

Хмельницький національний університет

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

### ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

ОКР- магістр

Галузь знань: 13

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Вал  
КМ.419000.323» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК»

Виконав студент групи ПМТм-21-1  ( Д.Б. Качановецький )

Керівник магістерської роботи:  (В. Д. Каразей)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри  (В.П.Ткачук)

27 12 2022 р.

Хмельницький – 2022 року

Хмельницький національний університет  
факультет Інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра Технології машинобудування  
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ

### ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Магістру Качановському Д.Б.

Тема затверджена наказом ректора

№\_\_ від " вересня " 2022 р.

Тема роботи «Удосконалення технології виготовлення деталі «Вал КМ 419000.323 » із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК»

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I \_\_\_\_\_ 30.09.2022

Розділ II \_\_\_\_\_ 30.10.2022

Розділ III \_\_\_\_\_ 30.11.2022

Розділ IV \_\_\_\_\_ 05.12.2022

Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі - лист А2; 2 Креслення заготовки - лист А2; 3. Графотехнологія деталі – лист А1; 4. Карта наладки верстата Haas – 1 лист А1; 5. Верстатний пристрій - 2 лист А1; 6. Пристрій для контролю -0,5 лист А1; 7. Інструмент – 0,5 листа А1; 8. Дослідницький лист – А1

Термін подання закінченої роботи на кафедрі 10.12.2022

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ В.П.Ткачук

Керівник \_\_\_\_\_ В.Д.Каразей

Магістр \_\_\_\_\_ Д.Б. Качановський .

## Анотація

Тема проекту: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Вал КМ 419000.323» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК»

Автор Качановецький Д.Б. Керівник проекту: Каразей В.Д..

Об'єм пояснювальної записки...<sup>79</sup>.....стор. Графічна частина...<sup>7</sup>листів А1.

В загальному розділі виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

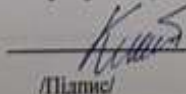
В конструкторському розділі виконано розрахунки пристроїв для обробки для обробки отвору та фрезерування паза, контрольно-вимірювального пристрою, різального інструменту.

У дослідницькому розділі приведено результати по нанесенню зносостійких покриттів на твердосплавні пластинки. Розглянуто вимоги до пластинок. Охарактеризовано два основних методи нанесення покриттів – метод CVP та метод PVD.

В розділі охорони праці приведено дані по безпечній експлуатації дільниці.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Вал», специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор проекту: Качановецький Д.Б.

  
/Підпис/

2022р.

Дата

## ВІДГУК

### на магістерську роботу Качановецького Д.Б. «Удосконалення технології виготовлення деталі «Вал КМ 419000.323» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК»

Тема магістерської роботи Качановецького Д.Б. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення техпроцесу виготовлення стійки із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме токарного центру ST30 фірми HAAS (США).

В загальному розділі виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки пристроїв для обробки для обробки отвору та фрезерування паза, контрольно-вимірювального пристрою, різального інструменту.

У дослідницькому розділі приведено результати по нанесенню зносостійких покриттів на твёрдосплавні пластинки. Розглянуто вимоги до пластинок. Охарактеризовано два основних методи нанесення покриттів – метод CVP та метод PVD.

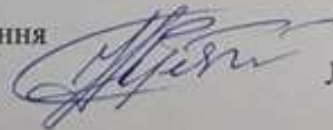
В розділі охорони праці приведено дані по безпечній експлуатації дільниці. Графічна частина виконана на доброму рівні з використанням комп'ютерного просторового проектування і дає повне уявлення про предмет розробки. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

По роботі є зауваження:

1. Бажано було би проводити розрахунок собівартості заготовки по новим цінам на метал.

Виходячи з результатів, які містяться в магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, який відповідає вимогам до магістерських праць, робота рекомендується до захисту, а здобувач Качановецький Д.Б. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Доцент каф. галузевого машинобудування  
та агроінженерії, к.т.н., доцент



Лук'янюк М.В.

Завідувачу кафедри технології  
машинобудування ХНУ  
Ткачуку В.П. здобувача вищої  
освіти Качановецького О.Б.  
Прикладна механіка.  
Технологія машинобудування  
гр. ПМТ<sub>а</sub>-21-1

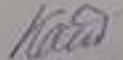
#### Заява

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомена. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщена та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

дата



підпис

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Напроявляється студент Качановецький Денис Борисович на захист дипломного проєкту (роботи)

Удосконалення технології вилучення змогил, ВДН КД.49.004.021 з  
розробкою інтегрованих конструкцій для вилучення з 40%

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагиат додаються.

Декан факультету \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Качановецький Д. Б. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 33,33 %, задовільно 66,67 %, шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 5,88 %, С 29,41 %, D 11,76 %, E 52,94 %.

Методист факультету \_\_\_\_\_

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Качановецький Д. Б. проєктує до вдосконалення технології вилучення змогил на забарвленні у завантажувачі сировини.  
За період роботи над проєктом нагородив необхідною технікою (штанги) та великою кількістю витрат матеріалів. Цьому сприяло збільшення продукції в чинному обсязі та покращення

Оцінка дипломного проєкту (роботи) дуже

Керівник дипломного проєкту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2022 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Качановецький Д. Б. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

ташчондзі

нашнотодування

\_\_\_\_\_

22. 12 2022 р.

<i>№ рядка</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітка</i>
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ФІТА.22.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	A2	ДРМ.ФІТА.22.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРМ.ФІТА.22.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ. ФІТА.22.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	A1	ДРМ.ФІТА.22.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	A1	ДРМ.ФІТА.22.03.05.00.00СК	Режими різання	1	
9	A1	ДРМ.ФІТА.22.03.01.00.00СК	Пристрій для фрезерування	1	
10	A1	ДРМ.ФІТА.22.03.02.00.00СК	Пристрій для свердлування	1	
11	A1	ДРМ.ФІТА.22.03.03.00.00СК	Пристрій контрольно - вимірювальний	1	
12	A2	ДРМ.ФІТА.22.03.04.00.00СК	Інструмент	1	
13	A1	ДРМ.ФІТА.22.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	

					<b>ДРМ.ФІТА.22.00.00ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив.		Качановецький			<b>Відомість роботи</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Каразей						
Н. Контр.		Бись				<b>ХНУ-ПМТМ-20-1<sup>б</sup></b>		
Затвердив		Ткачук						

## ЗМІСТ

		арк.
Вступ		6
1	Загальний розділ	7
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.	7
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі	7
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.4	Визначення типу та організаційної форми виробництва	12
2	Технологічний розділ	14
2.1	Аналіз існуючого технологічного процесу	14
2.2	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання	14
2.3	Вибір технологічних баз	17
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту	19
2.5	Розробка технологічних операцій	22
2.6	Вибір обладнання, технологічної оснастки, різального та вимірювального інструменту	22
2.7	Аналітичний розрахунок та вибір припусків	23
	2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку 52f7мм	23
	2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торця у розмір 75h12(-0,25 )	29
	2.7.3 Вибір припусків табличним методом	33
2.8	Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання	33

					ДРМ.ФІТА22.00.00ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив.		Качановецький.			Удосконалення технології виготовлення деталі «Вал КМ 419000.323» розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК (Пояснювальна записка)	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Каразей						
Н. Контр.		Бись				ХНУ-ПМТм-22-1 <sup>7</sup>		
Затвердив		Ткачук						

2.9	Розрахунок технічних норм часу на обробку деталі «Вал»	43
2.10	Оформлення технологічної документації	45
3	Конструкторський розділ	46
3.1	Проектування верстатного пристрою для обробки отвору $\varnothing 10 \pm 0,1$ мм.	46
3.1.1	Вибір схеми базування	46
3.1.2	Вибір установочних елементів	46
3.1.3	Розрахунок пристрою на точність	47
3.1.4	Розрахунок зусилля закріплення	47
3.1.5	Розрахунок приводу пристрою	49
3.1.6	Розрахунок елементів пристрою на міцність	50
3.1.7	Опис конструкції і роботи пристрою	50
3.2	Проектування верстатного пристрою для фрезерування паза	51
3.2.1	Вибір схеми базування	51
3.2.2	Вибір установочних елементів	51
3.2.3	Розрахунок пристрою на точність	52
3.2.4	Розрахунок сили затиску	52
3.2.5	Розрахунок приводу пристрою	54
3.2.6	Розрахунок елементів пристрою на міцність	55
3.2.7	Опис конструкції і роботи пристрою	56
3.3	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	56
3.3.1	Вибір схеми вимірювання	56
3.3.2	Розрахунок пристрою на точність	57
3.3.3	Опис роботи пристрою	58
3.4	Проектування фрези пазової для обробки паза	58
4	Дослідницький розділ	60
5	Охорона праці	70
	Висновки	77
	Література	78

## ВСТУП

Першочерговим завданням при вдосконаленні технологічних методів виготовлення машин має першорядне значення, якість машини, надійність, довговічність і економічність експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, але і від технології виробництва.

До сучасних машин висуваються високі вимоги, такі, як конкурентоздатність на ринку, висока надійність та якість, низькі показники матеріаломісткості та матеріаломісткості, безпека функціонування, мінімальний вплив на навколишнє середовище, високі ергономічні показники[1]

Технологія машинобудування узагальнює всі закономірності, що діють у виробництві і використовує їх для виготовлення сучасних машин. Це має забезпечуватися високим рівнем технічної підготовки та системної підготовки до її реалізації: конструкторським, технологічним та організаційним.

Основою сучасного машинобудування становить малосерійне виробництво. Необхідне швидке оновлення верстатного парку, збільшення доли верстатів з ЧПК та верстатів токарно-револьверної групи. Також необхідно випускати верстати із підвищеною жорсткістю, точністю обробки та швидкістю головного руху.

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування

При виготовленні продукції машинобудування на підприємстві мають широко впроваджуватись гнучкі технологічні процеси, що мають змогу швидко вносити зміни в процес виробництва.

Тема проекту – «Удосконалення технології оброблення деталі «ВалКМ.419000.323» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК»

Уданому дипломному проекті необхідно вдосконалити технологічний процес оброблення деталі «Вал КМ.419000.323» із використанням металорізальних верстатів та інструментів фірми Haas; розробити технологічні перехідні основні операції обробки на верстатах з ЧПК.

Основними даними для розроблення являються:

- Робоче креслення деталі «Вал КМ 419000.323»
- Технічні умови.
- Програма випуску деталей N = 3000 шт.
- Фонд часу праці обладнання в рік - 4015 год.;
- Фонд часу праці робітників - 1860 год.

## 1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Деталь «Вал КМ.419000.323» належить до деталей класу “ Вали та втулки” [2] - із ступінчастими точними поверхнями.

Деталь виготовляється із сталі 45, основні характеристики матеріалу: питома вага: 7826 кг/м<sup>3</sup>, твердість матеріалу: HB 10 -1 = 170 МПа.

Температура критичних точок: Ac1 = 730, Ac3 (Acm) = 755, Ar3 (Arcm) = 690, Ar1 = 780, Mn = 350.

Зварюваність матеріалу: важкозварювана.

Через підвищений вміст вуглецю для сталі 45 характерною є задовільна зварюваність та ймовірність появи в навколошовній зоні гарячих та холодних тріщин. Після зварювальних робіт в металоконструкціях необхідно проводити відпал.

Сталь 45 [3] застосовується у вигляді різноманітного металопрокату, кованих та литих виробів, використовується для виробництва металевих конструкцій та для виготовлення деталей: осей, колінчастих та розподільних валів, кронштейнів, штоків, плунжерів, зубчастих шестерень та коліс, болтів тощо.

Хімічний склад сталі 45 приведено в табл. 1.1, механічні властивості – в табл. 1.2 [4].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
			Не більше			
0,40...0,5	0,17...0,3	0,5...0,8	0,045	0,045	0,3	0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

$\sigma_T$	$\sigma_e$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$a_n,$	<i>НВ</i>
МПа	МПа			кДж/см <sup>2</sup>	
360	610	16	40	50	197...247

На рис.1.1 приведено оброблювані поверхнідеталі.

