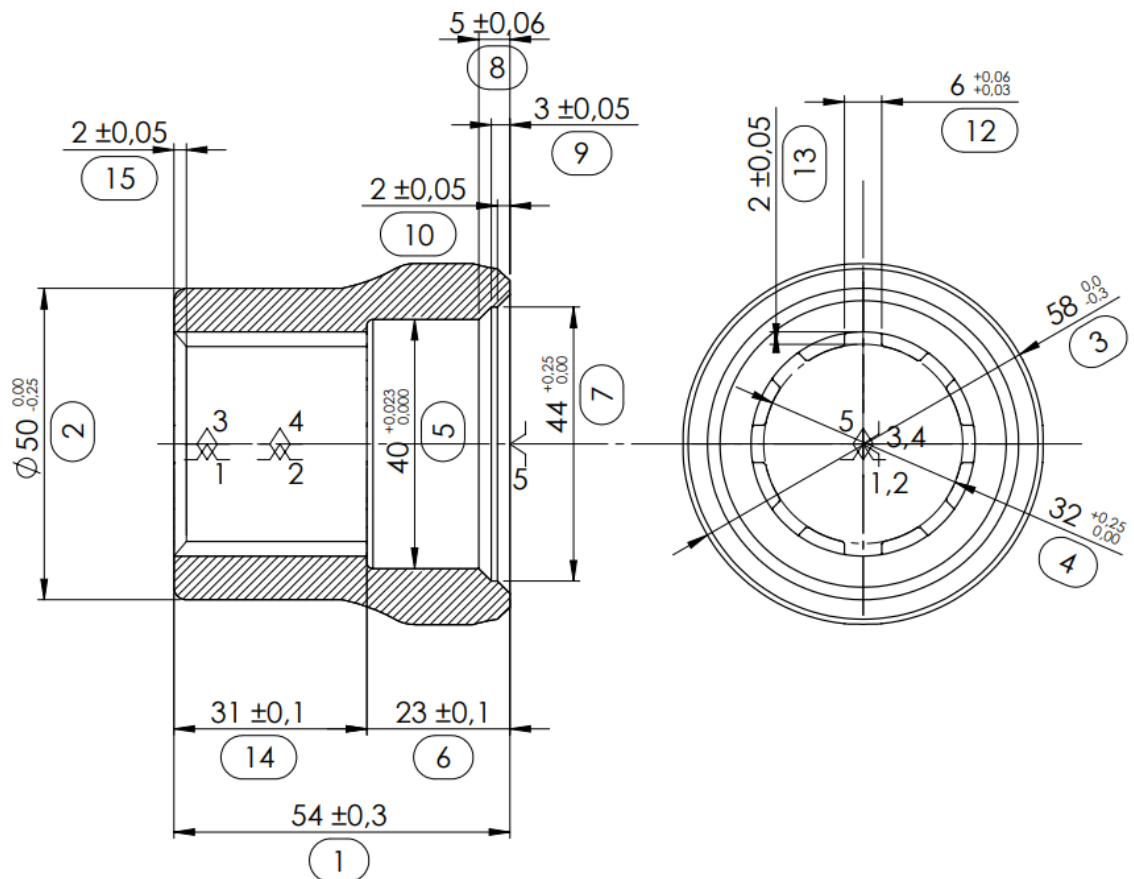


Рис. 1.9 Розміри які виконуються під час технологічного переходу 005
А. Установити, закріпити, зняти.

005.01 Торцювання ВП2

005.02 Чорнове точіння ВП1 дотримуючись розмірів з припуском 1, 3.

005.03 Чистове точіння поверхні ВП1 дотримуючись розмірів 1, 3.

005.04 Свердління отвору $\varnothing 30$ з дотриманням розміру 1.

005.05 Розточування чорнове для поверхней ДКБ4, ДКБ2 дотримуючись розмірів з припуском 4, 14, 5, 6 ВП5, ВП6, ВП4, дотримуючись розмірів 7, 8, 9, 10, 11

005.06 Розточування фаски ВП7 дотримуючись розміру 15.

005.07 Розточування чистове поверхні ДКБ2 дотримуючись розмірів 5, 6.

Б. Поставити шпиндель на тормоз, провертати.

005.08 Чорнове довбання поверхні ОКБ2, ДКБ3 дотримуючись розмірів з припуском 12, 13, 14.

005.09 Чорнове довбання поверхні ВП3 дотримуючись розміру 15.

005.10 Тонке довбання поверхні ОКБ2, ДКБЗ дотримуючись розмірів 12, 13, 14.

005.11 Відрізання деталі

Фото під час обробки деталі в токарному станку(рис. 1.10) перед переходом 005.11.



Рис. 1.10 Деталь в токарному трьохкулачковому патроні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

24

Фото деталі після відрізки(рис. 1.11)

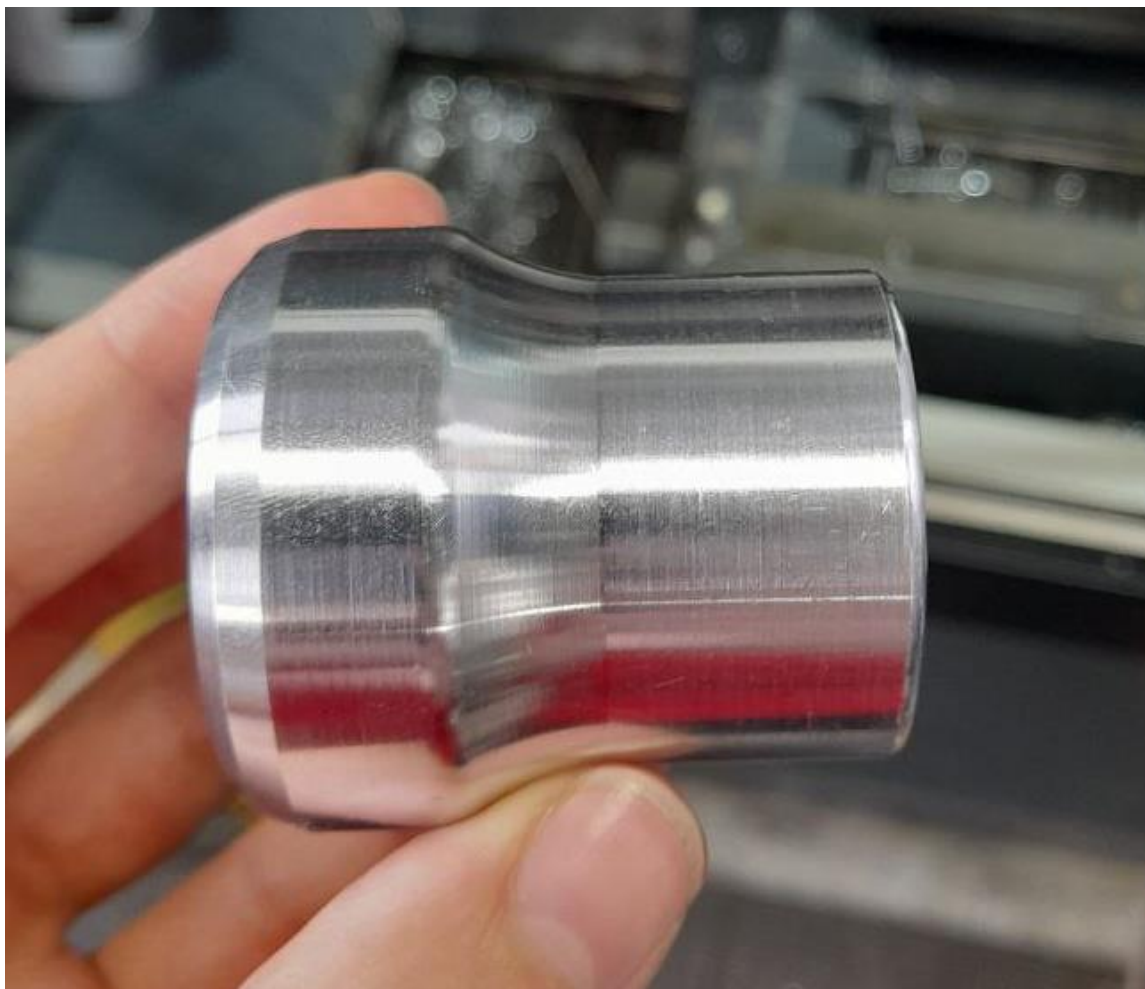


Рис. 1.11 Деталь «Адаптер» після переходу 005

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

25

010. Свердлильна з ЧПК

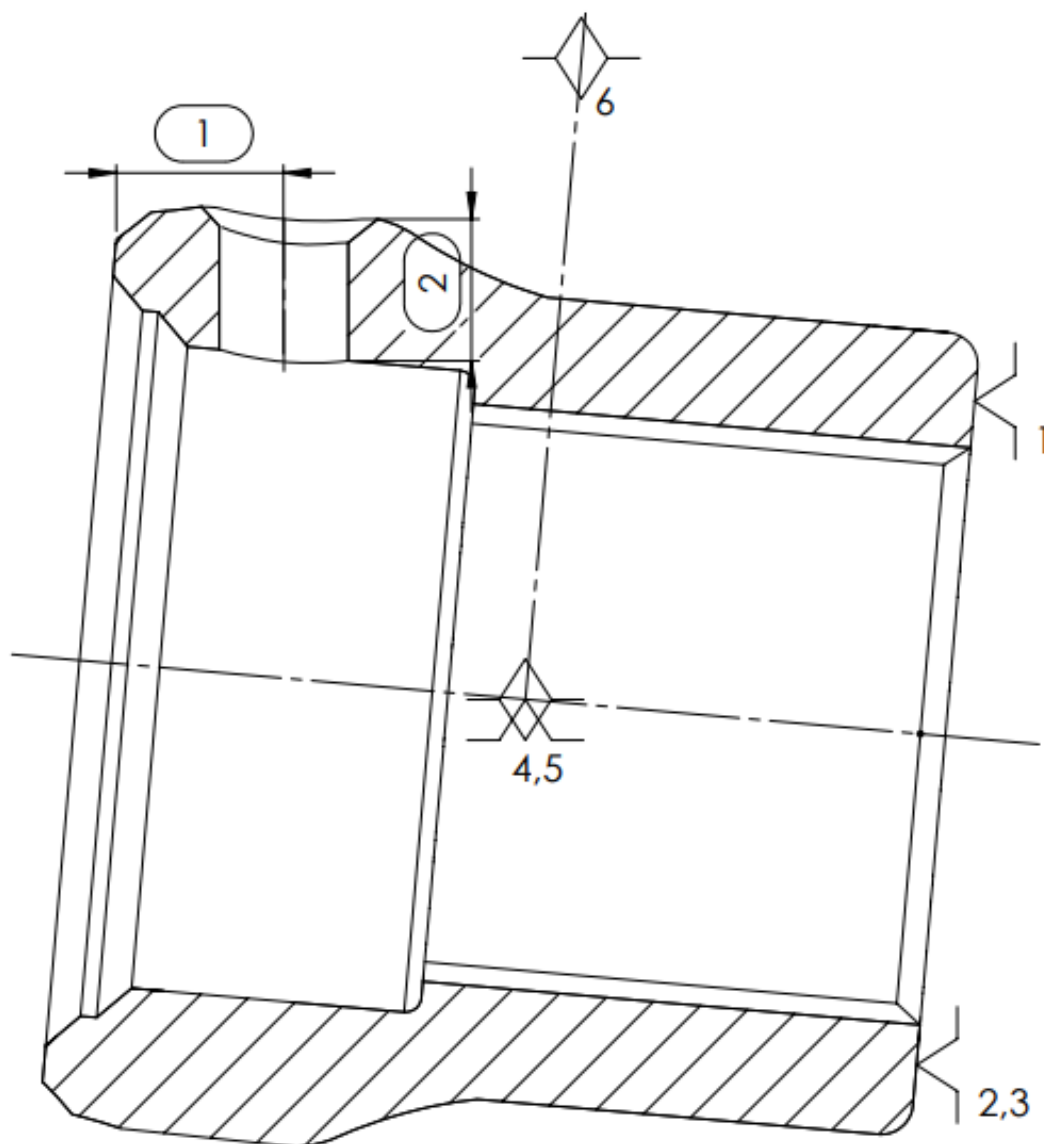


Рис. 1.12 Розміри які виконуються під час технологічного переходу 010

А. Установити, закріпити, зняти

010.01 Центровка перед свердлінням отвору КП1 з дотриманням розміру

1.

010.02 Сверління отвору КП1 з дотриманням розмірів 1, 2.

010.03 Зенкерування отвору КП1 з дотриманням розміру 1.

010.04 Нарізання різьби мітчиком з дотриманням розмірів 1, 2.

Б. Повернути деталь на 90° , збазувати відносно стінки шліців. Повторити для чотирьох отворів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

26

Фото схожої деталі після нарізання різьби, кут до осі однаковий з моєю деталлю, діаметр такий самий як і у «Адаптера», відрізняється нижня частина деталі (рис. 1.13).



Рис. 1.13 Деталь з просвердленими отворами

1.11. Короткий опис вибору верстатного обладнання

Для реалізації операції 005 обираємо верстат токарний HAAS ST-30Y. Оскільки вибір саме такого токарного верстату з ЧПК HAAS ST-30Y обґрунтований кількома ключовими перевагами. По-перше, більшість налагоджувальників і операторів мають досвід роботи саме з верстатами HAAS, що забезпечує ефективну роботу та мінімізує ризики помилок і простоїв. По-друге, наявність сервісного центру HAAS в Україні гарантує швидке та якісне обслуговування, що важливо для безперервності виробничого процесу. Крім того, верстат HAAS ST-30Y має функціональність, яка дозволяє завантажувати прутки діаметром до 76 мм у шпиндель, що відповідає нашим виробничим

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

вимогам. Це робить його ідеальним вибором для забезпечення високої продуктивності та якості обробки деталей.



Рис. 1.14 Фото HAAS ST-30Y

Таблиця 1.5 Технічні характеристики HAAS ST-30Y

Параметри обробки	
Переміщення по осі X	239 мм
Переміщення по осі Z	826 мм
Розмір патрона	254 мм
Найбільший діаметр прутка	76 мм
Максимальний діаметр деталі	533 мм
Максимальний діаметр обробки (з револьверною головкою кріпленні по стандарту BOT)	381 мм
Максимальний діаметр обробки (з револьверною головкою кріпленні по стандарту BMT65)	349 мм
Подачі	
Прискорені переміщення по осях X і Z	24 м/хв
Максимальне навантаження по осі X	18,238 кН

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Максимальне навантаження по осі Z	22,686 кН
Головний шпиндель	
максимальна швидкість	3 400 об./хв
Максимальний крутний момент / зі швидкістю 150 об / хв /	1 356 Нм
максимальна потужність	22,4 кВт
торець шпинделя	A2-6
Револьверна головка	
кількість інструментів	12шт.
Тип головки	ВОТ
Час індексації голови / інструмент до інструменту /	1сек.
Розмір патрона	
точність позиціонування	+/- 0,005мм
Точність повторного позиціонування	+/- 0,003мм
Додатково	
Живлення	3*400 В
Бак ЗОР	208 л
Стиснене повітря/тиск	6,9 бар
Стиснене повітря/витрати	113 л/хв

Для реалізації операції 010 обираємо верстат вертикально-фрезерний
HAAS VF-2SS

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рис.1.15 Фото HAAS VF-2SS

Таблиця 1.6 Технічні характеристики HAAS VF-2SS.

<u>Робочий стіл:</u>	
Поверхня столу X x Y	356 x 914 мм
Розмір Т-образних пазів	16 мм x 3
Максимальна вага встановлюваної деталі	680 кг
<u>Робочі переміщення</u>	
Переміщення по осі X	762 мм
Переміщення по осі Y	406 мм
Переміщення по осі Z	508 мм
Відстань між поверхнею столу і торцем шпинделя	102-610 мм
<u>Шпиндель:</u>	
Конус шпинделя	ISO 40
Максимальна швидкість обертання шпинделя	12000 об/хв
Тип приводу	прямий
Потужність двигуна шпинделя	22,4 кВт

Максимальний крутний момент / при 2 000 об/хв	122 Нм
<u>Швидкість позиціонування осі:</u>	
Прискорені переміщення по осях X, Y	35,6 м/хв
Прискорені переміщення по осі Z	35,6 м/хв
Максимальна швидкість подачі при різанні	21,2 м/хв
<u>Магазин інструментів</u>	
Кількість інструменту в магазині / опціонально	30+1
Метод вибору інструменту	довільний
Конус шпинделя	40
Максимальний діаметр інструмента	63,5 мм
Максимальний діаметр інструмента з вільними сусідніми карманами	127 мм
Максимальна вага інструменту	5,4 кг
Час зміни інструменту (середнє)	1,8 сек
Час від стружки до стружки (середнє)	2,4 сек
<u>Точність:</u>	
Точність позиціонування	+/-0,005мм
Точність повторного позиціонування	+/- 0,0025мм
<u>Додатково:</u>	
Вага верстата	3539 кг
ЧПК	HAAS

1.12. Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

Суть цього методу полягає в розгляді мінімального припуску на обробку поверхні під час певної операції як сукупності помилок попередньої обробки, які потрібно виправити. Таким чином, розрахунково-аналітичний підхід дозволяє враховувати конкретні виробничі умови при визначенні припусків і забезпечує значну економію матеріалу.

Для розрахунку припусків для поверхні вихідними даними слугують робочий кресленик деталі з встановленими вимогами до якості оброблюваних поверхонь, заданий маршрут оброблення поверхні, реалізація якого забезпечує

формування поверхні з необхідними параметрами, теоретична схема базування та її конструктивна реалізація у пристрої під час виконання кожного етапу оброблення.

1.13. Розрахунок припуску на чистове оброблення отвору ДКБ2 Ra 1.6

Мінімальний припуск для оброблення поверхонь обертання визначається за формулою:

$$2Z_{\text{чистmin}} = 2 \left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right),$$

де R_z – висота нерівностей профілю; h – глибина дефектного поверхневого шару; Δ_{Σ} – сумарне просторове відхилення поверхні; ε – похибка установки заготовки.[1, ст.65]

Визначаються елементи припуску після чорнового оброблення. Середня висота мікронерівностей $R_z = 25$ мкм. Глибина дефектного поверхневого шару $h = 60$ мкм. Сумарне значення R_z та h , які характеризують якість поверхні після чорнкової обробки, складає 85 мкм.[2, ст.176] Сумарне просторове відхилення поверхні гарячекатаного прокату $\Delta_{\Sigma} = \rho_k = \Delta_k l$. [2, ст.69] ρ_k – просторове відхилення кривизни. $\rho_k = 1.3 \cdot 54 = 70.2$ мкм.

Для визначення припуску необхідно визначити похибку встановлення

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}.$$

де ε_6 – похибка базування, ε_3 – похибка закріплення.[2, ст.74]

Сумарне значення похибок $\varepsilon_3 = 420$ мкм [2, ст.78] похибки ε_6 немає.
 $\varepsilon_y = 420$ мкм.

Визначивши всі складові розрахунку мінімального припуску отримаємо:

$$2Z_{\text{чистmin}} = 2 \left((25 + 60) + \sqrt{70.2^2 + 420^2} \right) = 1022 \text{ мкм.}$$

Оскільки мінімальний припуск складає 1.022 мм, то для чорнкової обробки потрібно витримувати мінімальний розмір $D_{\text{min}} = 38.978$ мм.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

1.14. Розрахунок припуску на чистову обробку поверхні ВПІ Ra 1.6

Як було зазначено вище, Мінімальний припуск для оброблення поверхонь обертання визначається за формулою:

$$2Z_{\text{чистmin}} = 2 \left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right),$$

де R_z – висота нерівностей профілю; h – глибина дефектного поверхневого шару; Δ_{Σ} – сумарне просторове відхилення поверхні; ε – похибка установки заготовки.[1, ст.65].

Визначаються елементи припуску для поверхней сортового прокату. Середня висота мікронерівностей $R_z = 160$ мкм. Глибина дефектного поверхневого шару $h = 250$ мкм. Сумарне значення R_z та h , які характеризують якість поверхні сортового прокату, складає 410 мкм.[2, ст.176] Сумарне просторове відхилення поверхні гарячекатаного прокату $\Delta_{\Sigma} = \rho_k = \Delta_k l$. [2, ст.69] ρ_k – просторове відхилення кривизни. $\rho_k = 1.3 \cdot 54 = 70.2$ мкм.

Для визначення припуску необхідно визначити похибку встановлення

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}.$$

де ε_6 – похибка базування, ε_3 – похибка закріплення.[2, ст.74]

Сумарне значення похибок $\varepsilon_3 = 420$ мкм [2, ст.78] похибки ε_6 немає.
 $\varepsilon_y = 420$ мкм.

Визначивши всі складові розрахунку мінімального припуску отримаємо:

$$2Z_{\text{чистmin}} = 2 \left((160 + 250) + \sqrt{70.2^2 + 420^2} \right) = 1672 \text{ мкм.}$$

Оскільки мінімальний припуск складає 1.672 мм, то для чорнової обробки потрібно витримувати мінімальний розмір $D_{\text{min}} = 58 + 1.672 = 59.672$ мм.

1.15. Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом для розточування ДКБ4 Ø32Н12 Ra6.3

Розрахунок режиму різання для розточування ДКБ4 Ø32Н12 Ra 6.3

Вихідні дані:

- оброблюваний матеріал – алюміній Д16Т;
- обладнання – токарний станок з ЧПК HAAS ST-30Y;

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- інструмент – розточувальний різець зі змінною багатогранною пластиною з твердого сплаву (CDGT 40102-MN HW6315)
- глибина різання приймається рівною припуску на сторону $h = 2$ мм;
- за глибиною різання та типом оброблення із довідкових матеріалів обирається подача $S = 0,08$ мм/об.[2, ст.267]

Відповідно до умов оброблення, швидкість різання в токарному обробленні визначається згідно з характеристиками різального інструмента та прийнятого періоду стійкості інструмента за певною формулою:

$$[V]_i = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot h^x \cdot S^y},$$

C_v - коефіцієнт пропорційності, який ураховує вплив усіх аспектів процесу оброблення, за винятком глибини різання, подачі та періоду стійкості інструмента, а саме: фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, фізико-механічних характеристик інструменту, та геометричних параметрів різальної частини інструменту. $C_v = 437$ [2, ст.270]

K_v – коригуючий коефіцієнт, який враховує вплив усіх вказаних параметрів у конкретних умовах оброблення. $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$, де:

K_{mv} - це коефіцієнт, яке враховує матеріал, з якого зроблена заготовка (для алюмінієвих сплавів $K_{mv} = 0.8$).

K_{pv} - це коефіцієнт, яке враховує структуру поверхні заготовки (для заготовок з алюмінієвих сплавів $K_{pv} = 0.9$).

K_{iv} – коефіцієнт, який враховує властивості матеріалу різального інструмента $K_{iv} = 2.9$ [3]

$$K_v = 0.8 \cdot 0.9 \cdot 2.9 = 2.088$$

T – період стійкості різального інструмента, $T = 40$ хв

h – глибина різання, $h = 2$ мм

S – подача інструмента, $S = 0,08$ мм/об.

x, y – показники степеню, що виражають вплив глибини різання та подачі відповідно на допустиму швидкість різання, $x = 0,12$; $y = 0,25$,

m – показник відносної стійкості, $m = 0,20$.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$[V]_i = \frac{437 \cdot 2.088}{40^{0.2} \cdot 20^{0.12} \cdot 0.08^{0.25}} = 754.96 \text{ м/хв.}$$

Визначається розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot [V]_i}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 754.96}{\pi \cdot 32} = 7509.73 \text{ об./хв.}$$

Приймається $n = 7500 \text{ об./хв.}$

Уточнюємо дійсну швидкість різання $V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 754 \text{ м/хв.}$

Визначається час оброблення:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{l_{x.i.} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{перебігу}}}{S \cdot n} = \frac{54}{0.08 \cdot 7500} = \frac{54}{600} = 0.09 \text{ хв}$$

Визначається головна складова сили різання:

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

де C_p , x , y – постійні для конкретних умов обробки.

$$C_p = 40, x = 1, y = 0.75$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

де K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки (для алюмінію $K_{mp} = 1$); $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують геометричні параметри різальної частини: $K_{\varphi p} = 1$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 1$. [2, ст.275]

$$K_p = 1$$

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0.08^{0.75} \cdot 754^0 \cdot 1 = 120.34 \text{ Н}$$

Потужність різання визначається за наступною формулою:

$$N = P_z \cdot V / (1020 \cdot 60) = 1.48 \text{ кВт}$$

Результати заносяться до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7. Режими різання для оброблення отвору ДКБ4.

h , мм	S , мм/об.	V , м/хв	n , об./хв.	T_o , хв	P_z , Н	N , кВт
2	0.08	754	7500	0.09	120.34	1.48

1.16. Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом для свердління отвору Ø6.8 перед нарізанням різьби М8.

Розрахунок режиму різання для свердління отвору Ø6.8 перед нарізанням різьби М8.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Вихідні дані:

- оброблюваний матеріал – алюміній Д16Т;
- обладнання – токарний станок з ЧПК HAAS VF-2SS;
- інструмент – свердло з твердого сплаву
- глибина різання для свердління це $0.5D \ h = 3.4$ мм;
- подача для свердління алюмінієвого сплаву при свердління отвору

$\varnothing 6.8 \ S = 0,29$ мм/об.[2, ст.277]

Відповідно до умов оброблення, швидкість різання в свердлінні визначається згідно з характеристиками різального інструмента та прийнятого періоду стійкості інструмента за певною формулою:

$$[V]_i = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v$$

де $C_v = 36.3$

$q = 0.25$

$y = 0.55$

$m = 0.125$

$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$, де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал $K_{mv} = 0.8$. K_{pv} - це коефіцієнт, яке враховує структуру поверхні заготовки (для заготовок з алюмінієвих сплавів $K_{pv} = 0.9$). K_{iv} – коефіцієнт, який враховує властивості матеріалу різального інструмента $K_{iv} = 2.9$ [3]

$K_v = 0.8 \cdot 0.9 \cdot 2.9 = 2.088$

T – період стійкості різального інструмента, $T = 25$ хв, тоді

$$[V]_i = \frac{36.3 \cdot 6.8^{0.25}}{25^{0.125} \cdot 0.29^{0.55}} \cdot 2.088 = 73.25 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок крутного моменту $M_{кр}$ при свердлінні

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

де $C_M = 0.005$

$q = 2$

$y = 0.8$

Коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, у даному випадку залежить лише від матеріалу оброблюваного напівфабрикату та визначається виразом $K_p = K_{MP}$, тому $K_p = 1$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.005 \cdot 6.8^2 \cdot 0.29^{0.8} \cdot 1 = 0.859 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок осової сили P_0 при свердлінні

$$P_0 = 10C_p D^q S^y K_p$$

$$\text{де } C_p = 9.8$$

$$q = 1$$

$$y = 0.7$$

$$K_p = 1$$

$$P_0 = 10 \cdot 9.8 \cdot 6.8^1 \cdot 0.29^{0.7} \cdot 1 = 280.16 \text{ Н}$$

Потужність різання при свердлінні визначається за формулою

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

$$\text{де } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 73.25}{\pi \cdot 6.8} = 3430 \frac{\text{об}}{\text{хв}}, \text{ тоді}$$

$$N_e = \frac{0.859 \cdot 3430}{9750} = 0.3 \text{ кВт}$$

1.17. Визначення режимів різання аналоговим методом

Таблиця 1.8 – Режими різання на технологічних переходах

№ Операції	№ Перехід	Інструмент	h , мм	S_o , мм / об	$S_{xв}$, мм / хв	V , м / хв	n , об / хв	S_r , мм /под. хв
005	01 Торцю вання	Прохідний різець QS-SVJBR 2020 16C Змінна пластинка VCGX 16 04 08-AL H10	0.5	0.2	min 318 max 500	300	min 1590 - max 2500	-
	02 Чорно ве	Прохідний різець QS-SVJBR 2020 16C Змінна пластинка VCGX 16 04 08-AL H10	0.3-5	0.3	min 477 max 750	300	min 1590 - max 2500	-

	точінн я							
03	Чисто ве точінн я	Прохідний різець QS-SVJBR 2020 16C Змінна пластинка VCGX 16 04 08-AL H10	0.2	0.15	min 159.3 max 750	200	min 1062 max 2500	-
04	Сверд ління	Свердло Ø30 880-D3000L32-02	15	0,05	90	170	1800	-
05	Розточ ування чорно ве	Розточний різець A20S-SCLCR 09 Змінна пластинка CCGX 09 T3 08-AL H10	1-9	0.25	min 310.25 max 625	120	min 1143 max 2500	-
06	Розточ ування чорно ве	Розточний різець A20S-SCLCR 09 Змінна пластинка CCGX 09 T3 08-AL H10	0.2	0.1	250	300	2500	
07	Розточ ування чистов е	Розточний різець A20S-SCLCR 09 Змінна пластинка CCGX 09 T3 08-AL H10	0.2	0.1	250	140	min 1400 max 2500	
08	Чорно ве довбан ня	Державка довбальна NHV.15.IK25.3 25x110mm Змінна пластинка NV15.060D.02/AL41F	1.8	-	-	400	-	0.055
09	Чорно ве	Державка довбальна NHV.15.IK25.3 25x110mm	0.57	-	-	350	-	0.08

	довбан ня	Змінна пластинка NV15.060D.02/AL41F						
	10 Довба ння тонке	Державка довбальна NHV.15.IK25.3 25x110mm Змінна пластинка NV15.060D.02/AL41F	0.2	-	-	430	-	0.04
	11 Відріз ання	Відрізний різець N123D15-25A2 Змінна пластинка C2I-D2N-0150-0002- CM1225	-	0.05	min 67 max 125	150	min 1340 max 2500	-
10	01 Центр ування	Центровка DIN333A 2mm (1005010200)	2.5	0.02	25	19	1200	-
	02 Сверд ління	Свердло 3xD DIN6539N 6,8mm (1110050068)	3.4	0.1	140	35	1400	-
	03 Зенкув ання	Зенківка 90° countersink, 20.0 mm spiralled (1502720400)	3.4	0,25	390	42	1550	-
	04 Наріза ння нарізі	Мітчик машинний HSS-E DIN371B 40° (UNI), M8 (1347100080)	4	1,25	100	2	80	-

1.18 Поняття анодування

Анодування алюмінію є спеціальним електрохімічним процесом, під час якого на поверхні металу утворюється шар оксиду. Це оксидне покриття покращує стійкість алюмінію до корозії та зменшує вплив зовнішніх факторів

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				39

на метал. Процедура анодування робить алюміній більш сприйнятливим до фарбування завдяки утворенню пористої поверхні, що підвищує адгезію фарб.