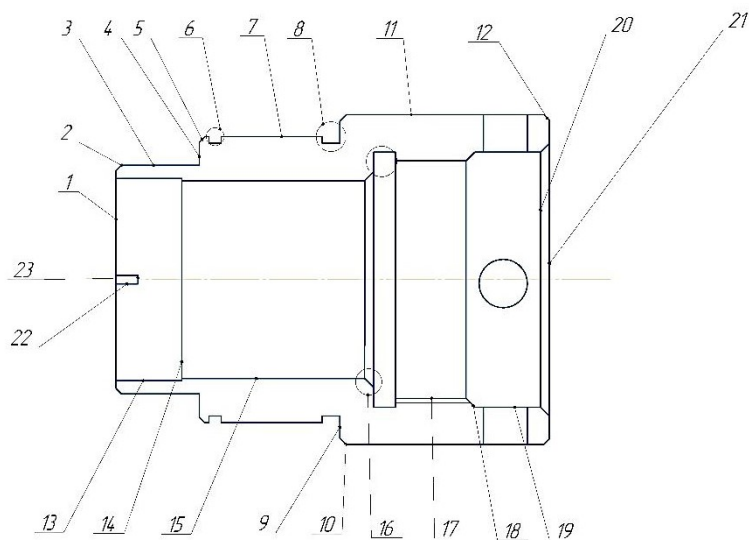


Рисунок 1.1- Оброблювані поверхні

Найбільш точними поверхнями являються поверхні 52f7, 65k6, 45H7;  
торцеве биття поверхонь - не більше 0,07 мм, радіальне биття поверхонь – не більше 0,01 мм,

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі (рис.1.1) приведені в табл. 1.3

Таблиця 1.3 - Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі

№ п/п	Назва поверхні	Номинальний розмір, мм	Точність (квалітет), IT	Шорсткість, Ra, мкм	Інші технічні умови
1	2	3	4	5	6
1	Торець	52	h14	3,2	
2	Фаска	1,5×45°	h14	3,2	
3	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø52	f7(-0,)	1,6	
4	Торець	16	h12	3,2	
5	Фаска	1,5×45 <sup>0</sup>	h14	3,2	

Закінчення табл.1.3

1	2	3	4	5	6
7	Канавка	2,8 , 62	h12	3,2	
8	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø65	k6	1,6	База Б
9	Канавка	4,	h12	3,2	
10	Торець	57	h12	3,2	
11	Фаска	2×45 <sup>0</sup>	h12	3,2	
12	Зовнішня циліндрична поверхня	Ø75	h12	1,6	
13	Отвір	Ø10	h12	3,2	
14	Отвір	Ø46	h12	3,2	
15	Торець	15		3,2	
16	Отвір	Ø45	H7	1,6	
17	Фаска	2×45 <sup>0</sup>	h12	3,2	
18	Канавка	5	h12	3,2	
19	Різьбова поверхня	M56×1,5- 6H	0,01	3,2	
20	Фаска	2×45 <sup>0</sup>	h12	3,2	
21	Циліндрична оверхня	Ø58	h12	3,2	
22	Паз	4	h12	3,2	
23	Торець	10	h12	3,2	

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

#### 1.3.1 Якісна оцінка технологічності конструкції деталі

Виконуємо аналіз конструкції деталі.

Конструкція деталі являється жорсткою, відношення довжини деталі до діаметра деталі становить  $l/d = 105/75$ .

Матеріал деталі сталь 45 не є дефіцитним, конструкція деталі складається із поверхонь ступінчастої форми. По конструкції деталь «Вал» складається із стандартних конструктивних елементів, розміри поверхонь послідовно збільшуються.

В технологічному процесі виготовлення деталі використовуються типові технологічні процеси. Деталь має зручні технологічні бази, при її обробці використовуються стандартні пристрої.

Для оброблення всіх поверхонь застосовуються стандартні різальні інструменти.

Найвищі вимоги по шорсткості поверхонь висуваються до зовнішніх циліндричних посадочних поверхонь ( $\text{Ø}52f6$ ,  $55k6$ ,  $45H7$ ).

### 1.3.2 Кількісна оцінка технологічності.

а). Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_d}{M_z}, \quad (1.1)$$

де  $M_d$  - маса деталі,  $M_d = 1,45$  кг;  $M_z = 3,71$  кг - маса заготовки із трубного прокату:

$$K_m = 0,41 .$$

б). Коефіцієнт точності оброблення:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.2)$$

де  $T_{cp}$  - коефіцієнт середньої точності оброблення деталі,

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.3)$$

де  $T_i$  - квалітет точності оброблення  $i$ -ї поверхні ;  $n_i$  - число поверхонь, що мають однакову точність.

$$T_{cp} = \frac{19 \times 12 + 1,6 \times 3}{23} = 9,5 ;$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,894.$$

в). коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (1.4)$$

де  $Ш_{cp}$  - середня шорсткість всіх поверхонь, що обробляються,

$$Ш_{cp} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

де  $R_{ai}$  - шорсткість  $i$  - ї обробленої поверхні, мкм;

$n_i$  - число поверхонь, що мають однакову шорсткістю.

$$Ш_{cp} = \frac{1,6 \times 3 + 3,2 \times 19}{23} = 2,42$$

$$K_u = \frac{1}{2,42} = 0,413.$$

Якісний і кількісний аналіз технологічності свідчить що деталь «Вал» являється технологічною.

#### 1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Технологічний процес, що розробляється, орієнтується на серійне виробництво. Серійне виробництво є найбільш поширений типом виробництва, яке характеризується стабільністю випуску великої номенклатури виробів, випуск продукції проводиться ритмічно.

Тип виробництва встановлює вибір технологічного оснащення та необхідну степінь автоматизації технологічних процесів.

Організація праці у серійному типі виробництва характеризується високою спеціалізацією, за всяким робочим місцем закріплюється виконання декількох певних операцій.

Технологічна оснастка має в основному універсальний характер, широкого поширення набула переналагоджувана, універсально-збірна та спеціальна технологічна оснастка.

Тип виробництва визначається згідно з масою деталі та об'ємом випуску продукції [1] (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Визначення типу виробництва [1]

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібносерійне	Середньoserійне	Крупносерійне	Масове
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

При масі деталі  $m = 1,45$  кг і програмі випуску  $N = 3000$  шт. приймаємо, що тип виробництва являється дрібносерійним.

Для даного типу виробництва встановлюємо форму організації робіт перемінно-поточну, що характеризується виробництвом виробів партіями.

Розмір партії деталей знаходиться за формулою:

$$N_n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (1.6)$$

де  $N$  - випуск виробів на протязі року,  $N = 3000$  шт.;  $t$  - число днів запасу деталей, приймаємо  $t = 12$ ;  $\Phi$  - число робочих днів за рік,  $\Phi = 254$ , тоді шт.,

$$N_n = \frac{N \cdot t}{\Phi} = \frac{3000 \cdot 12}{254} = 141 \text{дет.} \text{ приймаємо } N_n = 141 \text{шт.}$$

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

Технологічний процес деталі «Вал 7X8.463.003», що приводиться застосовується на підприємстві, приводиться в табл. 2.1.

Для обробки поверхньобертання використовується верстат HAAS VF-2. Для шліфування поверхні використовується круглошліфувальний верстат мод. 3A131. Фрезерування поздовжнього паза проводять на горизонтально – фрезерному верстаті 6Т82Г. Свердлування отвору виконують на універсальному вертикально-свердлувальному верстаті мод. 2Н125.

Таблиця 2.1 - Технологічний процес обробки деталі « Вал 7X8.463.003»

№ операції	Назва технологічної операції	Модель устаткування
005	Токарна	1К62
010	Токарна	1К62
015	Токарна	1К62
020	Горизонтально-фрезерна	6Т82Г
025	Вертикально-свердлувальна	2Н125
030	Круглошліфувальна	3М131
035	Круглошліфувальна	3М131

Технологічний процес забезпечує хороші якісні показники оброблення деталі.

### 2.2 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання.

Деталь відноситься до деталей типу "Валів" із ступінчастими поверхнями, при програмі випуску 3 шт., в якості заготовки вибираємо безшовну холоднодеформовану особливо товстостінну трубу ГОСТ 8734-75. Товщина стінки труби становить 19 мм.

Також варіантом отримання заготовки для виробництва деталі могла б слугувати бути поковка, що отримується гарячим об'ємним штампуванням. Тоді форма заготовки була в значній мірі наближена до форми готової деталі. Але при програмі випуску 3 шт. в рік виготовляти складне та дороге штампове оснащення недоцільно, тому приймаємо остаточно метод отримання заготовки із прокату.

Виконуємо техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовки, що отримується із товстостінного прокату.

Найбільший діаметр прокату знаходимо із літератури, [4]. Приймаємо:

$$D_{заг.нб} = D_{дет} + 2z_0, D_{заг} = 75 + 2 \times 2,0 = 79 \text{ мм},$$

де  $z_0$  – припуск на оброблення зовнішнього діаметра,  $z_0 = 2,0$  мм [4].

Найменший діаметр прокату  $D_{заг.нм} = D_{заг} - 2z_0, D_{заг} = 75 - 2 \times 2,0 = 71 \text{ мм}$

Довжина заготовки:  $L_{заг} = L_{дет} + 2z_0$ , де  $z_0$  – припуск на механічну обробку одного торця,  $z_0 = 2,0$  мм

$$L_{заг} = 105 + 2 \times 2,0 = 109 \text{ мм}.$$

Ескіз заготовки із прокату приведено на рис. 2.1.

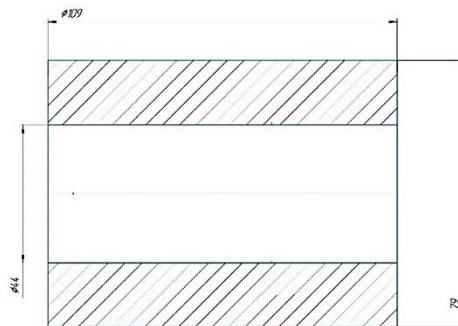


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки із круглого прокату

Виразуємо вагу заготовки:  $Q = V \cdot \rho$ ,

де  $V$  – об'єм заготовки,  $V = \frac{\pi \cdot D_{заг}^2}{4} \cdot L_{заг}$ ;  $\rho$  - вага сталі,  $\rho = 7,86 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$ .

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,079^2}{4} \cdot 0,109 \cdot 7,86 \cdot 10^3 - \frac{3,14 \cdot 0,041^2}{4} \cdot 0,109 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 3,71 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{q}{Q}, \quad (2.1)$$

де  $q$  – вага деталі,  $q = 1,35$  кг;  $Q$  - вага заготовки,  $Q = 3,71$  кг.

$$K_m = \frac{1,35}{3,71} = 0,37.$$

Собівартість заготовки з прокату визначається за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.з.}, \quad (2.2)$$

де  $M$  - затрати на матеріал заготовки, грн;  $\sum C_{o.з.}$  - технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання на штучні заготовки, грн.

Витрати на матеріал [3], с.30:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000}, \quad (2.3)$$

де  $Q$  - маса заготовки, кг;  $Q = 3,71$ ;  $S$  - вартість 1 т продукту,  $S = 59000$  грн.;  $q$  - маса деталі, кг;  $q = 1,35$  кг;  $S_{омх}$  - вартість 1 т стружки;  $S_{омх} = 9000$  грн./т.

$$M = 3,71 \cdot 59 - (3,71 - 1,35) \cdot 9 = 185,85 \text{ грн.}$$

Собівартість технологічна операцій заготівельних:

$$C_{o.з.} = \frac{C_{n.з.} \cdot T_{шт-к}}{60}, \quad (2.4)$$

де  $C_{н.з.}$  - затрати приведені на робочому місці, охоплюють: розрізання заготовки – 1,21 грн./год.; правка – 2,5 грн./год. [3].

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляційний час на отримання заготовки,

$$T_{шт-к} = 0,19D^3 \cdot 10^{-3}, \text{ хв.},$$

де  $D$  - діаметр заготовки,  $D = 79$  мм.

$$T_{шт-к} = 0,19 \cdot 79^3 \cdot 10^{-3} = 93,67 \text{ хв.}$$

$$C_{н.з.} = 185,85 + 25,0 = 37,1 \text{ грн./год.}, \quad C_{о.з.} = \frac{37,1 \cdot 93,68}{60} = 57,99 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки із прокату

$$S_{заг} = 185,85 + 57,99 = 243,85.$$

### 2.3 Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз використовуємо принцип суміщення баз, тобто за технологічні бази приймаються бази (конструкторські), що визначають положення деталі в виробі; та принцип постійності баз - щобна більшості основних операцій використовувались одні і ті ж самі бази.