Оксидна плівка утворюється на поверхні алюмінію, який взаємодіє з киснем, створюючи захисний шар, що ускладнює процес фарбування. Звичайні барвники не здатні довго триматися на алюмінії, оскільки фарба починає лущитися, втрачаючи естетичний вигляд. Навіть якщо фарба утримується певний час на гладкій поверхні, цей результат не порівняється з якістю, яку забезпечує технічне фарбування після анодування.

Чорне анодування алюмінію є найпопулярнішим завдяки своїй універсальності та актуальності в дизайні. Звичайне фарбування водними фарбами не дає бажаного ефекту, тому застосовуються порошкові барвники, які забезпечують довговічність і поліпшують опір металу. Також для цього використовуються анілінові барвники, що включають електричний розряд, аналогічно до процесу оксидування.

Золотисте анодування здійснюється за допомогою електролітного розчину з частинками золота. Поверхня алюмінію попередньо обробляється для збільшення пор, щоб фарба краще проникала в метал і зберігала колір. Анодований алюміній може бути будь-якого кольору, залежно від застосованої фарби та способу її нанесення, що дозволяє зберігати естетичні якості протягом тривалого часу.

Колір анодованого алюмінію може бути практично будь-яким. Це залежить від типу фарби, що використовується на виробництві, і від методу нанесення барвника на деталь. Незалежно від технології анодування, фарби можуть лягати рівномірно і зберігати свої естетичні властивості протягом тривалого часу.

1.19 Процес анодування

Анодування буде відбуватися в розчині сірчаної кислоти, цей спосіб найбільш часто застосовується. Процес анодування відбувається на змонтованих і підготовлених деталях, для того щоб покриття лягало на деталь рівномірно, необхідно забезпечити, щоб деталі під час перебування в сірчаній

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ванні якомога менше контактували між собою і з елементом на який вони монтуватимуться(рис. 1.13). Оснастка із рис. 1.13 дозволяє натягувати на пластинки деталі через один виступ, це зменшує контакт між деталями, і сама деталь контактує із оснасткою внутрішньою розточеною частиною, через це навіть якщо в зоні контакту лишаються гірше заанодовані частини, то на внутрішній поверхні їх переважно не видно при монтуванні деталі у вузол.

Анодування відбувається в 15-20% розчині сірчаної кислоти, при кімнатній температурі, і анодній щільності струму приблизно 1 – 2 А/дм².

Щільність струму це є співвідношення сили струму до площі електрода, що знаходиться в електроліті, виражається в А/дм² або А/см². В якості катоду використовується свинець. При витримці 15-20 хв утворюється оксидна плівка товщиною 4-5 мкм. Для кращої якості плівки потрібно щоб температура електроліта не перевищувала 15 - 20°C. При підвищенні температури оксидна плівка може навіть злізти із деталі. Для зниження температури електроліта використовують різні методи від зміївиків з холодною водою у ванні, до фреонових холодильних установок, на підприємстві Parashar Industries у ванну(рис. 1.14) закидають ємкості з льодом.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



Рис. 1.16 Оснастка для закріплювання деталей

Оксидна плівка яка з'являється на деталях має безбарвний колір, але при цьому після появи її на деталі, її можна перефарбувати у інший колір, оскільки фарба може забиватися у пори які утворюються від оксидної плівки. Для

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

42

отримання темних кольорів після анодування і просушування необхідно деталі помістити у ванну з фарбою на 20-40хв. У випадку фарбування деталі у чорний колір витримувати деталь потрібно 40 хв.



Рис. 1. 17 Ванна із сірчаною кислотою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

43

Фото деталі після анодування



Рис. 1.18 Деталь «Адаптер» після анодування

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Проектування верстатних та вимірювальних пристроїв для оснащення технологічних операцій

2.1 Обґрунтування системи верстатних пристроїв (для верстатів з ЧПК)

Обґрунтування використання систем верстатних пристроїв для верстатів з числовим керуванням (ЧПК):

Верстатні пристосування (ВП) є ключовими компонентами в устаткуванні для обробки металу, які дозволяють ефективно використовувати верстати у виробничому процесі. Застосування цих пристосувань дає можливість налаштовувати верстати для різних операцій обробки, що забезпечує виконання технологічних вимог та збільшує продуктивність. Механічні пристрої у багатьох випадках дозволяють автоматизувати процеси закріплення та вивільнення деталей, наближаючи верстати до рівня роботи спеціалізованого обладнання. Згідно з вимогами Європейської стандартизованої технології та процесів виробництва (ЄСТПП) розрізняють три типи ВП:

- спеціальні (призначені для конкретних завдань, не піддаються переналаштуванню);
- спеціалізовані (призначені для обмеженого набору завдань, можуть бути переналаштовані у межах обмежень);
- універсальні (призначені для широкого спектру завдань, можуть бути переналаштовані у значному діапазоні).

Крім того, існує сім стандартних систем ВП:

- універсальні, складні збірні (УЗП);
- прості збірні – розбірні (ЗРП);
- універсальні, які не вимагають переналаштування (УБП);
- нерозбірні спеціальні (НСП);
- універсальні, що потребують налаштування (УНП);
- спеціалізовані, що потребують налаштування (СНП);
- агрегатні засоби механізації фіксації (АЗМЗ).

Використання стандартних систем ВП дозволяє скоротити трудомісткість, терміни та витрати на проектування і виготовлення пристосувань, що особливо актуально у серійному виробництві. У таких умовах найбільш вигідними є системи УЗП, ЗРП, УНП, СНП та інші, які можуть використовуватися повторно. Точність обробки деталей у відповідності до параметрів відхилень розмірів, форми і розташування поверхонь може збільшитися на 20–40% завдяки використанню точних та надійних ВП з достатньою жорсткістю та контактною твердістю, що призводить до зменшення деформацій заготовок та забезпечує стабільні сили фіксації. Застосування ВП дозволяє знизити вимоги до кваліфікації верстатників, об'єктивно регламентувати час виконання операцій та розширити технологічні можливості устаткування.

2.2 Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Відповідно до відомих алгоритмів, процес розробки конструкцій пристроїв проводиться таким чином: спочатку вивчаються різні варіанти схем розташування заготовок у пристрої, після чого обирається найкраща з них для технічної реалізації, враховуючи конструкції установочних елементів пристрою; потім розробляється схема розрахунку сил і моментів, які діють на заготовку під час обробки, з метою визначення сили, необхідної для надійного її закріплення; також розробляється схема затискного механізму та визначаються його основні параметри; обираються конструкції інших елементів пристрою; складається ескіз загального вигляду (принципова схема); проводяться розрахунки пристрою на точність і міцність (жорсткість), зокрема визначаються найслабкіші та найбільш навантажені його ланки.

2.3 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Пристрій призначений для базування і закріплення заготовки на операції 010. Передбачається встановлення пристрою на стіл багатоцільового верстату з ЧПК верстат HAAS VF-2SS. Для свердління отворів і нарізання різьби деталей після операції 005 потрібно встановити в циліндричну плиту, яка буде піднята

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

відносно столу верстата VF-2SS на кут 5° . Для отримання чотирьох отворів по діаметру деталі з кроком 90° буде використано впирання відносно шліцевих пазів. Щоб прижимати деталь буде використано самотормозний ексцентриковий прижим.

2.4 Розрахунок сили затиску

Для затискання механізму ексцентриковим затискачем необхідно обрахувати параметри сил різання при свердлінні. Оскільки ці обчислення я виконав раніше, ми можемо використати отримані результати для розрахунку сили затиску. Розрахунок сили затиску є критично важливим для забезпечення надійного фіксування деталі під час обробки, запобігаючи зміщенням, що можуть негативно вплинути на точність і якість обробки, або навіть повного відриву деталі від верстатного пристрою, що може спричинити пошкодження інструменту, верстата чи травмування оператора. Використовуючи отримані дані про сили різання, ми можемо точно визначити необхідну силу затиску, яка забезпечить стабільну роботу механізму та підвищить ефективність виробничого процесу. Це дозволить нам досягти високої точності і якості обробки деталей.

Детальніше про сили різання, а саме осьову силу різання і момент сили різання, можна узяти із розділу 1.14. Оскільки момент різання дуже малий, ми можемо не брати його до уваги та зосередитися на можливому повороті деталі під дією осьової сили різання. Осьова сила різання має значний вплив на стабільність деталі, тому важливо забезпечити належне фіксування для запобігання її обертанню. Ігнорування моменту різання спрощує аналіз і дозволяє сфокусуватися на критичних аспектах стабільності деталі під час обробки, що підвищує ефективність та безпеку процесу.

Для обрахування сили затиску необхідно скласти рівняння рівноваги, для цього необхідно зобразити схему рис. 2.1

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

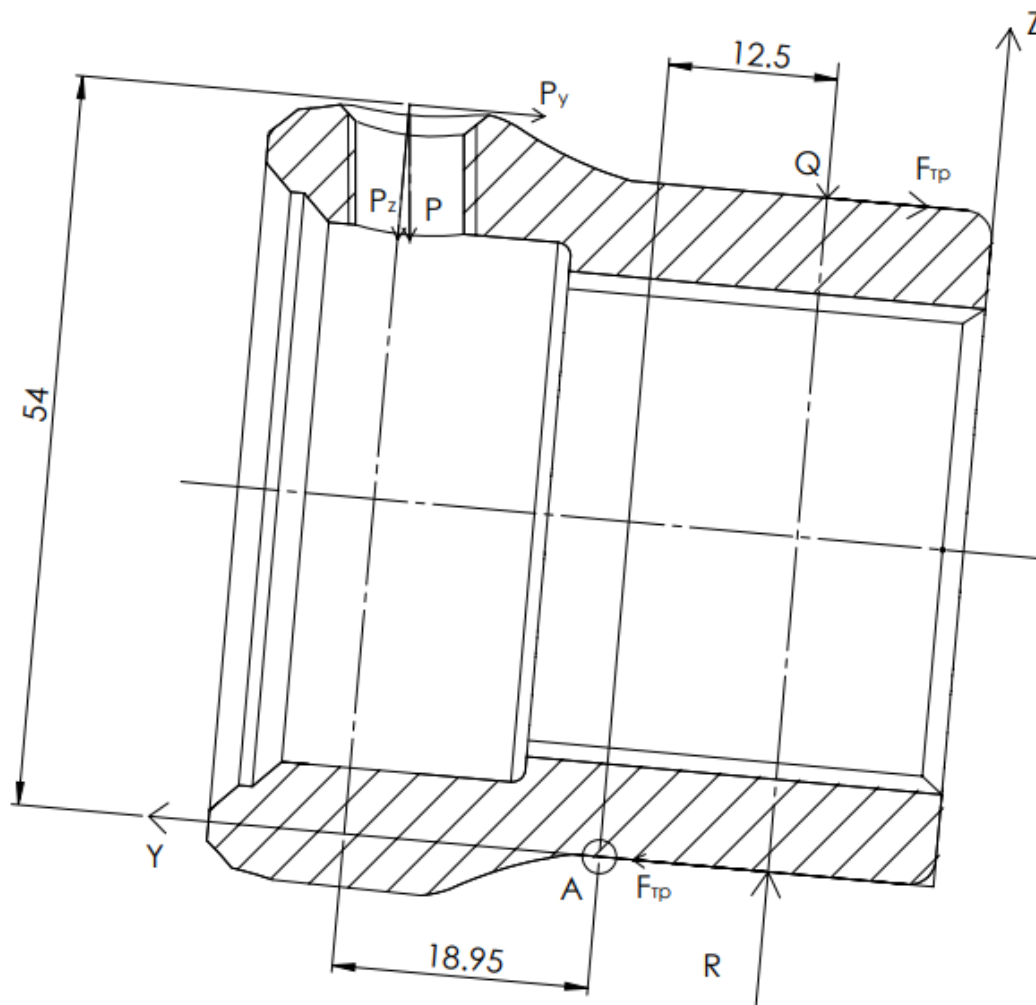


Рис. 2.1 Схема рівняння рівноваги

$M_A = 0$ – момент сили має дорівнювати нулю, оскільки це забезпечує рівновагу системи. Коли момент сили дорівнює нулю, усі сили, що діють на деталь, знаходяться в балансі, що запобігає будь-яким обертальним рухам деталі навколо точки А.

$P_Z = P_O \cdot \cos 5^\circ = 280.16 \cdot 0.996 = 270.04$ - проекція сили Р на вісь Z.

$P_Y = P_O \cdot \cos 85^\circ = 280.16 \cdot 0.087 = 24.37$ - проекція сили Р на вісь Y.

F_{ATp} – не беру до уваги в рівнянні рівноваги оскільки плече відносно точки А дорівнює 0.

$R = Q$ – реакція опори.

$F_{QTp} = Q \cdot f_1$ – сила тертя яка виникає від зажиму деталі, $f_1 = 0.15$.

$$M_A = R \cdot 12.5 - Q \cdot 12.5 - F_{QTp} \cdot 50 - P_Y \cdot 54 + P_Z \cdot 19$$

$$0 = Q \cdot 12.5 - Q \cdot 12.5 - Q \cdot 7.5 - P_Y \cdot 54 + P_Z \cdot 19$$

$$0 = -Q \cdot 7.5 - 24.37 \cdot 54 + 270.04 \cdot 19$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$Q \cdot 7.5 = 5130.76 - 1315.98$$

$$Q = 508.637$$

Необхідно пораховану силу затиску помножити на коефіцієнт запасу $k \approx 2.5$. $Q_{\text{зат}} = 3 \cdot 508.637 = 1526 \text{ Н}$.

2.5 Обґрунтування доцільності ексцентрикового прихвату

Ексцентрикові затискачі широко використовуються в різних галузях промисловості завдяки своїй простоті, ефективності та надійності. Вони забезпечують швидке та надійне затискання деталей, що особливо важливо у виробництві з високими вимогами до швидкості обробки. Ось ще кілька додаткових аспектів:

Принцип роботи: Ексцентриковий затискач працює за рахунок ексцентриситету, тобто зміщення центру кулачка відносно осі обертання. Це дозволяє створювати значні зусилля при мінімальних затратах енергії. Поворот ексцентрика навколо осі призводить до притискання деталі до опорної поверхні, забезпечуючи міцне фіксування.

Матеріали: Затискачі часто виготовляються з високоякісної сталі або інших міцних матеріалів, що дозволяє їм витримувати значні навантаження та забезпечувати довговічність. Робочі поверхні можуть бути загартовані або оброблені для зменшення зносу.

Застосування: Ексцентрикові затискачі використовуються в металообробці, деревообробці, складанні механізмів та багатьох інших галузях. Вони забезпечують швидке та точне затискання, що важливо для серійного виробництва та автоматизації.

Переваги: швидкодія, забезпечують швидке фіксування та звільнення деталей. Надійність, завдяки простій конструкції, мають високу надійність та низьку потребу в обслуговуванні. Ефективність високий коефіцієнт посилення дозволяє створювати значні затискні сили з мінімальним зусиллям оператора.

Розрахунки: Важливо правильно розрахувати ексцентриситет та інші параметри затискача, щоб забезпечити самогальмування та достатню силу

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

затиску. Розрахунки зазвичай проводяться з урахуванням коефіцієнта тертя та вимог до стабільності фіксування деталей.

2.6 Розрахунок ексцентрикового прихвату

Важливим аспектом для ексцентрикового затискача є його конструкція, яка повинна забезпечувати ефективну передачу зусилля. Критичним також є коефіцієнт тертя між деталлю та ексцентриком. Високий коефіцієнт тертя дозволяє досягти надійного фіксування з мінімальним ризиком зміщення деталі під час обробки. Це забезпечує стабільність та точність у виробничому процесі, запобігаючи небажаним рухам деталі.

Ексцентрикові затискачі легко виготовляти, вони компактні та мають високий коефіцієнт посилення. Ці затискачі, як варіант кулачкових механізмів, мають основну перевагу — швидкодію. Робочу поверхню кулачка зазвичай виконують у формі циліндра з окружністю або спіраллю Архімеда в основі. Найбільш поширеним та технологічним у виготовленні є круглий ексцентриковий затискач.

Розміри стандартизованих кулачків для верстатних пристосувань наведені у ГОСТ 9061-68. Ексцентриситет круглих сталевих кулачків у цьому документі визначений як $1/20$ від зовнішнього діаметра, щоб забезпечити самогальмування у всьому робочому діапазоні кутів повороту при коефіцієнті тертя $0,1$ і більше.

При конструюванні верстатного пристрою я використав латунь ЛС59-1 матеріал для ексцентрика. Я вибрав свинцеву латунь ЛС59-1, листову м'яку, з кількох причин, базуючись на даних з англomовних ресурсів. По-перше, ця латунь має низький коефіцієнт тертя, що зменшує знос і нагрівання під час обробки. По-друге, ЛС59-1 володіє вищою твердістю порівняно з іншими видами латуні, що забезпечує її довговічність і міцність. Однак, твердість, $HB\ 10^{-1} = 100$ МПа цієї латуні все ще менша, ніж у алюмінію Д16 $HB\ 10^{-1} = 110$ МПа. Це важливо, оскільки використання матеріалу з меншою твердістю знижує ризик пошкодження оброблюваних деталей, забезпечуючи їхню цілісність і точність. Таким чином, свинцева латунь ЛС59-1 є оптимальним

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

вибором для додатків, де потрібні м'які, але міцні матеріали з низьким коефіцієнтом тертя. З плюсів цього матеріалу є його доступність в порівнянні з іншими латунями, оскільки цей сплав має аналоги за кордоном такі як CuZn38Pb1, CuZn38Pb1.5 (Європа), C37000 (США). Коефіцієнт тертя латуні по алюмінію $f_1 = 0.17$ [4]. Для осі використовуватимемо алюміній Д16 і змащуватимемо зону контакту алюмінієвої осі і ексцентрика, тоді коефіцієнт тертя $f_2 = 0.1$.

Для знаходження максимального кута кругового заклинування використовуємо формулу $\alpha = \arctg(\frac{2e}{D})$ [5].

$$\alpha = \arctg\left(\frac{2 \cdot 1}{30}\right) = 3^{\circ}81'$$

$e = 1$ – ексцентриситет кулачка, мм

$D = 30$ – діаметр ексцентрика, мм

$D/e \geq 20$ - одна з умов самогальмування.

Також для забезпечення самогальмування необхідно, щоб $e \leq R \cdot f_1 + \frac{d}{2 \cdot f_2}$ [5].

Перевірка самогальмування $e \leq 15.033 \cdot 0.17 + \frac{8}{2 \cdot 0.1} \rightarrow 1 \leq 42,56$

$d = 8$ – діаметр осі ексцентрика.

Радіус-вектор точки контакту буде рівний:

$$R = \frac{D}{2 \cdot \cos(\alpha)} = \frac{30}{2 \cdot \cos(3.81^{\circ})} = 15.033 \text{ мм}$$

Зусилля затиску деталі визначається за формулою

$$F = \frac{P \cdot L \cdot \cos(\alpha)}{R \cdot \tg(\alpha + \varphi_1) + \frac{d}{2 \cdot \tg(\varphi_2)}}[5]$$

де $P = 150$ Н– зусилля на руків'я

$L = 50$ мм – довжина руків'я

φ_1 і φ_2 – кути тертя деталі – ексцентрика, осі – ексцентрика відповідно

$$\varphi_1 = \arctg(f_1) = 9^{\circ}65'$$

$$\varphi_2 = \arctg(f_2) = 5^{\circ}71'$$

$$F = \frac{150 \cdot 50 \cdot \cos(3^\circ 81')}{15.033 \cdot \operatorname{tg}(3^\circ 81' + 9^\circ 65') + \frac{8}{2 \cdot \operatorname{tg}(5^\circ 71')}} = 1871 \text{ Н}$$

Сили затиску буде достатньо для затискання деталі.

2.7 Обґрунтування використання вимірювально-контрольних пристроїв

Вимірювально-контрольні пристрої (ВКП) є важливими засобами для забезпечення якості та точності виробничих процесів. Вони дозволяють контролювати розміри, геометрію та інші параметри виготовлюваних виробів з максимальною точністю. Використання ВКП забезпечує відповідність виробів встановленим технічним вимогам та стандартам якості.

Застосування вимірювально-контрольних пристроїв дозволяє знизити кількість бракованих виробів, оскільки недоліки можуть бути виявлені на ранніх стадіях виробничого процесу і виправлені негайно. Це допомагає зменшити витрати на відшкодування втрат та ремонт виробів, а також підвищує довіру споживачів до продукції.

Вимірювально-контрольні пристрої дозволяють також забезпечити стабільність та надійність виробничого процесу, оскільки контроль параметрів виробів допомагає вчасно виявляти потенційні проблеми та уникати їх поширення на інші стадії виробництва.

Для оптимізації виробничих процесів рекомендується використання різноманітних типів вимірювально-контрольних пристроїв, від простих ручних до автоматизованих систем, залежно від конкретних вимог та потреб виробництва.

Таким чином, використання вимірювально-контрольних пристроїв є необхідним кроком для забезпечення високої якості продукції, підвищення ефективності виробництва та задоволення потреб споживачів.

2.8 Вибір контрольно-вимірювального пристрою

Для забезпечення максимальної точності вимірювання цього параметра

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

необхідно обрати оптимальний контрольний-вимірний пристрій. У даному есе розглянуто три варіанти пристроїв: проста базувальна призма з можливістю обертання індикатора, проста призма без додаткових функцій, та варіант базування деталі в двох роликах з притисканням зверху третього ролика.

Проста базувальна призма з можливістю обертання індикатора

Цей варіант передбачає використання базувальної призми, яка дозволяє обертати індикатор довкола необхідної поверхні. Основна перевага цього рішення - можливість точного позиціонування індикатора та зручність у використанні. Однак, через не жорстко закріплений індикатор виникає проблема падіння точності вимірювання. Механічні коливання, похибки під час складання пристрою призводять до похибок у показаннях індикатора, що унеможлиблює досягнення необхідної точності.

Проста призма без додаткових функцій з можливістю обертання деталі в ній

Використання простої призми для вимірювання торцевого биття передбачає менш складну конструкцію. Проте цей варіант має суттєві недоліки. По-перше, швидке зношування призми через постійний контакт і тертя з деталлю призводить до втрати точності. По-друге, існує ризик залишення слідів на самій деталі, що негативно впливає на її якість. Таким чином, проста призма не забезпечує необхідної довговічності та точності вимірювання.

Базування деталі в двох роликах

Останній варіант, який був обраний як оптимальний, передбачає базування деталі у двох роликах, з притисканням зверху третього ролика. Цей підхід має декілька важливих переваг. По-перше, деталь фіксується більш надійно, що забезпечує стабільність її положення під час вимірювання. По-друге, ролики викликають менше тертя з деталлю, що знижує ризик зношування та залишення слідів на її поверхні. Це дозволяє досягти високої точності вимірювання торцевого биття, що є критичним для якості готових виробів.

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Вибір даного методу обумовлений необхідністю забезпечення високої точності та довговічності контрольно-вимірювального пристрою. Базування деталі в двох роликах дозволяє мінімізувати механічні похибки та зношування компонентів, що робить цей підхід найбільш раціональним та ефективним.

Таким чином, розглянувши всі варіанти, було прийнято рішення на користь базування деталі в двох роликах з притисканням третього ролика. Це забезпечує максимальну точність вимірювання торцевого биття та довговічність пристрою, що є ключовими факторами для успішного контролю якості у машинобудуванні.

2.9 Конструкція контрольно-вимірювального пристрою

Для вимірювання торцевого биття необхідно, щоб деталь могла лягати на ролики, притискатися зверху прижимом, який не буде заважати обертанню деталі. Для цього використано фрезеровану плиту, для підвищення точності, в якій мають бути просвердлені 4 отвори для посадки туди підшипників. Використання підшипників зумовлене необхідністю легкого обертання роликів, прихват використовується підшипник на стійці, стійка має бути на пружинці яка буде тягнути підшипник прижиму донизу, для вимірювання биття необхідно щоб був індикатор на стійці. Для зручності при використанні пристрою і для зменшення контакту людини, при вимірюванні, напряду з деталю, було вирішено розмістити на кожному із роликів по шківу, для пасової передачі, яка вестиме до ручки, з допомогою якої можна буде обертати ролики.

2.10 Розрахунок похибки вимірювання

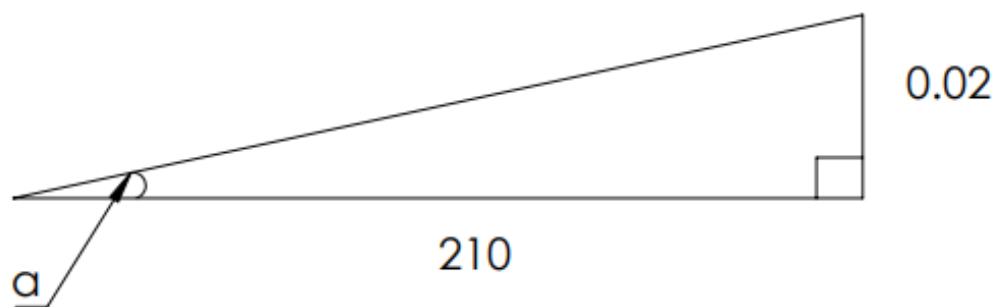
Пристрій розрахований на вимірювання торцевого биття, основне відхилення яке впливатиме на не точність вимірювання, це перекося деталі.

Для визначення похибки потрібно визначити під яким кутом можливо встановити вали відносно один одного, для цього зобразити схему (рис. 2.3).

З неї визначаємо кут під яким розташовані вали відносно один одного. Цей кут складає $25''$, округлимо до 0.01° . Знайшовши цей кут можна зробити

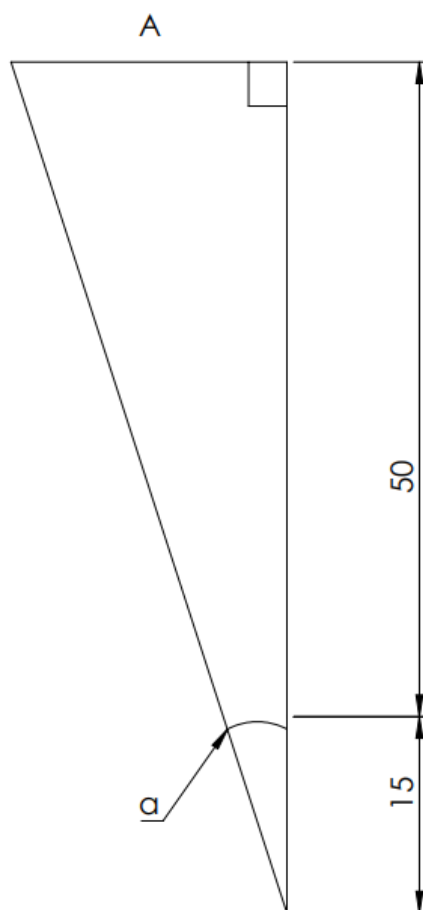
					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

схему для знаходження похибки вимірювання перекосу деталі. Перекос складає 0.0114 мм.



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= 0.02/165 \\ \alpha &= \arctg (0.02/165) \\ \alpha &= 25'' = 0.01 \text{ deg} \end{aligned}$$

Рис. 2.3 Схема кута між валами



$$\begin{aligned} \alpha &= 0.01 \text{ deg} \\ A &= 65 \times \operatorname{tg} \alpha \\ A &= 0.0114 \text{ mm} \end{aligned}$$

Рис. 2.4 Схема для знаходження похибки вимірювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ02.008.ПЗ

Арк.

55

Для знаходження похибки необхідно використати формулу

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}$$

Отже $\varepsilon_6 = 0.0114$ мм, похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$ – нівелюється оскільки індикатор регулюється рухомою стійкою, $\varepsilon_{\text{пр}} = 0.002$ мм

$$\varepsilon = \sqrt{0.0114^2 + 0 + 0.002^2} = 0,01 \text{ мм}$$

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Розділ 3. Залежності параметрів шорсткості поверхні від режиму різання та геометричних параметрів різальної частини інструменту при точінні

3.1 Вступ

Дослідження залежності шорсткості від режиму різання та геометричних параметрів при токарній обробці алюмінієвих деталей є важливим з кількох причин. Більшість існуючих залежностей шорсткості поверхні від параметрів подачі були отримані емпіричним шляхом. Це означає, що вони базуються на експериментальних даних, які можуть бути специфічними для певних умов обробки і не завжди враховують всі можливі змінні. Такий підхід має свої недоліки.

По-перше, емпіричні залежності часто не враховують вплив усіх параметрів обробки, таких як швидкість різання, глибина різання або стан інструменту, що може призвести до неточних результатів у різних умовах. По-друге, емпіричні моделі можуть бути менш універсальними і вимагати постійного коригування при зміні матеріалу або інструменту.

Крім того, емпіричні залежності можуть не враховувати інноваційні методи обробки або нові матеріали, що обмежує їхню застосовність у сучасному виробництві.

Вивчення більш точних залежностей між параметрами обробки і шорсткістю поверхні дозволяє покращити якість оброблених деталей, зменшити відходи матеріалу і підвищити ефективність виробничих процесів. Це дослідження допоможе розробити більш надійні і універсальні моделі, що враховують різноманітні фактори і забезпечують стабільну якість поверхні.

3.2 Поняття шорсткості

Поверхні деталей, оброблених різанням, мають мікронерівності, що визначають їх відхилення від номінального профілю, тобто ідеального

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

геометричного образу. Ці нерівності називаються шорсткістю, параметри якої визначаються відповідно до ГОСТ 2189-82 і ДСТУ 2413-94 та вимірюються у межах стандартної ділянки.

Таким чином, шорсткість представляє собою сукупність нерівностей, що знаходяться в межах стандартної ділянки. Відхилення, що перевищують розмір цієї ділянки, відносяться до відхилень форми і не розглядаються в даній роботі.

Шорсткість поверхні є важливим параметром, який впливає на експлуатаційні властивості деталей, такі як зносостійкість і міцність з'єднань. Одним із головних факторів, що ускладнюють математичний опис шорсткості, є її нерегулярність. Вона виникає внаслідок фізичних особливостей методів формування поверхні. Тому для математичного моделювання шорсткості необхідно застосовувати теоретико-імовірнісні методи. Оскільки вже існують готові теоретико-імовірнісні методи дослідження, ми можемо використати їх, а також готові програми для перевірки залежності шорсткості від подачі. Це значно полегшує процес аналізу та дозволяє отримати більш точні результати.

Враховуючи ці аспекти, дослідження шорсткості поверхні при зміні параметрів подачі дозволяє отримати більш точні і надійні результати, що сприятиме покращенню якості оброблюваних деталей.