При виборі технологічних баз використовуємо рекомендаціїзбазування деталей класу «Вали», що наведені у [1].

Вибір бази для виконання першої операції. Основна вимога – це забезпечення правильного взаємного розміщення оброблених поверхонь деталі відносно необроблених; має бути забезпечена підготовка технологічних баз для наступних операцій; також мають бути забезпечені рівномірні припуски.

У якості чорнової бази для першої операції обираємо необроблену зовнішню циліндричну поверхню заготовки.

Схема базування на першій (чорновій) операції дана на рис. 2.2.

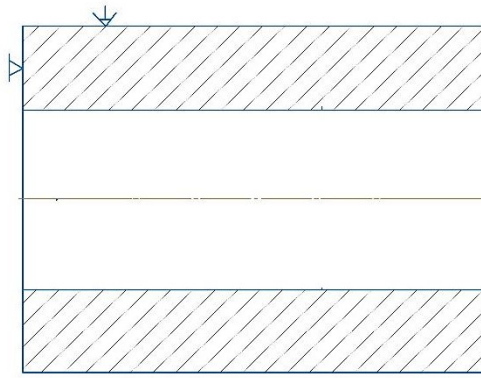


Рисунок 2.2 - Базування деталі на першій операції

На кінцевій операціях обробки деталі проводиться шліфування внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхонь  $\text{Ø}45\text{H}7$ ,  $\text{Ø}52\text{f}7$ ,  $\text{Ø}55\text{k}6$ . При обробленні поверхонь заготовка встановлюється у цанговому патроні. Схема базування дана на рис. 2.3.

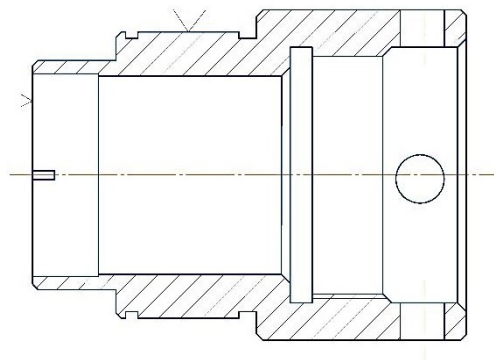


Рисунок 2.3 – Схема базування заготовки на завершальних операціях

На проміжних операціях обробки вала (обробка 4 отворів  $\text{Ø}10$ , фрезерування паза) для базування використовуємо зовнішню циліндричну поверхню та торець.

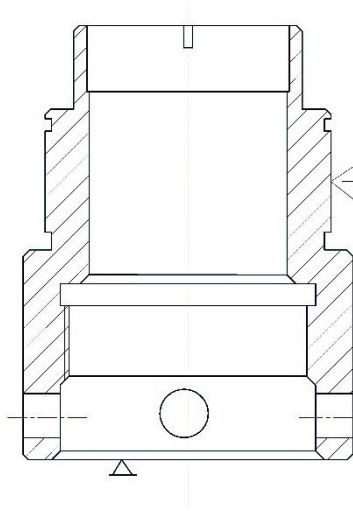


Рисунок 2.4 - Схема базування заготовки на проміжних операціях

## 2.4 Розробка варіанту технологічного маршруту

### 2.4.1 Вибір методів оброблення поверхонь деталі

Розробляємо маршрутну технологію обробки поверхонь. При чорновій обробці поверхонь отримують 12-14 квалітет точності та шорсткості поверхні  $Ra_{12,5} - Ra_{6,3}$  мкм.

Після чистового оброблення одержують 8-9 квалітети та шорсткість  $Ra_{3,2} - Ra_{1,6}$  мкм.

При шліфуванні одержують 7-8 квалітети точності і параметр шорсткості  $Ra_{1,6}$  мкм.

Вибір методу оброблення поверхонь виконуємо при допомозі таблиць економічної точності методів обробки [3, 8].

Вибираємо методи оброблення поверхонь деталі та результати записуємо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Методи оброблення поверхонь

№ пов.	Номинальний розмір	Точність обробки (квалітет)	Шорсткість $R_a, \text{мкм}$	Маршрут обробки поверхні
1	2	3	4	- 5
1	Торець	h14	3,2	1. Точіння чорнове
2	Фаска, $2 \times 45^\circ$	h14	3,2	1.Точіння чорнове
3	Зовнішня циліндрична поверхня, $\varnothing 52f7$	f7	0,8	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
4	Фаска, $2 \times 45^0$	h12	3,2	1.Точіння чорнове
5	Зовнішня циліндрична поверхня, $\varnothing 55 h6$	12 ( $\pm 0,05$ )	0,4	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
6	Зовнішня циліндрична поверхня, $\varnothing 65k6$	k6(-0,25)	0,8	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
7	Зовнішня циліндрична поверхня, $\varnothing 75$	-0,15	3,2	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове
8	Торець	105	3,2	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове
9	Фаска, $2 \times 45^0$	h12	3,2	1.Точіння чорнове.
13	Паз, $B = 4 h = 10$	h10	3,2	1 Фрезерування
14	Торець, 16	h14 (+0,2	3,2	1.Точіння чорнове.
15	Внутрішня циліндрична поверхня, $\varnothing 45H7$	H7	1,6	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування чорнове 4. Шліфування чистове
16	Фаска, $2 \times 45^0$	H12	3,2	1.Точіння чорнове
17	Канавка	5	3,2	1.Розточування

### Закінчення табл.2.3

1	2	3	4	5
18	Різьба М56×1,5	6Н	1,5	1. Розточування
19	Канавка	4	3,2	1.Фрезерування
20	Отвір, Ø105	h12	3,2	1.Свердлування

#### 2.4.2 Розроблення варіанту технологічного маршруту

Технологічний маршрут оброблення поверхонь деталі розробляємо на основі заводського технологічного.

При розробленні технологічного процесу використовуємо такі правила [10]:

спочатку обробляємо базові поверхні, потім поверхні, що мають найбільший припуск на оброблення;

Далі виконуємо обробку поверхонь, які забезпечують точність та допуски відносного розміщення поверхонь.

При чорновому обробленні видаляється основна маса матеріалу і забезпечується взаємне розміщення поверхонь.

При чистовому обробленні досягається задана точність поверхонь та точність взаємного розміщення.

Приймаємо наступний маршрут оброблення деталі:

005 Токарна з ЧПК HAAS VF-2

010 Токарна з ЧПК HAAS VF-2

015 Горизонтально-фрезерна 6Т82Г

020 Вертикально-свердлувальна 2Р135Ф2

025 Круглошліфувальна 3М131

## 2.5. Розроблення технологічних операцій.

При розробленні технологічної операції уточняється її зміст, послідовність та зміст переходів; знаходяться *засоби технологічного оснащення*, режими різання; визначаються норми часу, точність оброблення та розряди роботи; вибирається склад МОР; розробляються схеми наладок та операційні ескізи.

При уточненні змісту операції встановлюється, які поверхні деталі будуть оброблені на даній операції.

При проектуванні черговості і змісту переходів слід прагнути до зменшення часу обробки за рахунок доцільного вибору засобів оснащення, кількості переходів, поєднання основного та допоміжного часу.

Операції технологічного процесу заносимо у операційні технологічні карти.

## 2.6 Вибір технологічного обладнання, оснастки, різального і вимірювального інструменту

### 2.6.1 Технологічне оснащення

Моделі верстатів обираємо на основі виконання всіх технічних умов оброблення, та із умови забезпечення принципу концентрації операцій оброблення всіх поверхонь.

Характеристики технологічного обладнання записуємо у табл.2.4.

Фрезерування паза на торці деталі виконується на горизонтально-фрезерному верстаті 6М82Г.

Свердлування наскрізних отворів Ø10мм проводимо на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод 2Ф135Ф2.

Оброблення всіх інших поверхонь ведемо на токарному верстаті з ЧПК мод. HAAS VF -2.

Таблиця 2.4 - Верстатні пристрої

Номер і назва операції	Назва пристрою	Установочні елементи	Вид затиску	Стандарт ГОСТ	Код пристрою
1	2	3	4	5	6
005,010 Токарна з ЧПК	Патрон поводковий, центр рухомий	Центри	Механічний	2571 – 71 8742 - 75	396110 392841
015 Горизонтально-фрезерна	Пристрій спеціальний	Призми установчі	Пневматичний	14904-80	396131
020 Вертикально-свердлувальна	Пристрій спеціальний	Призми установчі	Механічний		
025 Круглошліфувальна	Патрон повідковий Центр жорсткий	Центри	Механічний	13214-79	392841

Вибираємо різальний інструмент ізумови забезпечення досягнення найбільшої продуктивності, необхідної шорсткості та точності обробленої поверхні. Різальний інструмент беремо згідно стандартів та із довідкової літератури.

Вимірювальний інструмент беремо залежно від типу виробництва, метод проведення контролю поверхонь – вибіркового.

Для налагоджування верстатів та встановлення розмірів поверхонь застосовуємо універсальні вимірні засоби потрібної точності.

(штангенциркулі, мікрометри).

## 2.7. Аналітичний розрахунок та вибір припусків

### 2.7.1 Розрахунок припуску на обробку циліндричної поверхні

$\varnothing 52f7 \begin{pmatrix} -0,030 \\ -0,060 \end{pmatrix}$  мм

Маршрут оброблення поверхні складається із переходів:

- точіння чорнове;
- точіння чистове;
- шліфування чорнове;
- шліфування чистове;

Визначаємо мінімальний припуск :

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

де  $R_{zi-1}$ , - висота мікронерівностей після попередньої операції;  $h_{i-1}$  - величина дефектного шару після попереднього операції;  $\Delta_{\Sigma i-1}$  - сумарне відхилення розташування поверхні після попередньої операції, мкм;  $\varepsilon_{yi}$  - похибка встановлення заготовки на переході, що виконується, мкм.

Розрахунок припусків ведемо у послідовності, приведений в [3].  
Величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 150 \text{ мкм}; h_{заг} = 250 \text{ мкм} [5], \text{ табл.4.3}$$

Відхилення розташування поверхні знаходимо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \rho_k, \quad (2.6)$$

де  $\rho_k$  - викривлення заготовки,  $\rho_k = \Delta_k \cdot L$ ,

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовки,  $\Delta_k = 1,0 \text{ мкм/мм}$ ;

$L$  – найбільший розмір заготовки,  $L = 105 \text{ мм}$ ;

$$\rho_k = 105 \cdot 1,0 = 105 \text{ мкм};$$

Тоді  $\Delta_{\Sigma заг} = \rho_k = 105 \text{ мм}$

Допуск переходу  $T_{загот.} = 1200 \text{ мкм}$

2. Точіння чорнове:

$R_{z_{чор}} = 63$  мкм;  $h_{чор} = 63$  мкм [5], табл.4,3;

Просторова похибка  $\Delta_{\Sigma_{т.чорн.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$ ,

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення,  $K_y = 0,06$  [5], с.73;

$$\Delta_{\Sigma_{т.чорн.}} = 105 \cdot 0,06 = 7 \text{ мкм.}$$

Похибка установки у цанговому патроні  $\varepsilon_{ут.чорн.} = 60$  мкм [5], табл.4.10 .

Допуск переходу  $T_{т.чорн.} = 460$  мкм.

### 3. Точіння чистове

$R_{z_{т.чист}} = 30$  мкм;  $h_{т.чист} = 30$  мкм [5], табл.4.5

Просторова похибка  $\Delta_{\Sigma_{т.чист.}} = \Delta_{заг} \cdot k_y$ ,

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення,  $k_y = 0,05$  [5], с.73

$$\Delta_{\Sigma_{т.чист.}} = 3 \cdot 0,05 = 1 \text{ мкм.}$$

Похибка установки у цанговому патроні

$\varepsilon_{у.чист.} = \varepsilon_{у.чорн.} \cdot k_y = 60 \cdot 0,05 = 2$  мкм [5], табл.4.3

Допуск переходу  $T_{т.чист.} = 190$  мкм.

### 4. Шліфування чорнове

$R_{z_{шлчорн.}} = 10$  мкм.;  $h_{шлф.чорн.} = 20$  мкм [5], табл.4,5;

Просторова похибка  $\Delta_{\Sigma_{шлф.чорн.}} = \Delta_{\Sigma_{заг}} \cdot k_y$ ,

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення,  $k_y = 0,04$  [5], с.73;

$$\Delta_{\Sigma_{шлшл.чорн.}} = 3 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

Допуск переходу  $T_{т.чист.} = 74$  мкм.