3.3 Математична модель програми «Дослідження шорсткості обробленої поверхні»

При аналізі причин появи мікронерівностей на обробленій поверхності, можна виявити, що залежать вони від двох основних факторів. При точінні зовнішньої циліндричної поверхні, теоретичний профіль в осьовому перетині формується дугами кіл, радіус яких відповідає радіусу округлення вершини різця(г на рис. 3.1).

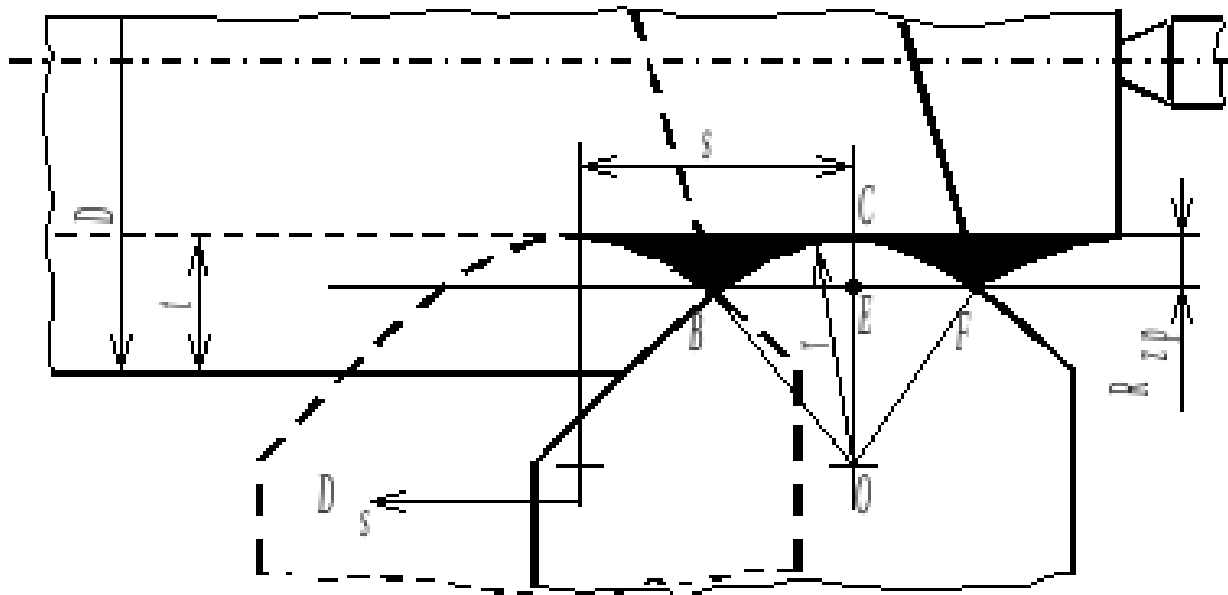


Рис. 3.1 Схема різання різцем із радіусом при вершині

Крок цих впадин залежить від подачі інструмента на оберт(s). При збільшенні подачі(і при цьому не змінюванні інструменту обробки), крок між цими вершинами зменшується і висота вершин В і F стають ближче до впадин утворених інструментом(точка С).

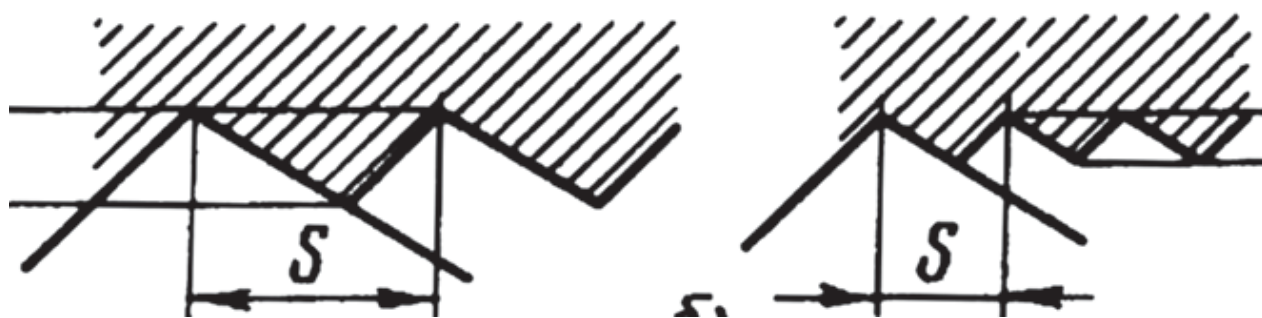


Рис. 3.2 Порівняння схеми різання при зміні подачі

На шорсткість поверхні також впливає геометрія ріжучого інструменту. А саме, головний кут різання ϕ , допоміжний кут різання ϕ_1 і радіус скруглення інструмента r . На рис. 3.3 можна побачити схематичне зображення залежності форми впадин від допоміжного кута різання, на рис. 3.4 представлена залежність форми впадин від радіуса ріжучої кромки інструмента

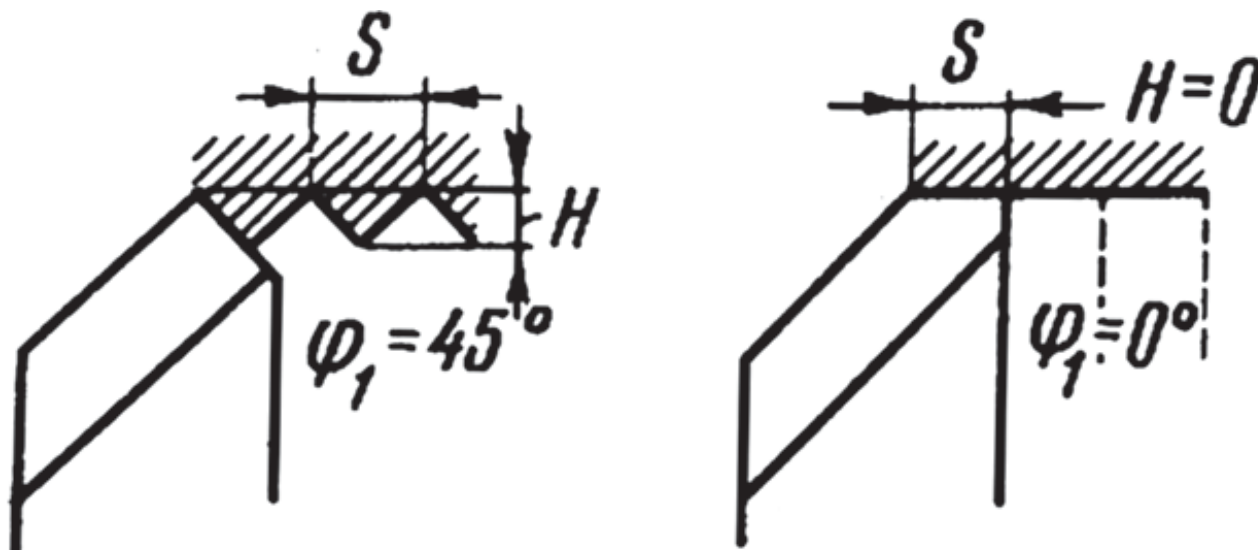


Рис. 3.3 Порівняння схеми різання при зміні додаткового кута φ_1

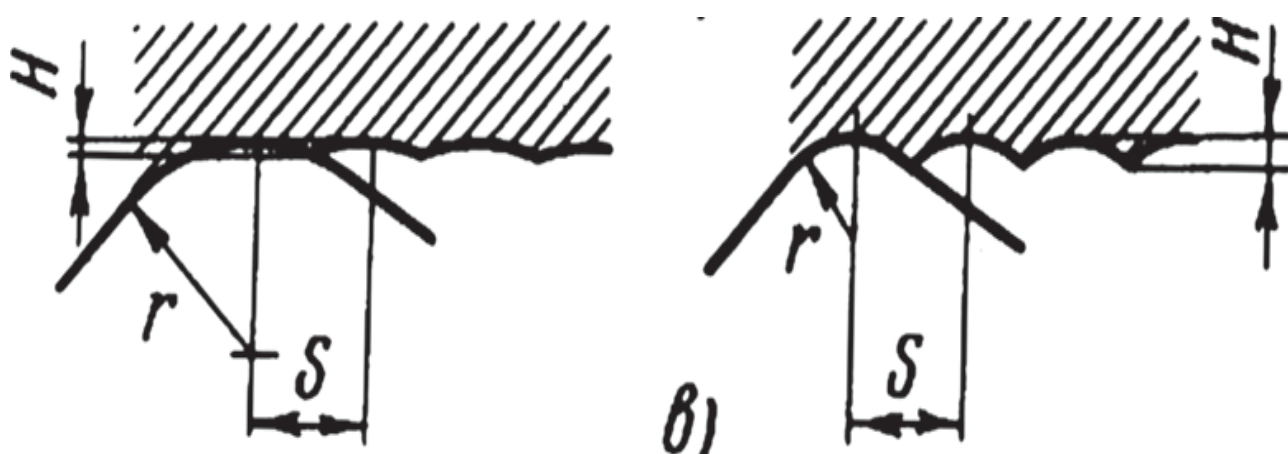


Рис. 3.4 Порівняння схеми різання при зміні додаткового кута γ

Ці всі фактори враховуються при створенні математичної моделі яка використовується в програмі «Дослідження шорсткості обробленої поверхні». Формула яка використовується для знаходження величини шорсткості періодичної складової із теоретичного обґрунтування до програми «Дослідження шорсткості обробленої поверхні»[6]:

$$R_z = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1} (S_{\text{об}} - r \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right))$$

(формула 3.1)

Це ідеалізоване уявлення про те, як повинна виглядати поверхня після обробки. Однак, у реальному процесі обробки, до цього теоретичного профілю додається випадкова складова. Ця випадкова складова виникає через різноманітні фактори, такі як вібрації інструменту, неоднорідність матеріалу, мікронерівності ріжучої кромки різця та інші технологічні впливи(рис. 3.5).

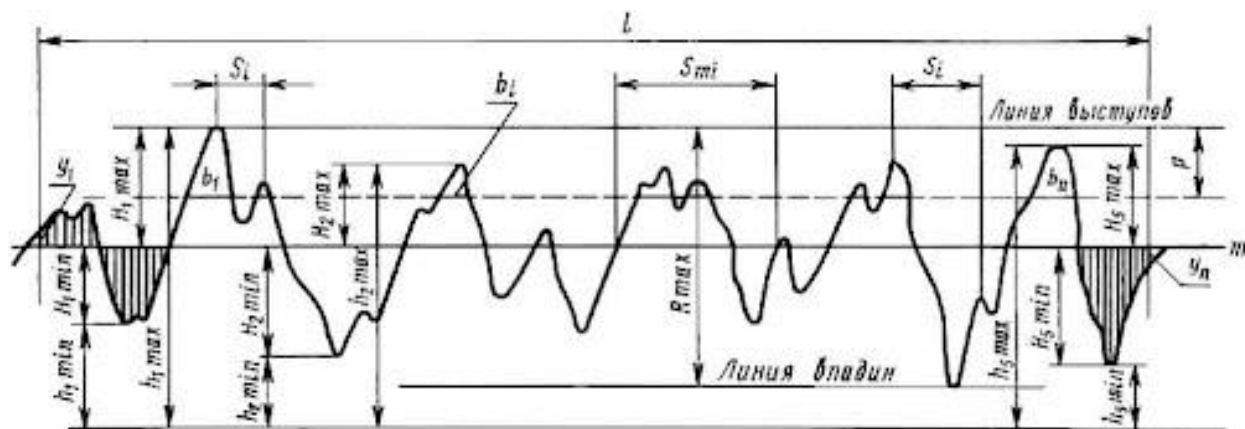


Рис. 3.5 Випадкова шорсткість без періодичної складової

Таким чином, фактичний профіль поверхні виявляється більш складним і нерівним порівняно з теоретичним, що потребує додаткового аналізу для досягнення необхідної якості обробки. Врахування цих факторів є важливим для точного прогнозування шорсткості поверхні та покращення процесу обробки в цілому.

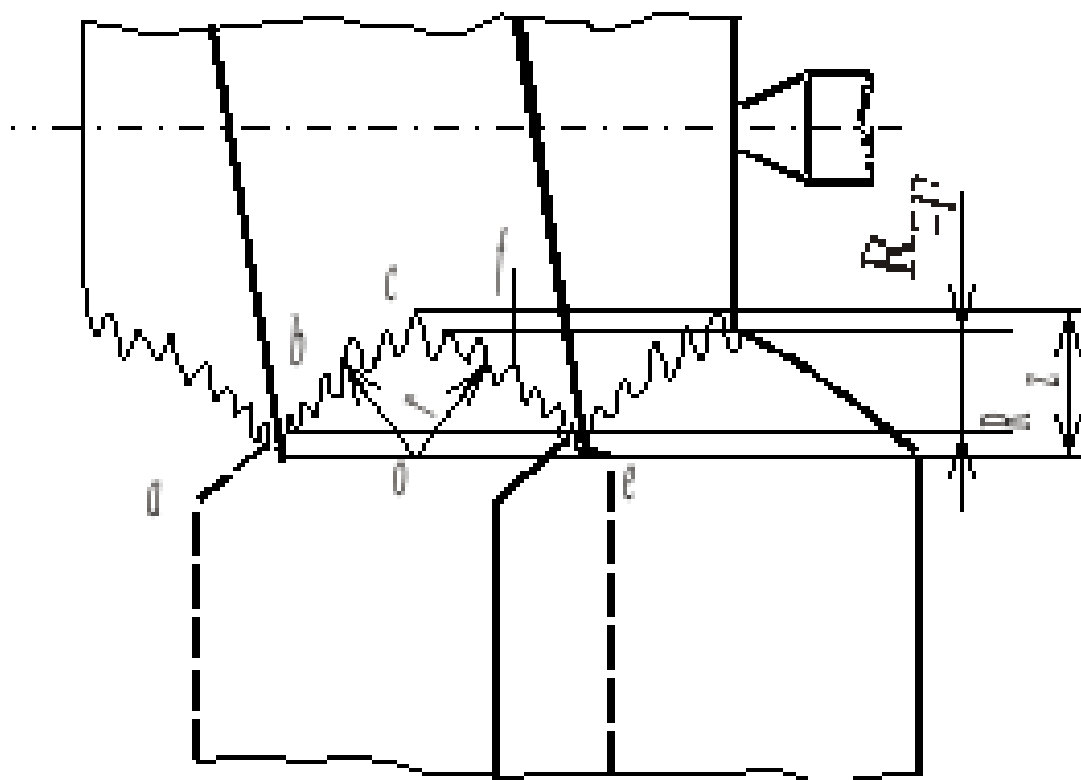


Рис. 3.6 Схема шорсткості з періодичною і випадковою складовими

В математичній моделі яка використовується в програмі «Дослідження шорсткості обробленої поверхні» використовується більш складна модель яка

враховує як і періодичну компоненту, так і випадковий чинник який впливає на шорсткість поверхні.

Особливість випадкового компоненту шорсткості(γ), полягає в тому, що його не можна передбачити чи точно змодельовати за допомогою теоретичних розрахунків. Він визначається безпосередньо на поверхні деталі за допомогою профілографа. Профілограф є спеціалізованим вимірювальним приладом, який сканує поверхню деталі і записує мікронерівності, що утворюються в результаті процесу обробки. Цей пристрій дозволяє отримати точну інформацію про реальний стан поверхні, включаючи випадкові відхилення, які виникають через різні фактори, такі як вібрації інструменту, неоднорідність матеріалу та інші технологічні впливи.