### 5. Шліфування чистове:

$R_{шлф.чист.} = 5$  мкм.;  $h_{шлф.чист.} = 15$  мкм [5], табл.4,5;

Допуск переходу  $T_{шл.чист.} = 30$  мкм.

Знайдені значення припусків заносимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок припусків при обробці поверхні Ø52f7 ( $\begin{smallmatrix} -0,030 \\ -0,060 \end{smallmatrix}$ ) мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\Delta_{\Sigma i-1}$	$\varepsilon_i$				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	150	250	105	-		53,514	1,200	53,6	54,8		
Точіння чорнове	63	63	7	60	2×565	52,384	0,460	52,39	52,85	1,21	1,95
Точіння чистове	30	30	1	2	2×131	52,122	0,190	52,13	52,39	0,26	0,46
Шліфув. чорнове	10	20	0	0	2×61	52,0	0,074	52,0	52,074	0,13	0,316
Шліфув. чистове	6,3	12	0	0	2×30	51,94	0,030	51,94	51,97	0,06	0,104
Всього										1,66	2,83

Знаходимо мінімальні припуски:

Точіння чорнове:

$$2Z_{\min.чорн.} = 2(150 + 250 + \sqrt{(105^2 + 60^2)} = 2 \times 565 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$$2Z_{\min.чист.} = 2(63 + 63 + \sqrt{1^2 + 2^2}) = 2 \times 131 \text{ мкм.}$$

Шліфування чорнове:

$$2Z_{\min.шл.чорн.} = 2(30 + 30 + 1) = 2 \times 61 \text{ мкм.}$$

Шліфування чистове:

$$2Z_{\min.шл.чист.} = 2(10 + 20) = 2 \times 30 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахункові розміри та записуємо для кінцевого переходу найменший граничний розмір деталі:

$$D_p = 52 - 0,06 = 51,94 \text{ мм}$$

Знаходимо розрахункові розміри для всіх технологічних переходів.

$$D_{p.шл.чорн.} = 51,94 + 0,06 = 52,0 \text{ мм:}$$

$$D_{p. \text{точ.чист.}} = 52,0 + 0,122 = 52,122 \text{ мм};$$

$$D_{p. \text{точ.чорн.}} = 52,122 + 0,246 = 52,384 \text{ мм};$$

$$D_{\text{розр. заг.}} = 52,384 + 1,13 = 53,514 \text{ мм}$$

Знаходимо найменші граничні розміри для технологічних переходів, заокруглюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів; округлення здійснюємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким дається допуск на технологічний розмір для кожного переходу:

$$D_{\text{нм дет.}} = 51,94 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм шл.чорн.}} = 52,0 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм точ.чист.}} = 52,13 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм точ.чорн.}} = 52,39 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм загот.}} = 53,6 \text{ мм}$$

Визначаємо найбільші розміри шляхом додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру:

$$D_{\text{нб дет.}} = D_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 51,94 + 0,03 = 51,97 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб шл.чорн.}} = D_{\text{нм шл.чорн.}} + T_{\text{шл.чорн.}} = 52,0 + 0,074 = 52,074 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чист.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} + T_{\text{точ.чист.}} = 52,13 + 0,19 = 52,32 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чорн.}} = D_{\text{нм точ.чорн.}} + T_{\text{точ.чорн.}} = 52,39 + 0,46 = 52,85 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб заг.}} = D_{\text{нм заг.}} + T_{\text{заг.}} = 53,6 + 1,2 = 54,8 \text{ мм.}$$

Знаходимо найбільші значення припусків як різницю найбільших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{\text{нб шл.чист.}} = D_{\text{нб шл.чорн.}} - D_{\text{нб шл.чист.}} = 52,074 - 51,97 = 0,104 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб шл.чорн.}} = D_{\text{нб точ.чист.}} - D_{\text{нб шл.чорн.}} = 52,39 - 52,074 = 0,316 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб т.чист.}} = D_{\text{нб точ.чорн.}} - D_{\text{нб точ.чист.}} = 52,85 - 52,39 = 0,46 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб.точ.чорн.}} = D_{\text{нб.заг.}} - D_{\text{нб.точ.чорн.}} = 54,8 - 52,39 = 1,95 \text{ мм.}$$

Знаходимо найменші припуски як різницю найменших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{\text{нм шл. чист.}} = D_{\text{нм шл.чорн.}} - D_{\text{нм шл. чист.}} = 52,0 - 51,94 = 0,06 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм шл. чорн.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} - D_{\text{нм шл. чорн.}} = 52,13 - 52,0 = 0,13 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нм т. чист.}} = D_{\text{нм. точ. чорн.}} - D_{\text{нм точ.чист.}} = 52,39 - 52,19 = 0,26 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нм.т. чорн.}} = D_{\text{нм.заг.}} - D_{\text{нм точ.чорн.}} = 53,6 - 52,39 = 1,21 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні найменші та найбільші припуски:

$$2Z_{\text{нбзаг.}} = 2Z_{\text{нб шл. чист.}} + 2Z_{\text{нб шл. чорн.}} + 2Z_{\text{нб точ.чист.}} + 2Z_{\text{нб точ. чорн.}};$$

$$2Z_{\text{нбзаг.}} = 0,104 + 0,316 + 0,46 + 1,95 = 2,83 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм. заг.}} = 2Z_{\text{нм шл. чист.}} + 2Z_{\text{нм шл. чорн.}} + 2Z_{\text{нм точ.чист.}} + 2Z_{\text{нм точ. чорн.}}$$

$$2Z_{\text{нм. заг.}} = 0,06 + 0,13 + 0,26 + 1,21 = 1,66 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунку за формулою:

$$T_{\text{заг.}} - T_{\text{дет.}} = 2Z_{\text{нб. заг.}} - 2Z_{\text{нм. заг.}} \quad (2.7)$$

$1,2 - 0,03 = 2,83 - 1,66$  – розрахунок зроблено правильно.

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{\text{ном.}} = 2Z_{\text{нм заг.}} + H_z - H_d, \quad (2.8)$$

де  $H_z$  – нижнє відхилення заготовки,  $H_z = 0,5$  мм

$H_d$  – нижнє відхилення деталі,  $H_d = 0,03$  мм.

$$2Z_{\text{ном.}} = 1,66 + 0,5 - 0,03 = 1,5 \text{ мм}$$

Номінальний розмір заготовки:

$$D_{\text{ном. заг.}} = D_{\text{ном. дет.}} + 2Z_{\text{ном}} = 51,94 + 1,5 = 53,44 \text{ мм}$$

На базі розрахунку будуємо схему (рис.2.7) розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці поверхні  $\text{Ø}52f7 \begin{matrix} (-0,030 \\ -0,060) \end{matrix}$  мм

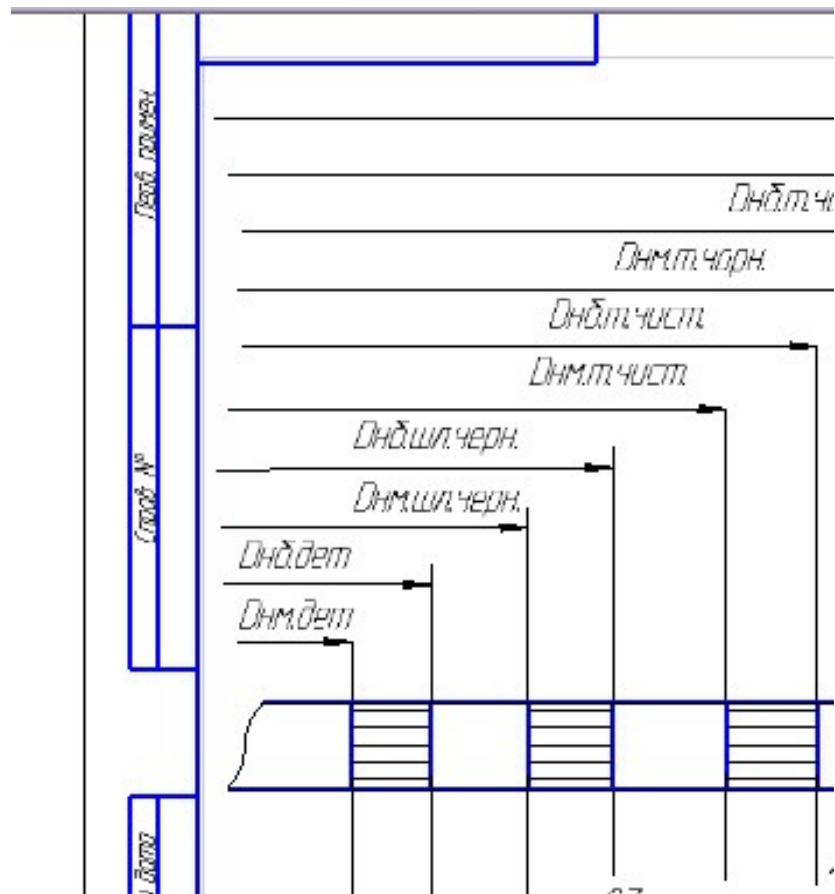


Рис. 2. 7 - Схема розміщення припусків, допусків і граничних розмірів при обробці поверхні  $\varnothing 52f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,030 \\ -0,060 \end{smallmatrix} \right)$  мм.

### 2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торця у розмір $75h12(-0,25)$ мм

Маршрут оброблення поверхні складається із переходів:

- точіння чорнове;

Мінімальний припуск визначаємо за формулою

$$Z_{\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}, \quad (2.9)$$

де  $R_{zi-1}$ , - висота мікронерівностей, після попередньої операції;  $h_{i-1}$  - величина дефектного шару після попереднього операції;  $\Delta_{\Sigma i-1}$  - сумарне відхилення

розташування поверхні після попередньої операції, мкм;  $\varepsilon_{yi}$  - похибка встановлення заготовки на переході, що виконується, мкм.

Розрахунок припусків ведемо у послідовності, наведеній в [3].

Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 150 \text{ мкм}; h_{заг} = 250 \text{ мкм} [5], \text{ табл.4.3}$$

Відхилення розташування поверхні знаходимо із формули:

$$\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_{\kappa}, \quad (2.10)$$

де  $\rho_{\kappa}$  - викривлення заготовки,  $\rho_{\kappa} = \Delta_{\kappa} \cdot L$ ,

де  $\Delta_{\kappa}$  - питома кривизна заготовки,  $\Delta_{\kappa} = 1,0 \text{ мкм/мм}$ ;

$L$  – найбільший розмір заготовки,  $L = 105 \text{ мм}$ ;

$$\rho_{\kappa} = 105 \cdot 1,0 = 105 \text{ мкм};$$

Тоді  $\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_{\kappa} = 105 \text{ мм}$

Допуск переходу  $T_{загот.} = 1200 \text{ мкм}$

2. Точіння чорнове:

$$R_{z_{чор}} = 63 \text{ мкм}; h_{чор} = 63 \text{ мкм} [5], \text{ табл.4,3};$$

Просторова похибка  $\Delta_{\Sigma_{чорн.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$ ,

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення,  $K_y = 0,06 [5], \text{ с.73}$ ;

$$\Delta_{\Sigma_{чорн.}} = 105 \cdot 0,06 = 7 \text{ мкм.}$$

Похибка установки у цанговому патроні  $\varepsilon_{ут.чорн.} = 60 \text{ мкм} [5], \text{ табл.4.10}$ .

Допуск переходу  $T_{т.чорн.} = 460 \text{ мкм}$ .

Знайдені значення припусків заносимо в табл. 2.6.

Знаходимо мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$Z_{i \min} = 150 + 250 + 105 + 60 = 565 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахункові розміри та записуємо для кінцевого переходу найменший граничний розмір деталі:

$$L_{розр.дет} = 75,0 - 0,46 = 74,54 \text{ мм.}$$

Для переходу перед кінцевим розраховуємо розмір

$$L_{розр. заг.} = 74,54 + 0,565 = 75,105 \text{ мм}$$

Знаходимо найменші розміри для всіх технологічних переходів округлюючи їх .

$$L_{нм\ det.} = 74,54 \text{ мм};$$

$$L_{нм\ заг.} = 75,2 \text{ мм};$$

Таблиця 2.6 - Розрахунок припусків на точіння торця в розмір  $75_{0,46}$  мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	$\epsilon_i$				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	150	250	105	-		75,105	1,20	75,2	76,4		
Точіння	50	50	3	60	565	74,54	0,46	74,54	75,0	0,66	1,4

Визначаємо найбільші граничні розміри шляхом додавання допуску до округленого найменшого граничного розміру:

$$L_{нб\ точ.} = L_{нм\ det.} + T_{det.} = 74,54 + 0,46 = 75,0 \text{ мм}$$

$$L_{нб\ заг.} = L_{нм\ заг.} + T_{заг.} = 75,2 + 1,2 = 76,4 \text{ мм}$$

Знаходимо найбільші значення припусків як різницю найбільших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$Z_{нб} = L_{нб\ заг.} - L_{нб\ det.} = 76,4 - 75,0 = 1,4 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші припуски як різницю найменших розмірів попереднього та виконуваного переходів:

$$Z_{нм} = L_{нм\ заг.} - L_{нм\ det.} = 75,2 - 74,54 = 0,66 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунку за формулою:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = Z_{нб. заг.} - Z_{нм. заг.}$$

$1,2 - 0,46 = 1,4 - 0,66$  – розрахунок зроблено правильно.

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$Z_{ном.} = Z_{нм} + H_з - H_д,$$

де  $H_з$  – нижнє відхилення заготовки,  $H_з = 0,50$  мм;  $H_д$  – нижнє відхилення деталі,  $H_д = 0,46$  мм.

$$Z_{ном.} = 0,66 + 0,50 - 0,46 = 0,7 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний номінальний розмір заготовки:

$$L_{ном. заг.} = L_{ном. дет.} + Z_{ном} = 52 + 0,7 = 52,7 \text{ мм}$$

На основі розрахунку будуємо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торця заготовки у розмір  $75_{-0,46}$ мм. (рис. 2.8).

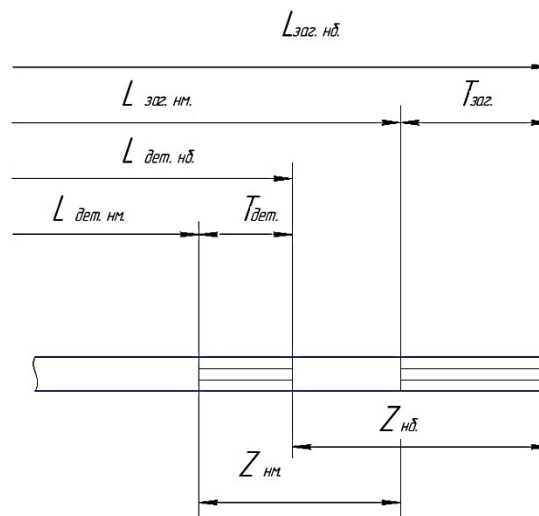


Рис. 2.8 - Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торця заготовки в розмір  $75_{-0,46}$ мм

### 2.7.3 Визначення припусків по таблицям

Вибираємо припуски на оброблювані поверхні по рекомендаціям [65].  
Результати записуємо у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахункові та табличні припуски на поверхні заготовки деталі «Вал»

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		Табличний	Розрахунковий	
1	2	3	4	5
Торець	105	2,0	1,7	+0,9 - 0,5
Зовнішня циліндрична поверхня	Ø75	2× 2,0	-	+1,2 -0,6
Внутрішня циліндрична поверхня	Ø45	2× 2,0	-	+1,2 -0,6

### 2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання

Режими різання призначаємо по програмі Coro Plus Tool Guide , що розроблена Sandvik Coromant , також по методиці [7].

На технологічних операціях оброблення деталі «Вал» застосовуємо металорізальні інструменти фірми Sandvik Coromant.

Матеріал деталі - сталь 45, за класифікацією Sandvik Coromant – низьколегована сталь P2.1.Z.AN.


#### 2.8.1 Визначення режимів різання на точіння торця Ø52

Інструмент – різець T-Max P DSSNR 2020K 12, оснащений пластиною SNMG 12.04.06 -PR 1425 2020K

Режими  $V=279$  м/хв;  $S_o = 0,707$  об/хв;  $t= 1,5$  мм.


ОБРАБОТКА ТОРЦА ПРУТКА      ТОЧЕНИЕ НАРУЖНОЕ, ТОЛЬКО ПОДРЕЗКА ТОРЦА / СМЕННАЯ      РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ      РЕЗУЛЬТАТЫ

1 - 8 из 2389



Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")  
25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS 52 mm  
Ширина WIDTH 1.5 mm  
Значение шероховатости Ra RRA



Rectangular shank -metric: 20 x 20

Интерфейс со стороны станка ADINTMS Rectangular shank -metric: 20 x 20

Стойкость, дет. TLFEC 1390 Поверхности

Время обработки на элемент TMF 00:00.990 минс

Создайте инструментальную сборку

ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 279 m/min  
Подача на оборот FN 0.707 mm  
Число проходов в направлении AP NORAP 1  
Глубина резания AP 1.5 mm

Показать подробности

Информация

РЕЗУЛЬТАТЫ

Точение наружное, только подрезка торца... 100% 00:00.990

T-Max P OS-PSSNR 2525-12C SNMG 12 04 16-PR 4425 100% 00:00.990


T-Max P DSSNR 2020K 12 SNMG 12 04 16-PR 4425 100% 00:00.990

T-Max P MSSNR 2525M 12 SNMG 12 04 16-PR 4425 100% 00:00.990

T-Max P OS-PSSNR 2020-12C SNMG 12 04 16-PR 4425 100% 00:00.990

Точение наружное, только подрезка торца / сменная

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ CO<sub>2</sub> EMISSIONS NEW



ПОЯСНЕНИЕ

1 Предварительная обработка

T-Max P

DSSNR 2020K 12 Инструмент

SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина

Соединение Rectangular shank -metric: 20 x 20

СОЖ

Наружный

Эмульсия 10%

Обработка торца прутка

P2.1.Z.AN 175 HB

Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	NORAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP
1 279	0.707	1
AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	DMS [mm] ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ ДИАМЕТР	RPMX [1/min] МАКС ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ
1 1.5	52	4000
PPCX [kW] МАКСИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMCX [Nm] МАКС КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	
1 9.92	52.1	

ПОЯСНЕНИЕ

1 Предварительная обработка

## 2.8.2 Точіння циліндричної поверхні Ø56

Інструмент – різець T-Max P DCLNR 2020K 12, оснащений пластиною CNMG 12.04.08 -PR 4425 2020K

Режими:  $V=317$  м/хв;  $S_o = 0,35$  об/хв;  $I=2$ ,  $t=4$  мм.

ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ С УСТУПОМ

ТОЧЕНИЕ НАРУЖНОЕ ПРОДОЛЬНОЕ И ПОДРЕЗКА ТОРЦА / СМЕННАЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ

1 - 8 из 637

Обрабатываемый диаметр DMS: 69 mm  
 Обработанный диаметр DME: 53 mm  
 Обрабатываемая длина LM: 16 mm  
 Макс радиус при вершине REX: 1 mm  
 Шероховатость Ra на торцевой поверхности RFA:  μm  
 Шероховатость Ra в продольном направлении RPA:  μm  
 Включить результаты Prime Turning™:

Инструмент: DCLNR 2020K 12  
 CNMG 12 04 08-PR 4425 Пластина

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Интерфейс со стороны станка ADINTMS: Rectangular shank - metric: 20 x 20

Стойкость дет. TLIFEC: 339 Поверхности  
 Время обработки на элемент TMF: 00.03.756 мин:с

Создайте инструментальную сборку

ШАГИ: 1, 2

ПРОДОЛЬНАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC: 317 m/min  
 Подача на оборот FN: 0.35 mm  
 Число проходов в направлении AP NORAP: 2  
 Глубина резания AP: 4 mm

Показать подробности

Информация

РЕЗУЛЬТАТЫ:

- T-Max P C4-PCLNR-27050-12 CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756
- T-Max P QS-PCLNR 2525-12C CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756
- T-Max P PCLNR 2020K 12 CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756
- T-Max P QS-PCLNR 2020-12C CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756
- T-Max P DCLNR 2525M 12 CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756
- T-Max P DCLNR 2020K 12 CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756
- T-Max P C4-DCLNR-27050-12 CNMG 12 04 08-PR 4425 100% 00.03.756

TURNING EXTERNAL LONGITUDINAL AND FACING BACKWARD / СМЕННАЯ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

CO<sub>2</sub> EMISSIONS NEW

Пояснение:

- 1 Врезание по дуге
- 2 Торцевая обработка углов
- 2 Черновая продольная обработка назад

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	NORAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP
1 352	0.258	1
2 352	0.25	-
2 352	0.592	1

AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	DMS [mm] ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ ДИАМЕТР	DME [mm] ОБРАБОТАННЫЙ ДИАМЕТР
1 0.6	54.4	53.2
2 -	-	53.2
2 0.6	54.4	53.2

RPMX [1/min] МАКС ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	FPFCX [kW] МАКСИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMCX [Nm] МАКС КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ
1 2110	2.28	10.3
2 -	-	-
2 2110	4.55	20.6

Пояснение:

- 1 Врезание по дуге
- 2 Торцевая обработка углов

Сого Turn Prime

Инструмент: CP-25BR-2020-12  
 CP-B1208D-M5 4425 Пластина

Соединение: Rectangular shank -metric: 20 x 20  
 СОЖ: Наружный Эмульсия 10%

Цилиндрическая поверхность с уступом

### 2.8.3 Чистове точіння циліндричної поверхні Ø54,4

Інструмент – різець Sogo Turn Prime CP-25BR-2020-12, оснащений пластиною CP-B1 2080-M5 – 4425

Режими:  $V=352$  м/хв;  $S_o = 0,25$  мм/об;  $I=1$   $t=0,8$  мм.

## 2.8.4 Чорнове точіння циліндричної поверхні Ø69

Інструмент – різець Coro Turn Prime CP-25BR-2020-12, оснащений пластиною CP-B1 2080-M5 – 4425

Режими:  $V=352\text{м/хв}$ ;  $S_o = 0,25\text{ мм/об}$ ;  $I = 1\text{ т}=0,8\text{ мм}$ .

## 2.8.5 Точіння канавки шириною 2,8 мм

## Інструмент – різець Coro Cut 1-2 N 123F 55-25A

оснащений пластиною N123F2 – 02 65- 0002-GF– 1125

Режими:  $V=300$  м/хв;  $S_o = 0,09$  мм/об.

1 - 8 из 260

The screenshot displays the software interface for the CoroCut 1-2 tool. On the left, there are input fields for various parameters: обрабатываемый диаметр (65 mm), обработанный диаметр (62 mm), обрабатываемая ширина (2.8 mm), ширина резания (mm), мин ширина резания (mm), and макс ширина резания (mm). The main area shows the selected tool N123F55-25A2 with a plate N123F2-0265-0002-GF-1125. It includes a 'Шаги' (Steps) section with 'Обработка канавок' (Groove processing) and cutting parameters: Speed (200 m/min), Feed (0.09 mm), and RPM (1030). A list of alternative tool options is shown on the right, including different plate types and models like N123F2-0265-0002-GF-1125 and C4-RF123F10-27050B.

## 2.8.6 Точіння канавки шириною 5 мм

### Інструмент – різець Coro Cut 1-2 N55-25A2

оснащений пластиною N123H2-04-0004-T5 4425

Режими:  $V=215$  м/хв;  $S_o = 0,12$  мм/об.

This screenshot shows the software interface for a different tool configuration. The main area displays the selected tool N123H55-25A2 with a plate N123H2-0400-0004-TF-4325. The 'Шаги' (Steps) section shows 'Обработка канавок' (Groove processing) with cutting parameters: Speed (215 m/min), Feed (0.12 mm), and RPM (1100). The list of alternative tool options on the right includes models like N123H55-25A2, N123H2-0400-0004-TF-4325, and N123H2-0400-0004-TM-4325.

## 2.8.7 Точіння різьби M56×1,5-6H

Різець Coro Thread 266266 PKT-16-16-R

## Пластинка 266RL-17 ММО 1А 150М

Режими:  $V=160$  м/хв,  $S_o = 1,5$  мм/об, число проходов - 6

**1 - 013 374**

**CoroThread 266**

175 HB  
P21 Z AN  
Никодигрированная сталь

Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")  
25 kW, 4000 1/min

Размер резьбы MF 56 x 1.5  
ТДЗ

Длина нарезания резьбы THL 25 mm

Направление резьбы THDR Правая

Размер зазора LMSCLEAR 3 mm

Еще...