Випадковий компонент шорсткості (γ) – варіюється в діапазоні чисел від 0 до 1. Де 0 це профіль не залежить від випадкової складової моделі, 1 навпаки реалізується цілком випадковою незмінною з часом моделлю.

Варіативність компоненту залежить від матеріалу, що піддається обробці. Експериментально визначено[7], що матеріали із більшою імовірністю виникнення сколів(чавун, бронза) або виривань(сталь) мають більший рівень γ . При тому що більш м'які і пластичні матеріали мають низький рівень складової γ , і в більшій мірі залежать від математичної складової моделі.

Через різний рівень наростуутворення, який обумовлюються різними швидкостями різання і реакцією матеріалів на них, що теж визначалося експериментально.

3.4 Розбір інтерфейсу і можливостей програми «Дослідження шорсткості обробленої поверхні»

На інтерфейсі програми(рис. 3.7) виведено дві основні секції: одна з графічними представленнями точіння циліндричного тіла, і збільшений вигляд геометрії інструмента, а інша секція програми забезпечує введення геометричних параметрів різальної частини, а саме головний кут, допоміжний кут і радіус при вершині та введення параметрів режимів різання: частота

обертання, повздовжня подача, глибина різання. Під режимами різання є поле для вибору діаметра деталі, і матеріалу.

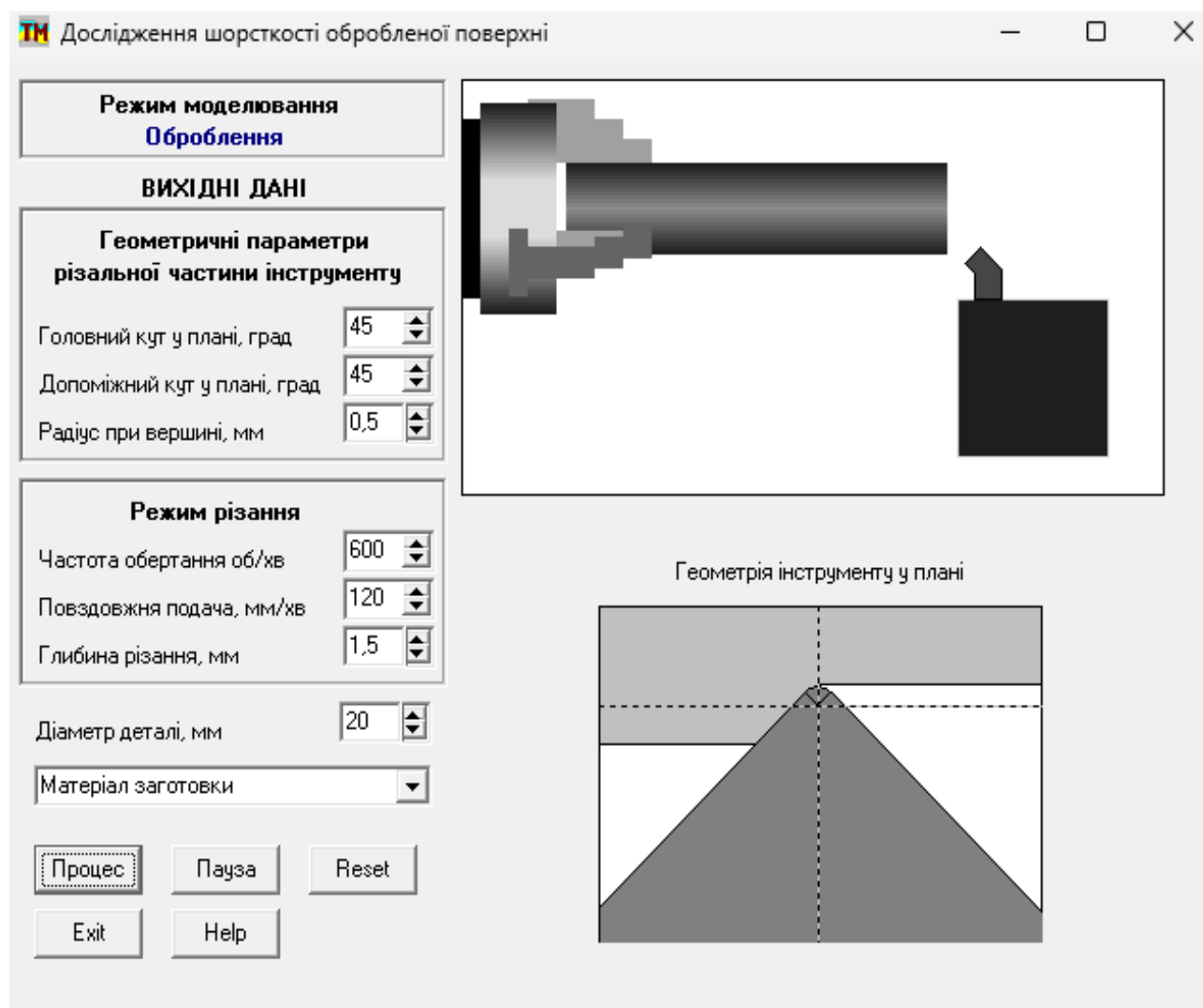


Рис. 3.7 Інтерфейс програми «Дослідження шорсткості обробленої поверхні»

3.5 Виконання досліду

Як вже було вище зазначено шорсткість залежить від низки параметрів, у моєму дослідженні я визначаю залежність шорсткості обробленої поверхні, від хвилинної подачі та частоти обертання, при обробці алюмінієвої циліндричної поверхні $\varnothing 50$ мм. Для дослідження буде використано різець 2102-0078 ГОСТ 18877-73 прохідний відігнутий із твёрдосплавними пластинами. Головний кут різання $\varphi = 45^\circ$. Допоміжний кут $\varphi_1 = 45^\circ$. Радіус ріжучої кромки $r = 0.8$ мм.

Оскільки програма має декілька змінних параметрів для початку приймемо, що параметр режиму різання який буде сталий при першому досліді,

це частота обертання та глибина різання. Рекомендована глибина різання 0.9 мм[2]. Приймемо сталу частоту обертання на рівні 500 об/хв. Робитимемо дослід визначаючи шорсткість із змінною повздовжньої подачі, крок 50 мм/хв. Вихідні дані програми рис. 3.8.

Режим моделювання
Оброблення

ВИХІДНІ ДАНІ

Геометричні параметри різальної частини інструменту

Головний кут у плані, град

Допоміжний кут у плані, град

Радіус при вершині, мм

Режим різання

Частота обертання об/хв

Повздовжня подача, мм/хв

Глибина різання, мм

Діаметр деталі, мм

Алюміній АЛ9

Процес Пауза Reset

Exit Help

Геометрія інструменту у плані

Рис 3.8 Вихідні данні до першого дослідю

Програма схематично моделює точіння деталі (рис. 3.9).

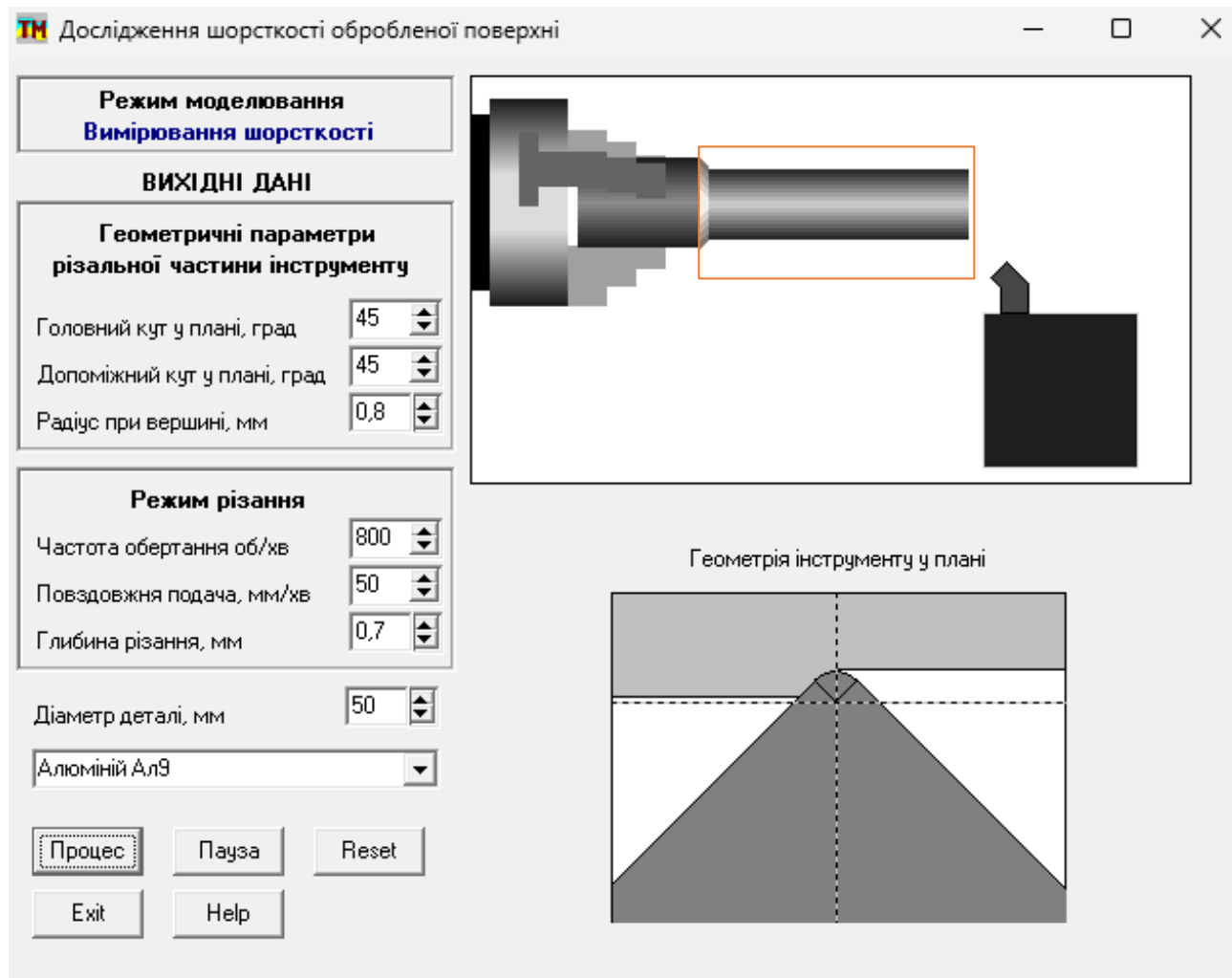


Рис. 3.9 Вигляд програми після початку моделювання

Результат моделювання роботи з профілографом (рис. 3.10), будуть внесені в таблицю 3.1.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

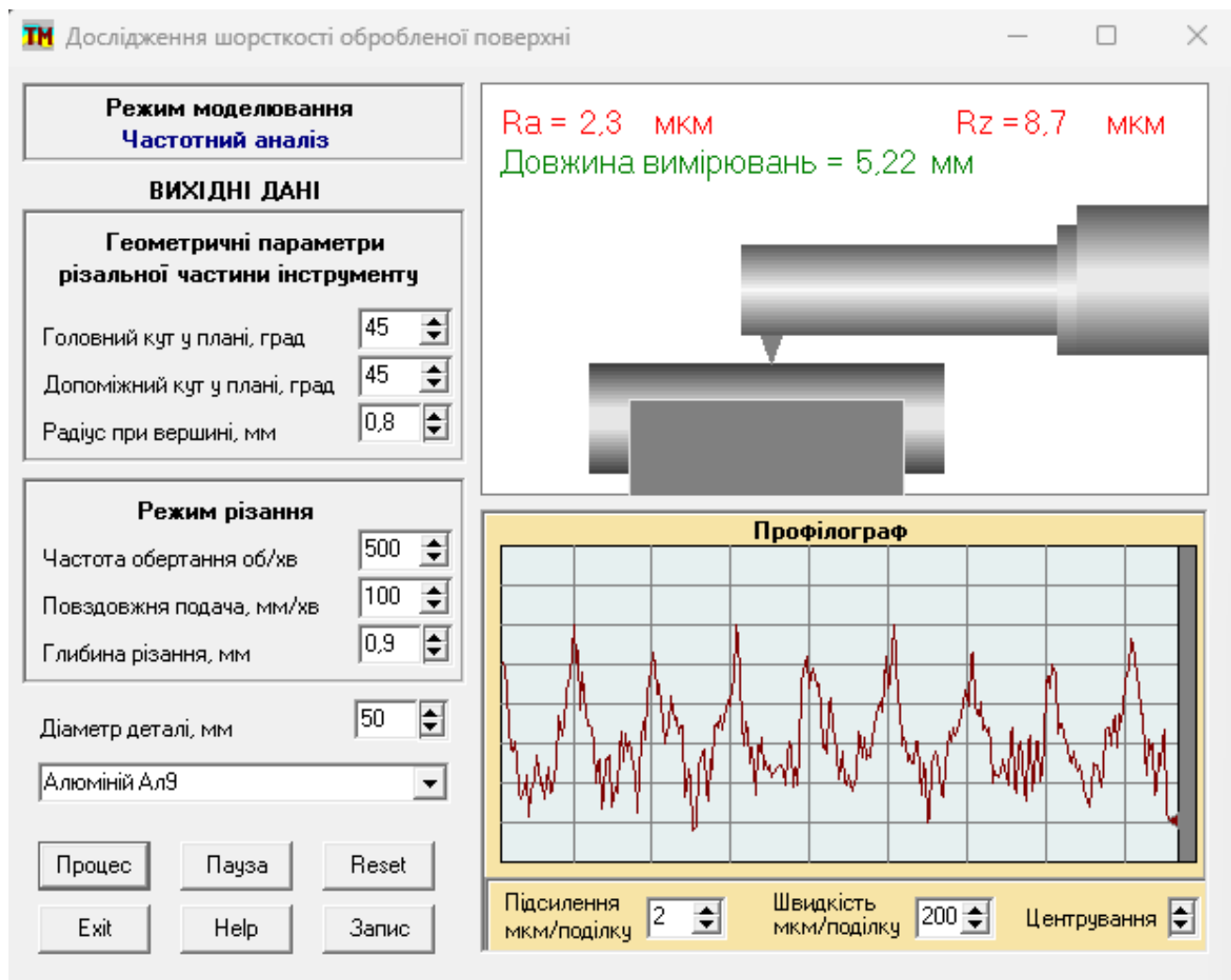


Рис. 3.10 Моделювання профілографа в програмі «Дослідження шорсткості обробленої поверхні»

Таблиця 3.1 Результати дослідження залежності шорсткості поверхні від зміни повздовжньої подачі

S, мм/хв	S _{об} , мм/об	Ra, мкм	Rz, мкм
50	0.1	0.6	2.5
100	0.2	2.3	8.7
150	0.3	5.2	18.2
200	0.4	9.4	36
250	0.5	14.5	55.4
300	0.6	20.5	77.7