**CoroThread 266**

266RKF-16-16-R Инструмент

266RL-16MM01A150M 1125 Пластина

Cylindrical shank without clamping features (without flange) -metric: 16.00

Стойкость дет. 95  
TLFEC Резьба

Время обработки на элемент 00:10.379 мин:с  
TMF

ШАГИ 1

ОДНОСТОРОННЕЕ БОКОВОЕ ВРЕЗАНИЕ

Число проходов 6  
НАР

Скорость резания 160 m/min  
VC

Подана на оборот 1.5 mm  
FN

Показать подробности

Информация

Создайте инструментальную сборку

Создайте код управляющей программ

Тонкие внутренней резьбы / Сменная 100% 00:10.379

**CoroThread 266**  
266RKF-16-16-R  
266RL-16MM01A150M 1125  
100% 00:10.379

**CoroThread 266**  
C5-266RKF-12060-16  
266RL-16MM01A150M 1125  
101% 00:10.379

**CoroThread 266**  
C4-266RKF-17070-16  
266RL-16MM01A150M 1125  
101% 00:10.379

**CoroThread 266**  
C5-266RKF-17070-16  
266RL-16MM01A150M 1125  
101% 00:10.379

## 2.8.8 Точіння внутрішньої канавки 5 мм

Інструмент – різець Coro Cut 1-2 RAG123J68 – 25  
оснащений пластиною N123J2-0500-0004-TF 1325

Режими:  $V=194$  мм/об,  $S_o = 0,16$  мм/об

**1 - 813 245**

**CoroCut 1-2**

175 HB  
P21 Z AN  
Никодигрированная сталь

Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")  
25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS 52 mm

Обработанный диаметр DME 58 mm

Обрабатываемая ширина WIDTHMF 5 mm

Глубина канавки 40 mm

Ширина резания CWN mm

Мин ширина резания CWN mm

Мак ширина резания CWN mm

Еще...

**CoroCut 1-2**

RAG123J08-25B Инструмент

N123J2-0500-0004-TF 4325 Пластина

Cylindrical shank without clamping features (without flange) -metric: 25.0

Стойкость дет. 903  
TLFEC Канавки

Время обработки на элемент 00:00.996 мин:с  
TMF

ШАГИ 1

ОБРАБОТКА КАНАВОК

Скорость резания 194 m/min  
VC

Подана на оборот 0.16 mm  
FN

Мак частота вращения 1190 1/min  
RPMX

Показать подробности

Информация

Создайте инструментальную сборку

**CoroCut 1-2**  
RAG123J08-25B  
N123J2-0500-0004-TF 4325  
100% 00:00.996

**CoroCut 1-2**  
RAG123J11-32B  
N123J2-0500-0004-TF 4325  
101% 00:00.996

**CoroCut 1-2**  
RAG123J11-40B  
N123J2-0500-0004-TF 4325  
103% 00:00.996

**CoroCut 1-2**  
RAG123J08-25B  
N123J2-0500-0004-TF 1125  
115% 00:01.170

**CoroCut 1-2**  
RAG123J11-32B  
N123J2-0500-0004-TF 1125  
117% 00:01.170

**CoroCut 1-2**  
RAG123J11-40B  
N123J2-0500-0004-TF 1125  
118% 00:01.170

**CoroCut 1-2**  
RAG123J08-25B  
N123J2-0500-0004-GM 4325  
120% 00:01.206

## 2.8.9 Свердлування отвору Ø 10 мм

Інструмент – свердло Coro Drill 860

оснащений пластиною 860 1-1000-031A1-RM P1BM

Режими:  $V=171$  мм/об,  $S_o = 0,3$  мм/об

The screenshot displays a software interface for drilling simulation. It is divided into several sections:

- Цилиндрическое отверстие в цельном материале:** Shows a 3D model of a hole and a blue 'P' icon. Parameters include: 175 HB, P2 1, Z AN, and 'Универсальный высокопроизводительный станок' with speeds of 200 kW, 10000 1/min and 200 kW, 50000 1/min.
- Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цель:** Shows a 3D model of the Coro Drill 860 tool. Parameters include: 860 1-1000-031A1-RM P1BM, 'Cylindrical shank (DIN 1835-A / DIN 6535-NA) - metric: 10', 'Стойкость дет. 8740', 'TLFEC Отверстия', 'Время обработки на элемент 00.00.433', and 'TMF минс'. A button 'Создайте инструментальную сборку' is visible.
- Режимы резания:** Shows a 3D model of the tool cutting into a workpiece. Parameters include: 'Сверление сверлами с симметричной вершиной', 'Скорость резания VC 173 m/min', 'Подача на оборот FN 0.3 mm', and 'Минутная подача у центра инструмента VF 1650 mm/min'. A button 'Показать подробности' is visible.
- Результаты:** A list of results for different drill bit models and their performance metrics. The list includes:
  - CoroDrill 860 860 1-1000-031A1-RM P1BM: 100% 00:00.433
  - CoroDrill 860 860 1-1000-045A1-RM P1BM: 107% 00:00.433
  - CoroDrill 860 860 1-1000-031A0-RM P1BM: 117% 00:00.537
  - CoroDrill 860 860 1-1000-045A0-RM P1BM: 124% 00:00.537
  - CoroDrill 860 860 1-1000-090A1-RM P1BM: 131% 00:00.433
  - CoroDrill 860 860 1-1000-031A1-RM 4234: 156% 00:00.426
  - CoroDrill 860 860 1-1000-029A1-GM X1BM: 164% 00:00.738

## 2.8.10 Розрахунок режимів різання при свердлуванні отвору Ø 10 мм.

Обладнання - вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Н125 .

Інструмент – свердло спіральне, Ø10,0 мм, P6M5, ГОСТ 14952-75. [6]

Визначаємо глибина різання

$$t = \frac{D}{2} = \frac{10,0}{2} = 5,0 \text{ мм,}$$

де  $D$  – діаметр отвору,  $D = 10,0$  мм.

Вибираємо подачу на оберт свердла  $S_o = 0,2$  мм/об [6] , табл.25.

Встановлюємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v . \quad (2.11)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт;  $q_v, m, x_v, y_v$  - показники степенів,  $C_v = 9,8$ ;  $q_v = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y_v = 0,5$  [6], табл. 28;

Період стійкості свердла:  $T = 25$  хв. [6], табл.30.

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v}, \quad (2.12)$$

де  $K_{M_v}$  - поправочний коефіцієнт на характеристики оброблюваного матеріалу заготовки,

$$K_{M_v} = C_m \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, \quad (2.13)$$

де  $C_m = 1,0$ ;  $n_v = 0,9$ . [6], табл. 9,  $\sigma_s = 610$  МПа, тоді  $K_{M_v} = 1,0 \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2$ ;

$K_{uv}$  - коефіцієнт на характеристики матеріалу інструменту,

$K_{uv} = 1,0$  [6], табл. 15;  $K_{lv}$  - коефіцієнт глибини отвору,  $K_{lv} = 1,0$ ; [6], табл.6.

Тоді  $K = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$ .

$$V = \frac{6,8 \cdot 10,0^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 1,2 = 41 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 41,0}{3,14 \cdot 10,0} = 1305,7 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_d = 1250$  об/хв.

Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,0 \cdot 1250}{1000} = 39,25 \text{ м/хв.}$$

Осьова сила  $P_o, H$ , при свердлуванні отвору

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p;$$

де  $C_p$  - постійний коефіцієнт,  $q_p, y_p$  - показники степенів,

$C_p = 68$ ;  $q_p = 1,0$ ;  $y_p = 0,7$  [6], табл.32;

Коефіцієнт  $K_p = K_{M_p}$ , де  $K_{mp} = \left(\frac{O_s}{750}\right)^n$ , де  $n = 0,3$  [6], табл. 9;  $K_{mp} = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,93$ ;

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,93 = 231,3 \text{ Н.}$$

Знаходимо момент різання:

$$M = 10 C_M D^{qM} S^{yM} K_p, \quad (2.14)$$

де  $C_M$  – постійний коефіцієнт;  $q, y$  – показники степенів,

$$C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8 \text{ [7], табл. 32;}$$

$K_p$  – поправочний коефіцієнт,  $K_p = K_{M_p} = 0,93$  ;

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,0^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,93 = 31,8 \text{ Н м}$$

Потужність різання при свердлуванні, кВт:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{31,8 \cdot 1250}{9750} = 4,01 \text{ кВт.}$$

Значення потужності різання повинне відповідати умові

$$N \leq 1,2 \cdot N_o \cdot \eta.$$

де  $N_o$  - потужність верстата, кВт;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,75$ ;

$$- 5,5 \cdot 0,75 \cdot 1,2 > 4,01$$

Основний час на обробку отвору

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n}, \quad (2.15)$$

де  $L_{p.x.}$  – робочий хід,  $L_{p.x.} = L_{piz.} + y$ ,

де  $L_{piz.}$  - довжина різання,  $L_{piz.} = 7$  мм,  $y$  – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту.  $y = 2$  мм [7], с.303.

$$T_o = \frac{7+2}{0,15 \cdot 1250} = 0,037 \text{ хв.}$$

## 2.8.11 Обробка паза на торці

Глибина різання  $t = 4$  мм

Подача на зуб для фрезерування  $S_z = 0,04$  мм/зуб [6], с.89, карта Ф-2.

Швидкість різання, м/хв:

$$V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.16)$$

де  $V_{табл.}$  - табличне значення швидкості різання,  $V_{табл.} = 40$  м/хв., [7], карта Ф-4;

$K_1, K_2, K_3$  - поправочні коефіцієнти;

$K_1$  - коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу,  $K_1 = 1,0$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу,  $K_2 = 0,8$ ;

$K_3$  - коефіцієнт виду обробки,  $K_3 = 1,0$  [7], с.100.

$$V = 40 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 32 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 63} = 161,7 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата

$$n_d = 150 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 150}{1000} = 29,7 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Потужність різання, кВт: } N_p = E \frac{V \cdot b \cdot z_u}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

кВт [9], с.102;  $z = 16$ .  $b = 4$  мм,  $K_1 = 1,0$ ,  $K_2 = 1,0$

$$N_p = 0,1 \frac{29,7 \cdot 4,0 \cdot 16}{1000} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,19 \text{ кВт.}$$

$$\text{Сила різання } P_z = \frac{9750 \cdot N}{V} = \frac{9750 \cdot 0,19}{29,7} = 62,4 \text{ Н}$$

$$\text{Момент різання } M_p = \frac{P_z \cdot D}{2} = \frac{62,4 \cdot 0,063}{2} = 1,96 \text{ Н м.}$$

Основний час обробки

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_z \cdot z \cdot n}, \quad (2.17)$$

де  $L_{p.x.}$  - довжина робочого ходу,  $L_{p.x.} = 35$  мм

$$T_o = \frac{35}{0,04 \cdot 23 \cdot 150} = 0,25 \text{ хв.}$$

## 2.8 Розрахунок технічних норм часу на обробку деталі «Вал»

Для серійного виробництва рахуємо штучно-калькуляційний час  $T_{шт.к.}$

$$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{н.з.}/n), \quad (2.18)$$

де  $T_{шт.}$  - необхідний штучний час на оброблення, хв.;

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{обс.} + T_{відп.}, \quad (2.19)$$

де  $T_o$  - час основний на оброблення, хв.;  $T_\delta$  - час допоміжний на оброблення, хв.;

Допоміжний час розраховується за формулою:

$$T_\delta = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.20)$$

де  $T_{вст}$  - час, необхідний для установкита зняття деталі, хв.;  $T_{з.о}$  - час, необхідний для закріплення та розкріплення деталі, хв.;  $T_{кер}$  - час, необхідний для прийомів управління верстатом, хв.  $T_{вим}$  - час для контролю деталі, хв.  $T_{обс.}$  - час, необхідний для обслуговування робочого місця, хв.;  $T_{відп.}$  - час на відпочинок, хв.  $T_{н.з.}$  - підготовчо-заключний час, хв.;

$n$  - кількість деталей в партії запуску, шт;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (2.21)$$

де  $N$  - річна програма, 3000 шт.;  $t_3$  - число днів запасу,  $t_3 = 12$ ;  $\Phi = 254$  - число робочих днів за рік.