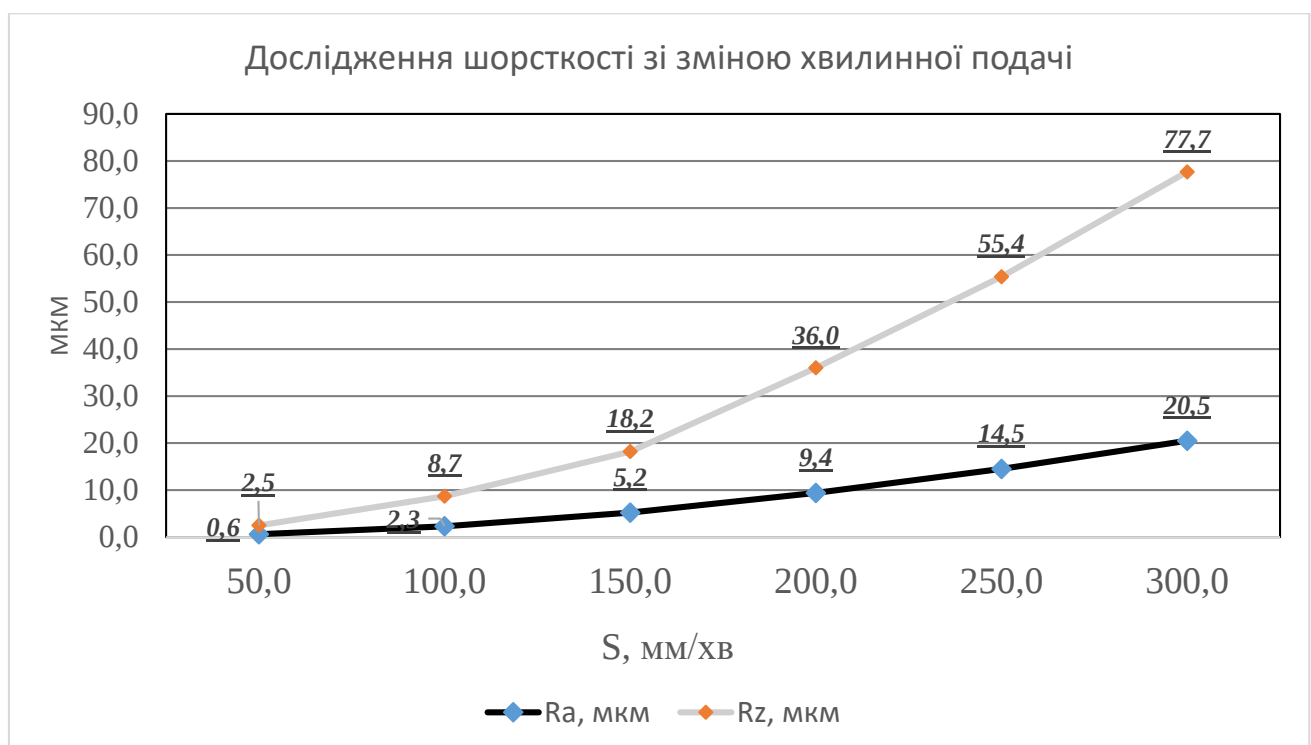
Наступним зробимо дослід в якому буде змінюватися частота обертання, приймемо за сталу подачу 200 мм/хв. Глибину різання 0.9 мм. Крок для частоти

обертання візьмемо 100 об/хв

Таблиця 3.2 Результати дослідження залежності шорсткості поверхні від зміни частоти обертання

п, об/хв	V, м/хв	Ra, мкм	Rz, мкм
400	62,8	14,7	58,6
500	78,54	9,0	35,1
600	94,25	6,4	23,3
700	109,96	4,5	15,9
800	125,66	3,6	11,4
900	141,37	2,7	9,0
1000	157,08	2,2	6,9
1100	172,79	1,7	5,6
1200	188,5	1,4	4,7

Діаграма 3.1 Діаграма до Таблиці 3.1,



Аналізуючи дану діаграму можна визначити лінійну регресію, залежності Ra/Rz від S. Загальна формула лінійної регресії: $y = mx + b$. Звідси можна визначити коефіцієнт нахилу ліній – m.

Рівняння лінії: $Ra = 0.069 S - 2.8$

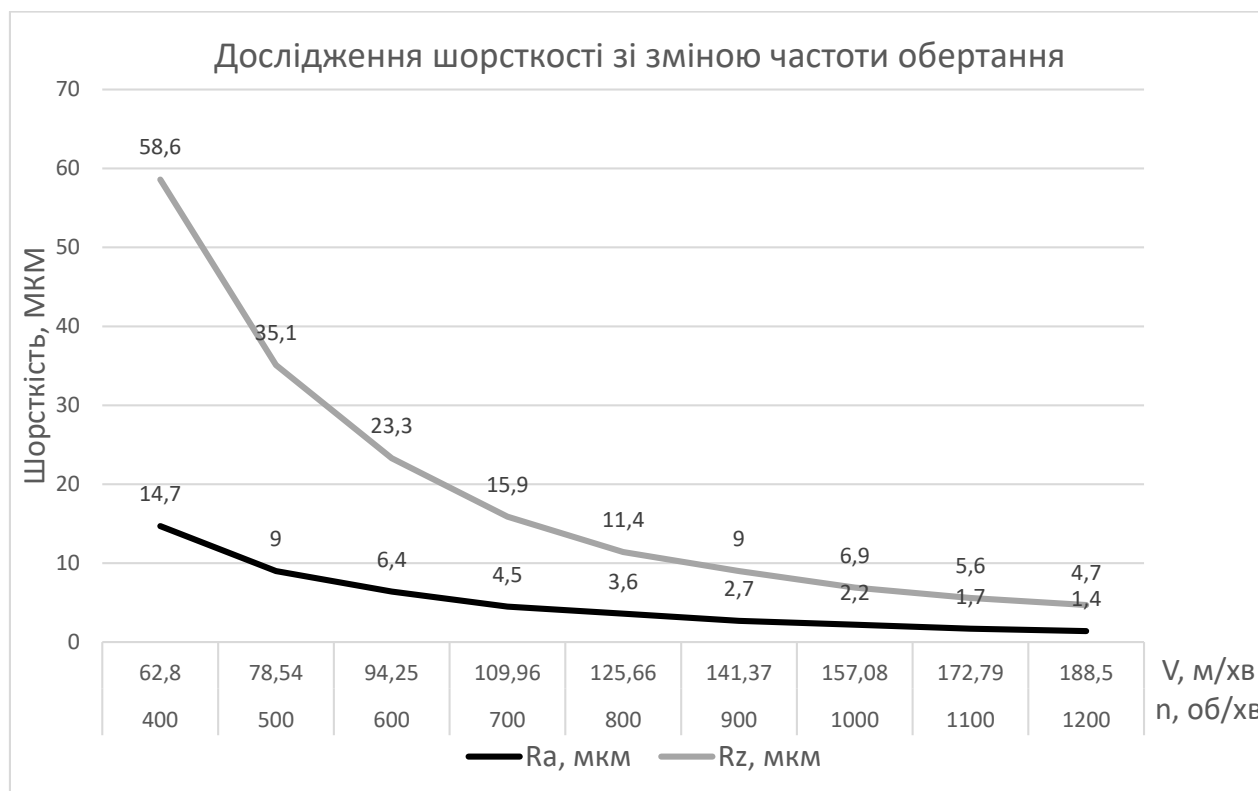
Коефіцієнт нахилу лінії R_a (m): 0.069

Рівняння лінії: $R_z = 0.256S - 12.8$

Коефіцієнт нахилу лінії R_z (m): 0.256

Ці рівняння показують, що з кожним збільшенням S на одиницю, R_a зростає на 0.069 мкм, а R_z - на 0.256 мкм. Це означає, що R_z зростає швидше, ніж R_a , зі збільшенням S . R_z зростає швидше в 3.71.

Діаграма 3.2 Діаграма до Таблиці 3.2,



Аналізуючи дану діаграму можна визначити лінійну регресію, залежності R_a/R_z від S . Загальна формула лінійної регресії: $y = mx+b$. Звідси можна визначити коефіцієнт нахилу ліній – m .

Рівняння лінії: $R_a = Ra = -0.053V + 60.8$

Коефіцієнт нахилу лінії R_a (m): -0.053

Рівняння лінії: $R_z = Rz = -0.024V + 25.4$

Коефіцієнт нахилу лінії R_z (m): - 0.024

Це означає, що R_a зменшується приблизно в 2.21 рази швидше, ніж R_z , зі збільшенням швидкості V .

Ці дослідження перевіряли залежність шорсткості від параметрів різання, при різанні прохідним відігнутим різцем із твердосплавними пластинами. Якщо

повернутися до формули 3.1, то можна побачити, що в ній ні частоти обертання, ні хвилинної подачі немає, проте згадаємо формули для визначення $S_{об}$:

$$S_{об} = \frac{S}{n}$$

В таблицю 3.2 можна так само додати стовпчик із подачою на оберт, S :

Таблиця 3.3 Результати дослідження залежності шорсткості поверхні від зміни частоти обертання із параметром $S_{об}$:

n , об/хв	V , м/хв	Ra , мкм	Rz , мкм	$S_{об}$, мм/об
400	62,8	14,7	58,6	0,5
500	78,54	9	35,1	0,4
600	94,25	6,4	23,3	0,3333
700	109,96	4,5	15,9	0,2857
800	125,66	3,6	11,4	0,25
900	141,37	2,7	9	0,2222
1000	157,08	2,2	6,9	0,2
1100	172,79	1,7	5,6	0,1818
1200	188,5	1,4	4,7	0,1667

Фактично в обох дослідях ми визначали залежність шорсткості від подачі на оберт $S_{об}$:

Наступні дослідження виявлять залежність шорсткості обробленої поверхні від зміни головного кута φ і радіуса ріжучої кромки r .

Для цього використаємо параметри різання подача $S_{об}=200$ мм/хв, частота обертання $n=500$ об/хв, глибина різання 0.9 мм. Допоміжний кут і радіус при вершині залишимо незмінними $\varphi_1=45^\circ$ і $r=0.8$ мм. Крок зміни головного кута φ у плані візьмемо 5° .

Таблиця 3.4 Результати дослідження залежності шорсткості поверхні від головного кута φ

$\varphi, ^\circ$	Ra, мкм	Rz, мкм
30	9	37,6
35	9,2	35,1
40	9,3	36,1
45	9,2	32
50	9,3	34,4
55	9,2	34,0
60	9,0	37,0
65	9,2	36,6
70	8,9	34,1
75	9,1	36,4
80	9,0	34,9

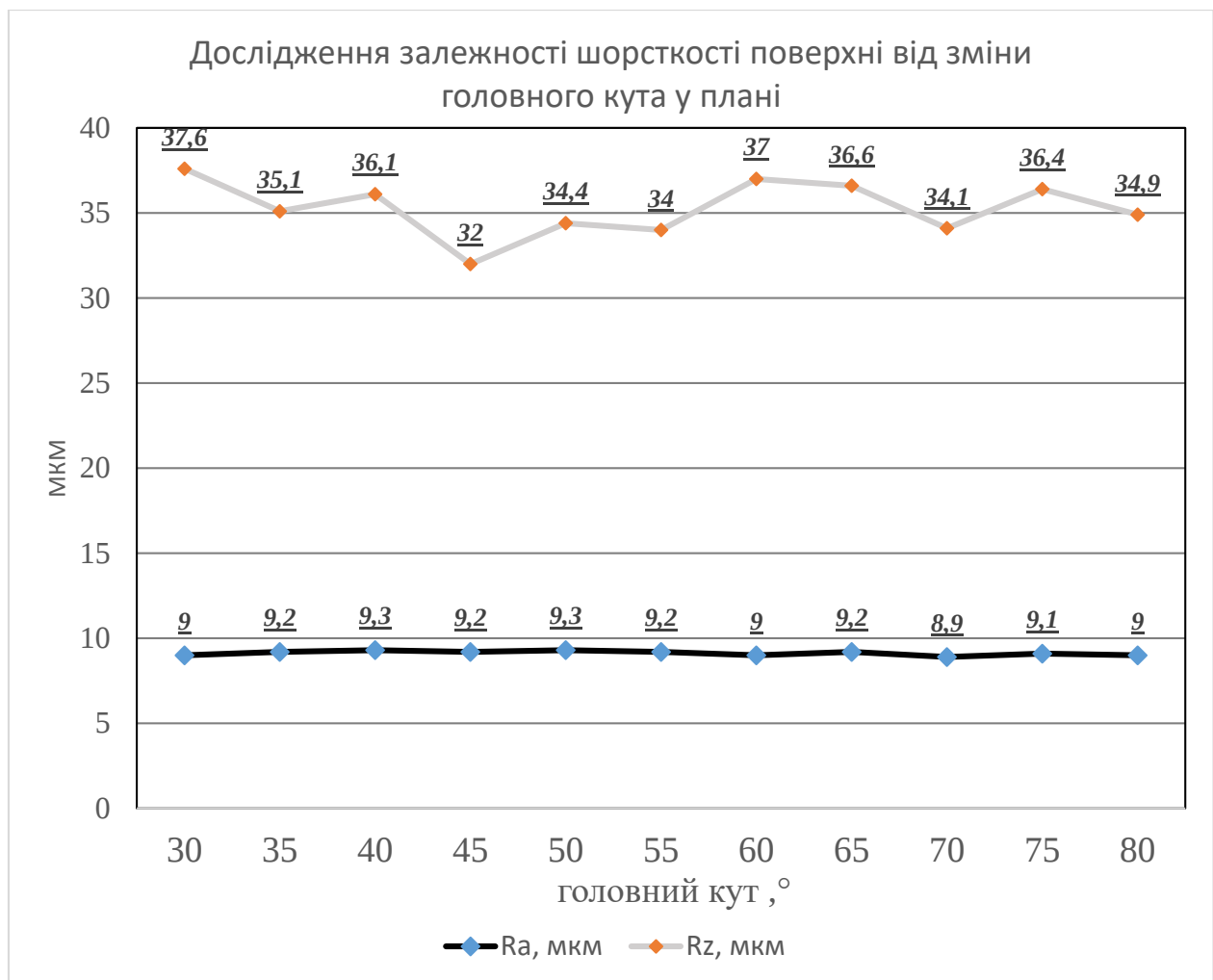
Другим дослідом пов'язаним із геометрією різця є зміна радіуса заокруглення інструмента при вершині. Крок зміни радіуса при вершині 0.1. Параметри режиму різання лишаємо незмінними, головний кут у плані візьмемо $\varphi = 45^\circ$.