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} = \frac{3000 \cdot 12}{254} = 141$$

### 2.8.1. Розрахунок норм часу на операцію 010 – Токарна з ЧПК

Основний час  $T_o = 0,349$  хв.

Допоміжний час  $T_{\phi} = T_{вст} + T_{кер} + T_{вим}$ ,

де  $(T_{вст} + T_{з.о})$  - час встановлення деталі і її затиск,  $(T_{вст} + T_{з.о}) = 0,18$  хв., [4], с.199;  $T_{кер}$  – час, необхідний для виконання прийомів керування верстатом, включає час для запуску верстата - 0,01 хв; час для виконання переміщень у поздовжньому напрямку – 0,06 хв., час для виконання переміщень у поперечному напрямку – 0,06 хв.; час для переміщення інструменту – 0,08 хв. [4], с.202...203.

Тоді  $T_{кер} = 0,01 + 0,06 + 0,06 + 0,08 = 0,21$  хв.

$T_{вим}$  - час на виконання на контролю деталі – 0,20 хв.; тоді ,

$T_{\phi} = (0,18 + 0,21 + 0,20) [4] 1,85 = 1,092$  хв.

Оперативний час  $T_{оп.} = T_o + T_{\phi}$

$T_{оп.} = 0,349 + 1,092 = 1,441$  хв.

Час для відпочинку та на обслуговування робочого місця :

$$T_{об} + T_{від} = P_{об.від} \times (T_o + T_{\phi}) / 100, \quad (2.22)$$

де  $P_{об.від}$  - норматив для серійного виробництва;  $P_{об.від} = 6\%$ , [4], с.215.

$T_{об} + T_{від} = 6/100 \times (0,349 + 1,092) = 0,086$  хв.

Штучний час  $T_{шт.} = 1,441 + 0,086 = 1,53$  хв.

Підготовчо-заключний час включає: час для встановлення пристрою та настроювання верстата - 16 хв.; час для отримання інструменту - 2 хв.; часу на додаткові прийоми - 14 хв.

$$T_{n-з.} = 16 + 2 + 14 = 32 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію  $T_{шт.-к} = 1,53 + 32/50 = 2,16 \text{ хв.}$

Норми часу на всі інші операції механічної обробки деталі "Вал» знаходимо таким же чином та заносимо у табл.2.9.

Таблиця 2.9 – Норми часу при обробці деталі «Вал»

№ оп.	Назва операції	$T_o$ , хв.	$T_{доо}$ , хв.			$T_{оп.}$ , хв.	$T_{обс.-від.}$ , хв.	$T_{шт.}$ , хв.	$T_{n-з}$ , хв.	N, шт.	$T_{шт-к}$ , хв.
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	Токарна з ЧПК	1,124	0,18	0,21	0,20	2,216	0,133	2,35	32	3000	2,414
010	Токарна з ЧПК	1,987	0,18	0,21	0,20	3,079	0,185	3,26	32	3000	3,324
015	Вертикально-свердлувальна	0,88	0,21	0,20	0,15	1,124	0,067	1,19	32	3000	1,255
020	Горизонтально фрезерна	0,482	0,21	0,20	0,15	1,518	0,091	1,61	32	3000	1,673
025	Круглошліфувальна	0,70	0,21	0,20	0,15	1,736	0,104	1,84	32	3000	1,94

## 2.10. Оформлення технологічної документації

На розроблений технологічний процес обробки деталі «Вал» оформляємо маршрутні карти, карти ескізів та операційні карти. Технологічна документація приводиться у додаткові Б.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розроблення верстатного пристрою для оброблення 4-х отв. Ø10 мм.

#### 3.1.1 Вибір схеми базування [12]

При обробленні 4 -х отворів Ø10 мм приймаємо схему встановлення заготовки на торець та зовнішню циліндричну поверхню. Схема базування наведена на рис.3.1.

Торець деталі являється основною базою, віднімає три степені вільності; циліндрична поверхня - 2 степені.

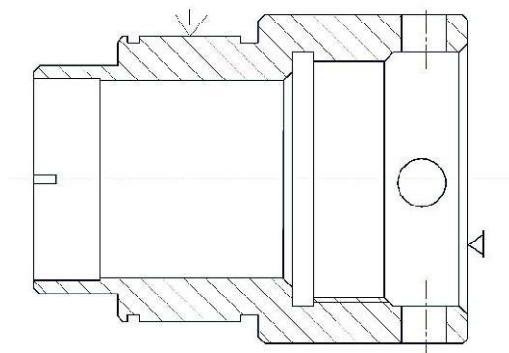


Рисунок 3.1 – Схема базування

#### 1.1.2. Вибір установочних елементів

По поверхні Ø65к6 деталь встановлюється в призмиз кутом  $2\alpha = 90^\circ$ . Базування по торцю забезпечується циліндричним упором, що має плоску поверхню.

### 3.1.3 Розрахунок точності пристрою

При обробленні отворів  $\varnothing 10$  необхідно забезпечити точність розміщення отворів відносно поверхні  $\varnothing 75$ .

Для виконання заданої точності повинна виконуватись умова :

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y \quad (3.1)$$

де  $\varepsilon_{\text{доп.}}$  – похибка оброблення, що допускається,

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega ; \quad (3.2)$$

де  $T$  – допуск , що характеризує розмір оброблення,  $T = 100$  мкм;

$\omega$  – точність оброблення на верстаті мод. 2Н125,

$\omega = 0,01$  мм;

$k$  – коефіцієнт, що враховує поправку на точність оброблення,  $k = 1,0 \dots 1,1$  [11]. Приймаємо  $k = 1,1$

$\varepsilon_y$  – похибка, що характеризує встановлення заготовки в пристрій. Оброблення отворів виконується на прохід, бази технологічна база та вимірювальна співпадають, тому  $\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} = 0$ ;

Таким чином  $\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$  , умова виконується

і точність оброблення буде забезпечена.

### 3.1.4. Розрахунок зусилля закріплення

Розрахункова схема всіх сил, що діють на заготовку при затискові, показана на рис. 3.2.

При обробленні отворів  $\varnothing 10,0 \pm 0,1$  мм на заготовку діють: момент сил різання  $M_P$ ; сила різання осьова  $P_o$ ; момент сил тертя , що діє на поверхнях призми  $M_{T1}$ , момент тертя сил  $M_{T2}$  на круглій опорі.

Під дією всіх моментів тертя заготовка має бути у положенні рівноваги. Умова рівноваги заготовки:

$$3(M_{T1} + M_{T2}) \geq kM_p, \quad (3.3)$$

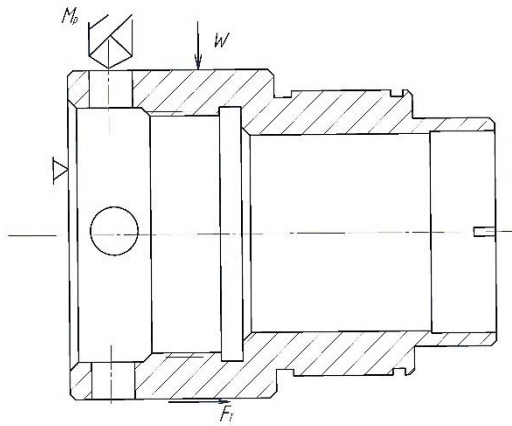


Рисунок 3.2 – Визначення сили затиску

де  $M_{T1}$  – момент тертя, що діє на поверхні заготовки

$$M_{T1} = \frac{W \cdot f_1 \cdot d}{3 \cdot 2}, \quad (3.4)$$

де  $W$  – зусилля затиску,

$f_1$  - зусилля затиску заготовки,  $f_1 = 0,1$  [11],

$d$  - діаметр базової поверхні заготовки,  $d = 75$  мм.

$M_{T2}$  - момент тертя, що діє на торці заготовки

$$M_{T2} = G \cdot f_2 \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (3.5)$$

де  $d_1$  - середній діаметр, на якому діє момент тертя,  $d_1 = \frac{d}{2}$ ;

$G$  - вага заготовки .

$f_2$  - коефіцієнт тертя на торцевій поверхні заготовки,  $f_2 = 0,1$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу, [11], с.266

Коефіцієнт запасу знаходиться за формулою:

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

де  $k_0$  – коефіцієнт запасу, що гарантується,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, котрий враховує стан технологічної бази,  $k_1 = 1,0$  [13], с.267;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує зношування ріжучого інструменту,  $k_2 = 1,0$  [13], с.267;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує умови, при яких ведеться оброблення;  $k_3 = 1,00$  [13], с.267;

$k_4$  – коефіцієнт, враховуючий похибку затискного, пристрою,  $k_4 = 1,0$  [13], с.268;

$k_5$  – коефіцієнт, враховуючий розміщення рукояток керування;  $k_5 = 1,0$  [13], с.268

$k_6$  – коефіцієнт, враховує наявність моментів, що можуть повертати заготовку навколо опор,  $k_6 = 1,2$  [13], с.268.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,8.$$

$M_p$  – момент різання при свердлуванні отвору  $\varnothing 10,0$  мм,  $M_p = 2,32$  Н м.

Зусилля затиску

$$W = \frac{kM_p - G \cdot f_2 \cdot \frac{d_1}{2}}{d \cdot f_1} \quad (3.6)$$

$$W = \frac{1,8 \cdot 3,2 - 3,2 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,05}{2}}{0,07 \cdot 0,1} = 566,50 \text{ н.}$$

### 3.1.5 Розрахунок приводу пристрою.

Сила створюється за допомогою пневматичного циліндра при подачі стиснутого повітря у безштокову порожнину, тоді:

$$Q = \frac{\pi D_u^2}{4} \cdot p_{II},$$

де  $D_u$  – діаметр пневматичного циліндра, м;  $p_{II}$  – тиск повітря у пневматичній системі,  $p_{II} = 0,40 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2$ .

Передавальна система у вигляді важеля має коефіцієнт передавального зусилля  $K = 1$ .

Звідси визначаємо діаметр пневматичного циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p_{II}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 566}{3,14 \cdot 0,40 \cdot 10^6}} = 0,034 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D = 50$  мм.

### 3.1.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Виконуємо перевірку міцність різьбового з'єднання, за допомогою якого установлюється затиск.

Умова міцності різьби:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma_p] = W,$$

де  $d_1$  – діаметр різьби,  $d_1 = 5,6$  мм;

$[\sigma_p]$  – допустиме напруження для розтягу,  $[\sigma_p] = 95$  МПа.

$$d_{1 \text{ розр}} = \sqrt{\frac{4W}{\pi [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 566}{3,14 \cdot 95 \cdot 10^6}} = 0,0027 \text{ м.}$$

$d_{1 \text{ розр}} < d_1$  – міцність забезпечується.

### 3.1.7. Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій для свердлування отвору складається із корпусу, в якому розміщується пневматичний привід і механізм затиску. В корпусі розміщуються установочні елементи.

Усередині корпусу пристрою встановлено пневматичний циліндр. При подачі стиснутого повітря в робочу порожнину (безштокову) пневматичного циліндра шток переміщується вправо і переміщує прихвати. При цьому здійснюється затиск заготовки. При подачі стиснутого повітря в штокову полость пневматичного циліндра проходить розкріплення заготовки.

### 3.2 Проектування верстатного пристрою для фрезерування паза $b = 4\text{мм}$

#### 3.2.1 Вибір схеми базування

Заготовка встановлюється на оброблений торець та зовнішню циліндричну поверхню діаметра 52 мм.

Схема установки заготовки для фрезерування паза наведена на рис.

#### 3.4.2

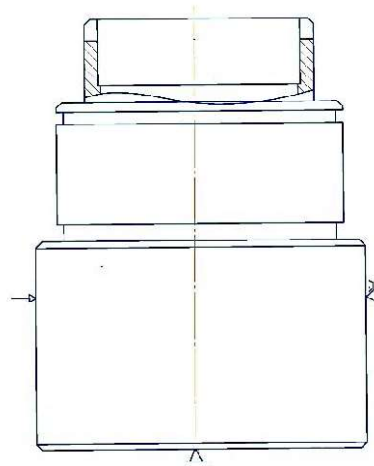


Рисунок 3.3 – Схема базування заготовки

#### 3.2.2. Вибір установочних елементів

Заготовка встановлюється по обробленій зовнішній циліндричній поверхню  $\varnothing 75$  мм на круглу поверхню отвору. По торцю заготовки базування забезпечується за допомогою упора з плоскою поверхнею.