Таблиця 3.5 Результати дослідження залежності шорсткості поверхні від радіуса при вершині

r, мм	Ra, мкм	Rz, мкм
0	99,8	216,0
0,1	65,0	169,0
0,2	38,8	128,0
0,3	24,7	92,0
0,4	18,5	70,5
0,5	14,7	59,9
0,6	11,8	42,0
0,7	10,6	39,7
0,8	9,4	33,4

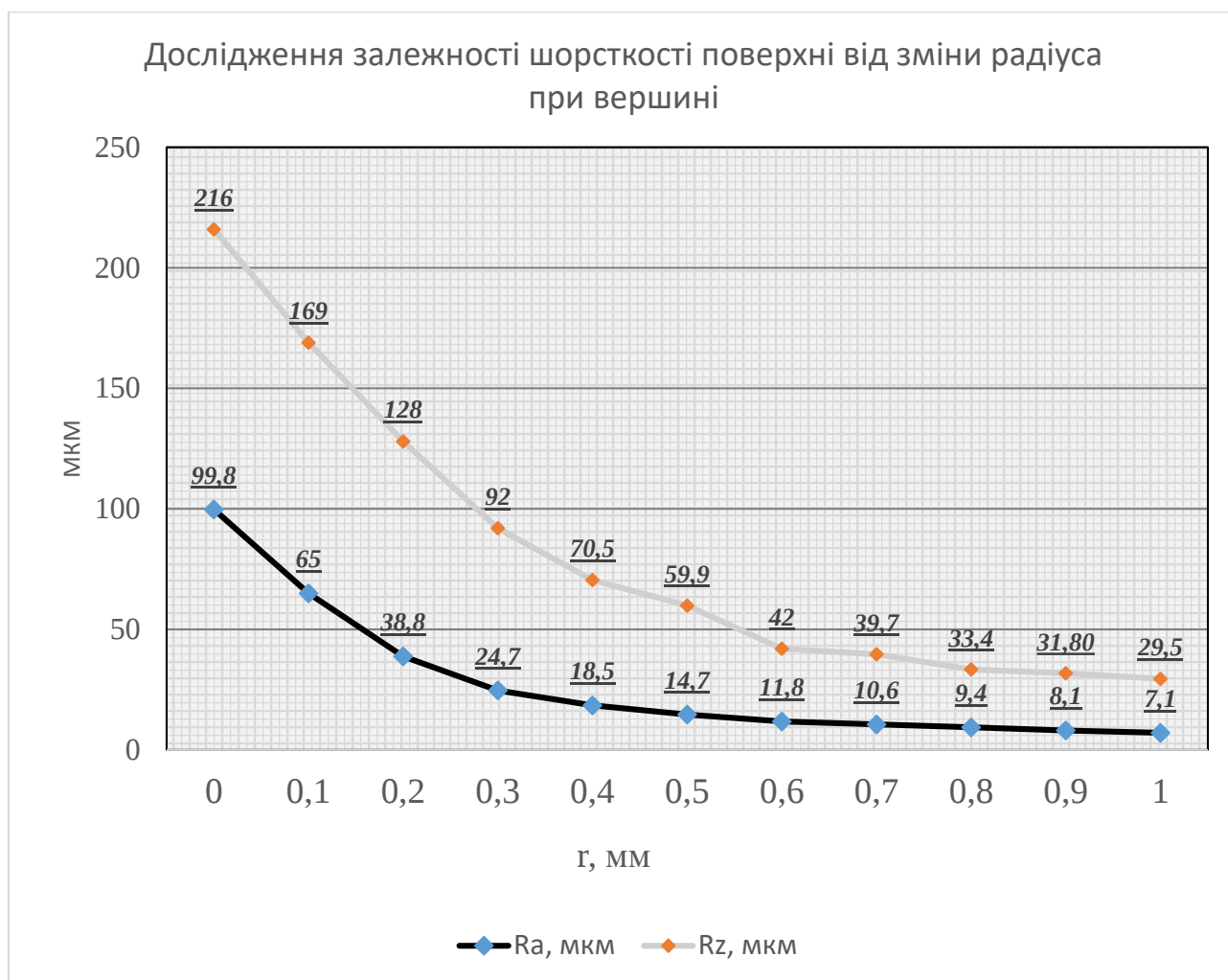
0,9	8,1	31,8
1,0	7,1	29,5

Діаграма 3.3 Діаграма до Таблиці 3.4,



Аналізуючи результат цього дослідження можна прийти висновку, що зміна тільки головного кута в діапазоні від 30° до 80° з параметрами різання подача $S_{об}=200$ мм/хв, частота обертання $n=500$ об/хв, глибина різання 0.9 мм. Геометрією різця: $\phi_1=45^\circ$ і $r=0.8$ мм на шорсткість поверхні не впливає.

Діаграма 3.4 Діаграма до Таблиці 3.5,



Дослідження залежності шорсткості поверхні від зміни радіуса при вершині показало, що збільшення радіуса пластини робить якість поверхні кращою.

Розділ 4. Розрахунок собівартості виготовлення виробу

4.1 Поняття собівартість виробу.

Кінцева собівартість виробу є важливим показником, що дає чітке уявлення про ефективність організації виробництва. Вона також має значний вплив на розвиток підприємства, оскільки відіграє ключову роль у конкурентній боротьбі з іншими виробниками. Тому інженеру-технологу необхідно розуміти, як обчислюється собівартість деталі та які конкретні чинники на це впливають.

4.2 Сировина та матеріал

Витрати на сировину та матеріали визначаються на основі норм їх використання та цін з урахуванням транспортно-заготівельних витрат:

$$C_m = K_{\text{тр-з}} \times N \times P = 1.08 \times 0.450 \times 330 = 160.38 \text{ грн/шт}$$

де:

- N — норма витрат матеріалу на одиницю продукції, $N = 0.450 \text{ кг/шт}$;
- P — ціна 1 кг матеріалу, $P = 330 \text{ грн/кг}$
- $K_{\text{тр-з}}$ — коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, $K_{\text{тр-з}} = 1.08$

4.3 Зворотні відходи

Кількість зворотних відходів на одиницю продукції становить 0.305 кг/шт . Ціна зворотних відходів — 20 грн/кг :

$$C_{\text{зв}} = -q_{\text{зв}} \times \text{Ц}_{\text{зв}} = -0.305 \times 20 = -6.10 \text{ грн/шт}$$

де:

- $q_{\text{зв}}$ — кількість зворотних відходів на одиницю продукції, $q_{\text{зв}} = 0.305 \text{ кг}$

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- Цзв — ціна зворотних відходів, Цзв =20 грн/кг.

4.4 Вартість енергії на технологічні цілі

Тарифи на електроенергію становлять 6.65 грн за кВт·год.

Кількість обладнання — 2 одиниці, річний корисний фонд часу роботи обладнання — 2000 годин:

$$C_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{ел}} \times Q_{\text{об}} \times T_{\text{ф}} \times}{Q} = \frac{6.65 \times 2 \times 2000 \times 22.4 \times 0.85 \times 0.8}{5000} \\ = 81.03 \text{ грн/шт}$$

- Q — кількість одиниць продукції, Q=5000.
- N - встановлена потужність обладнання, N = 22.4 кВт
- Тф — річний корисний фонд часу роботи обладнання, Тф=2000 год;
- $k_{\text{ен}}$ коефіцієнт використання електрообладнання за часом, $k_{\text{ен}} = 0.85$;
- $k_{\text{ен}}$ коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю, $k_{\text{ен}} = 0.8$;

4.5 Заробітна плата

Основна заробітна плата оператора верстатів з ЧПК становить 175 грн за годину. Але для розуміння як це впливає на одну деталь потрібно розуміти скільки оператор витрачає часу на одну деталь, і на всю партію.

Details for all tools:	
Info	Value
☐ Machining Time	0:06:41
☐ Cutting Time	0:04:36
☐ Rapid Time	0:01:25
☐ Dwelling Time	0:00:00
☐ Tool Change Time	0:00:40
☐ Toolpath Length	2249.9787
☐ Cutting Length	836.3179
☐ Rapid Length	1413.6608

Рис. 4.1 Обрахунок машинного часу на перехід 005 в Cimat Edit

На токарну обробку йде 6 хв 41 с. Зміна деталі триває 15 с.

Details for all tools:	
Info	Value
☐ Machining Time	0:01:53
☐ Cutting Time	0:00:19
☐ Rapid Time	0:00:14
☐ Dwelling Time	0:00:00
☐ Tool Change Time	0:01:20
☐ Toolpath Length	240.2
☐ Cutting Length	2.4
☐ Rapid Length	237.8

Рис. 4.2 Обрахунок машинного часу на перехід 010 в Cimat Edit

На обробку одного отвору йде 1 хв 53 с. На зміну деталі або ж повороту

заготовки йде 20 с. Але щоб одна деталь було зроблена потрібно, просверлити 4 отвора, отже на одну деталь буде йти 8 хв 53 с. Вимірювання кожної сьомої деталі при токарній обробці буде витрачатися 1 хв 30 с, при свердлінні на перевірку різьби буде йти 45 с. Виходить що час від заготовки до не покритої хімічним захистом деталі проходить 15 хв 49 с. На виробництво усієї партії піде 79050 хв. До того ж потрібно враховувати сторонні фактори які впливають на роботу тому цей час потрібно помножити на поправочний коефіцієнт 1.3, отже на виробництво партії піде приблизно 102765 хв, або ж 1712 годин,

$$C_{30} = \frac{1712 \times 175}{5000} = 59.95 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

Згідно із законодавством України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування, підприємства, установи та організації повинні сплачувати єдиний внесок. Цей внесок нараховується на загальну суму виплаченої заробітної плати, включаючи основну та додаткову заробітну плату, інші стимулюючі та компенсаційні виплати, а також винагороду фізичним особам за виконання робіт за цивільно-правовими договорами. Норматив єдиного внеску становить 38,11% для класу професійного ризику виробництва, що відповідає 45 класу за професійним ризиком виробництва.

$$C_{3д} = C_{30} \times 0,2 = 1.31 \text{ грн/шт}$$

$$C_{стр} = (6.53 + 1.31) \times 0.3811 = 2.99 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

4.6 Амортизаційні витрати, відшкодування зносу інструментів та витрати на верстатні пристрої

Вартість верстатного обладнання становить 8 034 000 грн. Ліквідаційна вартість — 400 000 грн, строк експлуатації — 10 років:

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Таблиця 4.1 Амортизаційні витрати

Рік	Амортизаційні відрахування, грн	Нараховані амортизаційні відрахування, грн	Залишкова вартість, грн
-	-	-	8034000,00
1	763400,00	763400,00	7270600,00
2	763400,00	1526800,00	6507200,00
3	763400,00	2290200,00	5743800,00
4	763400,00	3053600,00	4980400,00
5	763400,00	3817000,00	4217000,00
6	763400,00	4580400,00	3453600,00
7	763400,00	5343800,00	2690200,00
8	763400,00	6107200,00	1926800,00
9	763400,00	6870600,00	1163400,00
10	763400,00	7634000,00	400000,00

Слід зазначити, що протягом року на цьому обладнанні виготовляються не тільки «Корпус пристрою для нарізання конічних зубчастих коліс». Отже, амортизаційні відрахування, які включаються до вартості виробництва цієї деталі, становлять 10% від загальної авансованої вартості. Таким чином, амортизаційні відрахування, що включаються до вартості «Адаптер», складають 76340 грн. Розподіл цих витрат на одиницю продукції:

$$C_y = \frac{76340}{5000} = 15.27 \text{ грн/шт}$$

$$C_{in} = \frac{Z_{in}}{Q} = \frac{200000}{5000} = 40 \text{ грн/шт}$$

4.7 Інші витрати

Загальновиробничі витрати є пропорційними основній заробітній платі та витратам на утримання і експлуатацію устаткування, і також включаються до

собівартості одиниці продукції[8].

$$C_{зв} = \kappa_{зв}(C_{зо} + C_y) = 0.3 \cdot (59,95 + 15.27) = 22.56 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

Загально господарські витрати[8].

$$C_{зг} = \kappa_{зг}(C_{зо} + C_y) = 60.176 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

Інші витрати визначаються як 0,5% від загальних виробничих витрат згідно з нормативом [8].

$$C_{інш} = 0,005 \cdot C_{зв} = 0.12 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

4.8 Загальна собівартість

Собівартість складається з усіх вище перерахованих витрат: $C_{заг} = 160.38 - 6.10 + 81.03 + 59,95 + 1,31 + 2,99 + 15.27 + 40 + 22,56 + 60,18 + 0,12 = 437.69 \text{ грн/шт}$

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Інженер-технолог повинен володіти широким спектром навичок та знань. Основні вимоги включають технічну компетентність, аналітичні здібності, і м'які навички.

Технічні навички включають знання інженерного програмного забезпечення (наприклад, CAD), вміння працювати з обладнанням з числовим програмним управлінням (ЧПК), та знання стандартів і специфікацій.

Аналітичні здібності є важливими для оцінки фізико-механічних властивостей матеріалів, вибору методів обробки, і вирішення виробничих проблем. Інженер повинен вміти приймати обґрунтовані рішення на основі аналізу даних та умов експлуатації деталей .

Таким чином, успішний інженер-технолог повинен поєднувати технічні знання з аналітичними та міжособистісними навичками, щоб ефективно планувати та реалізовувати виробничі процеси.[9]

У ході цього дипломного-проектування я застосував широкий спектр навичок і знань, необхідних для інженера-технолога. Проект вимагав ретельного планування, уваги до деталей та розуміння як теоретичних, так і практичних аспектів виробничих процесів. Ці компетенції є критичними у цій галузі та відповідають професійним вимогам, зазначеним у кількох освітніх ресурсах.

Однією з основних навичок, використаних у роботі, було аналітичне мислення. Це було особливо важливим під час вибору відповідного типу сировини та визначення послідовності операцій для виготовлення деталі адаптера. Оцінюючи фізико-механічні властивості матеріалів, а також враховуючи експлуатаційні вимоги та умови, я забезпечив оптимальний вибір з точки зору як продуктивності, так і економічності.

Технічна компетентність у використанні програмного забезпечення для проектування (CAD) також відігравала важливу роль у цьому проекті. Створення та інтерпретація детальних технічних креслень вимагали точності та знання галузевих стандартів. Ця навичка є незамінною для інженерів-

					ДПБ.МТ02.008.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

технологів, які повинні забезпечити, щоб конструкції були функціональними та виготовленими.

Досвід роботи з верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК) та розуміння їх можливостей також відіграли значну роль у процесі прийняття рішень. Знання операцій ЧПК дозволило спроектувати процес, який максимізує ефективність і точність — критичні фактори в сучасних виробничих умовах, де допуски є дуже вузькими, а виробничі серії — великими.

Крім того, проєкт вимагав ґрунтовного розуміння принципів контролю якості. Це узгоджується з потребою у навичках забезпечення якості в галузі, що гарантують відповідність усіх продуктів встановленим вимогам перед доставкою клієнту.

Крім того, знання та застосування принципів бережливого виробництва, хоча і не були прямо зазначені, були невід'ємною частиною процесу. Вибір ефективних методів і матеріалів, мінімізація відходів та оптимізація виробничих процесів є основними принципами бережливого виробництва, що є критичними для підвищення продуктивності та зниження витрат.

На завершення, цей проєкт надав комплексний досвід, який охопив багато навичок, необхідних для інженера-технолога. Від технічного проєктування та вибору матеріалів до планування процесів і контролю якості, кожен крок підкреслював важливість методичного та обізнаного підходу до виробництва. Ці навички не лише сприяли успішному завершенню проєкту, але й добре узгоджуються з професійними стандартами та очікуваннями для інженерів-технологів у галузі.

Список літератури

1. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред, А, Ф, Горбачевича, – Минск: Вышэйш, шк., 1975, – 287 с,
2. Справочник технолога – машиностроителя, / Под ред, А, Г, Косиловой, Р, К, Мещерякова, – М.: Машиностроение, 1985 – 1986, Т,1,2,
3. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи студентів з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв» / Укладачі: Ю, А, Буренніков, Д, О, Лозінський, – Вінниця : ВНТУ, 2014, – 105 с,
4. URL: <https://tsvetmet.wordpress.com/2018/11/26/коэффициенты-трения-скольжения/>
5. Бейсенов Б,С, Проектирование нестандартного оборудования, Методические указания по проведению практических занятий, - Алматы, КазНТУ, 2006,
6. Петраков Ю,В, Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання: Навчальний посібник для студентів, що навчаються за напрямом “Інженерна механіка”, – Київ: Політехніка, 2006, –с,
7. Хусу А,П,, Витенберг Ю,Р,, Пальмов В,А, Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход), - М.: Наука, 1975, - 344 с
8. Економіка та організація виробництва: Підручник / За ред. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера. – К.: Знання, 2007. – 678 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
9. URL: <https://ca.indeed.com/career-advice/resumes-cover-letters/manufacturing-engineer-skills/>