#### 3.2.3. Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення точності необхідно отримати точне положення паза відносно торця і досягнути симетричного положення паза відносно вісі.

Для виконання заданої точності повинна виконуватись умова :

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y \quad (3.7)$$

де  $\varepsilon_{\text{доп.}}$  – похибка оброблення, що допускається,

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega; \quad (3.8)$$

де  $T$  – допуск, що характеризує розмір оброблення,  $T = 200$  мкм;

$\omega$  – точність оброблення на горизонтально-фрезерном верстаті мод. 6Н82Г

$\omega = 0,01$  мм;

$k$  – коефіцієнт, що враховує поправку на точність оброблення,  $k = 1,0 \dots 1,1$  [11]. Приймаємо  $k = 1,1$

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = 200 - 1,1 \cdot 10 = 189 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_y$  – похибка, що характеризує встановлення заготовки в пристрій.

При обробленні паза  $\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} = 0$ , тому що бази технологічна та вимірювальна співпадають

Таким чином  $\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$  ( $189 > 0$ ), умова виконується і точність оброблення буде забезпечена.

#### 3.2.4. Розрахунок сили затиску

Схема дії всіх сил, що прикладаються до заготовки при затискові, приведена на рис. 3 4.

На паз при обробленні діють: складова сили різання  $P_z$ ; сила затиску  $Q$ , що створює силу тертя на циліндричній поверхні заготовки та на вертикальній площині отвору  $F_T$ .

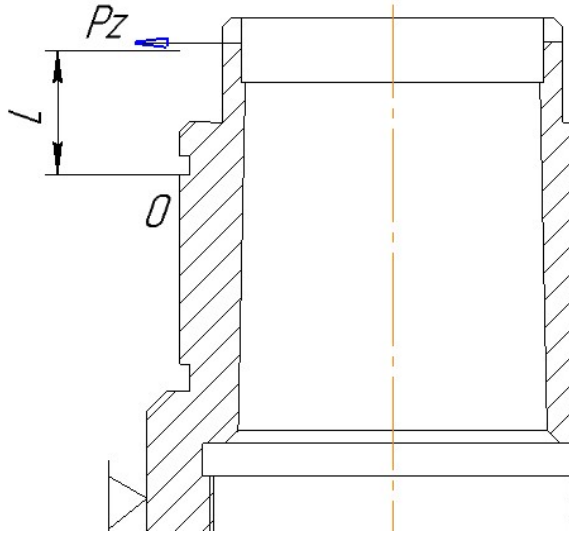


Рисунок 3.4 – Схема затиску заготовки

Заготовка може повернутися під дією сили затиску  $Q$  та дією сили різання  $P_z$  навколо точки  $O$ .

Рівновага заготовки буде при умові:

$$Q l \geq k P_z l, \quad (3.9)$$

$k$  – коефіцієнт запасу, [11], с.266

Коефіцієнт запасу знаходиться за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.10)$$

де  $k_0$  - запасу, що гарантується,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, котрий враховує стан технологічної бази,  $k_1 = 1,0$  [13], с.267;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує зношування ріжучого інструменту,  $k_2 = 1,0$  [13], с.267;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує умови, при яких ведеться оброблення;  $k_3 = 1,00$  [13], с.267;

$k_4$  – коефіцієнт, враховуючий похибку затискного пристрою,  $k_4 = 1,0$  [13], с.268;

$k_5$  – коефіцієнт, який враховує розміщення рукояток керування;  $k_5 = 1,0$  [13], с.268

$k_6$  – коефіцієнт, враховує наявність моментів, що можуть повертати заготовку навколо опор,  $k_6 = 1,2$  [13], с.268.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,8$$

$P_z$ —сила різання при фрезеруванні паза

Зусилля затиску  $Q = 1560$  Н.

### 3.2.5 Розрахунок приводу пристрою

Для затиску заготовки привід пневматичного циліндра рухається вліво, та стискає деталь. Схема механізму дана на рис. 3.

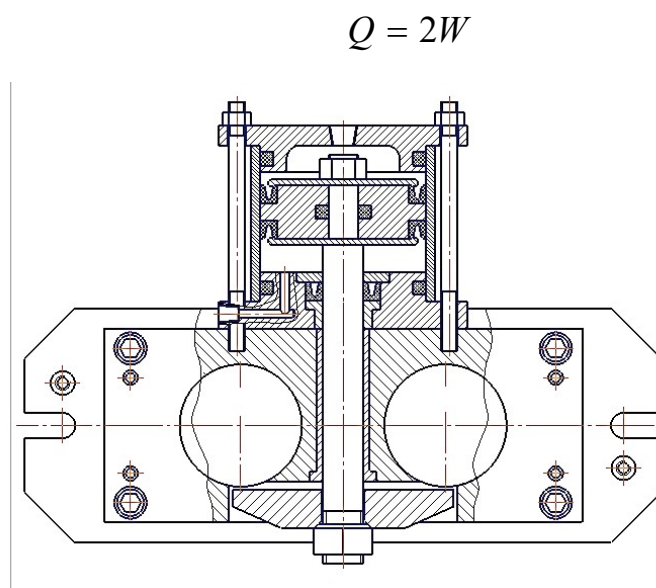


Рисунок 3.5 – Схема механізму затиску

$$Q = 2 \cdot 1560 = 3120 \text{ Н.}$$

Визначаємо основні розміри пневмоциліндра, виходячи із розрахункової сили  $Q$  на штокові враховуючи, що робоча порожнина штокова.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_g \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3120}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9} + 20^2} = 105,4 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо діаметр циліндра  $D = 125$  мм, діаметр штока  $d = 30$  мм [9].

Визначаємо дійсне зусилля, яке діє з боку пневмоциліндра:

$$Q_d = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P_g \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 6954 \text{ Н}$$

### 3.2.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розрахуємо на міцність болти кришки пневмоциліндра. За матеріал болтів приймаємо сталь 45, кількість болтів 4, тоді з умови міцності діаметр болта розраховується за формулою:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{F_{затж} \cdot K_{затж} \cdot 4 \cdot k}{[\sigma] \cdot \pi \cdot Z}} \quad (3.11)$$

де  $[\sigma]$  - допустима міцність,  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,

$F_{затж}$  - зусилля затиску

$$F_{затж} = P_g \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.12)$$

де  $P_g$  - тиск повітря в пневмоциліндрі,  $P_g = 0,4 \text{ МПа}$ ,

$D$  - діаметр пневмоциліндра;

$K_{затж}$  - зусилля затискання,  $K_{затж} = 1,3 \text{ Н}$ ;

$K$  - коефіцієнт навантаження,  $K = 1$ ;

$Z$  - кількість болтів,  $Z = 4$ .

$$d = \sqrt[4]{\frac{P_g \cdot \pi \cdot D^2 \cdot K_{затж} \cdot 4 \cdot k}{4 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt[4]{\frac{P_g \cdot D^2 \cdot K_{затж} \cdot k}{[\sigma]}}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{0,63 \cdot 125^2 \cdot 1,3 \cdot 1}{160}} = 2,9 \text{ мм}$$

Приймаємо конструктивно діаметр кожного болта 8 мм.

### 3.2.7 Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій для оброблення паза складається із плити, на якій закріплено пневматичний циліндр. Шток пневматичного циліндра з'єднується із паланком. Деталь торцем встановлюється на площину та опирається на стінки нерухомої цанги. При подачі стиснутого повітря у штокову порожнину пневматичного циліндра шток переміщується вліво, та затискає деталь. При подачі стиснутого повітря у безштокову порожнину деталь розтискається.

### 3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

#### 3.3.1 Вибір схеми вимірювання

Контролюємо радіальне биття поверхонь  $\varnothing 65k6$ ,  $\varnothing 52f7$  відносно бази Б – не більше 0,021 мм.

Для контролю вибираємо схему, що приведена на рис. 3.

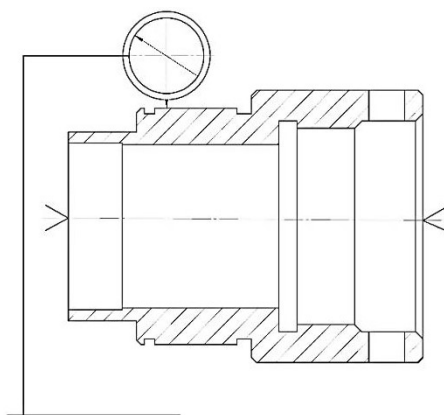


Рис. 3.6 - Схема контролю радіального биття

Для проведення вимірювання радіального биття деталей встановлюється жорсткі центри. До поверхонь контролю підводиться наконечник індикатора годинникового типу, що закріплений вимірювальною стійці. Індикатор попередньо встановлюється на «0». При обертанні деталі навколо вісі на  $360^0$  різниця стрілки індикатора дає шукане радіальне биття.

### 3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

Точність виконання контролю забезпечується при виконанні умови:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{розн.}}, \quad (3.13)$$

де  $\varepsilon_{\text{доп}}$  - похибка контролю, що допускається,  $\varepsilon_{\text{доп}} = 0,01$  мм.

$\varepsilon_{\text{розн.}}$  — похибка контролю із розрахунку:

$$\varepsilon_{\text{розн.}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{виз}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.14)$$

де  $\varepsilon_{\text{б}}$  - похибка базування при здійсненні контролю,  $\varepsilon_{\text{б}} = 0$ ;

$\varepsilon_{\text{виз}}$  - похибка, що визначає точність пристрою,  $\varepsilon_{\text{виз}} = 0,001$  мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  - похибка, що визначає точність вимірювання,  $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\Delta_i}{2}$ ,

де  $\Delta_i$  — ціна індикатора,  $\Delta_i = 0,002$  мм;  $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{0,002}{2} = 0,001$  мм.

$\varepsilon_{\text{зн}}$  - похибка зношування пристрою,  $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,002$  мм.

$$\varepsilon_{\text{розн.}} = \sqrt{0,005^2 + 0,001^2 + 0,002^2} = 0,0054 \text{ мм}$$

Умова  $\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{розн.}}$ , ( $0,01 \geq 0,0054$ ) виконується, тому точність контролю буде забезпечена.

### 3.3.3 Опис роботи пристрою

Для здійснення контролю деталь встановлюється на жорсткі центри. До контрольованої поверхні  $\varnothing 52f7$  підводиться вимірвальна ніжка індикатора; індикатор попередньо настраюється на «0».

Деталь навколо власної вісі повертається рукою на  $360^{\circ}$ , при цьому різниця у показах індикатора установлює значення радіального биття.

### 3.3 Проектування різального інструменту

Проектуємо прорізну фрезу для оброблення паза шириною 4,0 мм. Ескіз поверхні приведено на рис. 3.10.

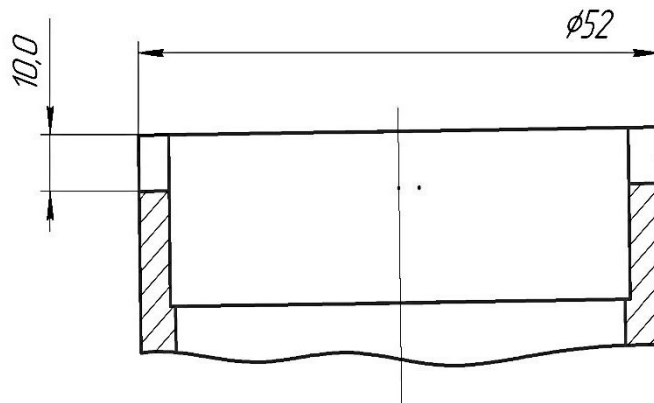


Рисунок 3.7 – Ескіз поверхні

Матеріал фрези – швидкорізальна сталь Р6М5

діаметр фрези  $D = 63$  мм, число зубців 16, ширину фрези 4,0 мм.

Діаметр отвору під оправку

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_p}{0,1 \cdot [\sigma_u]}}, \quad (3.15)$$

де  $[\sigma_u]$  - допустиме напруження згину,  $[\sigma_u] = 250$  МПа.

$$M_p = 1,96 \text{ Н м}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1,96}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,0042 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d = 22\text{H}7$  мм.

Знаходимо зовнішній діаметр фрези: мм.

Приймаємо  $D = 150$  мм.

Кількість зубців:

$$z = m\sqrt{D}, \text{ де } m = 2 \text{ — для дискових фрез.}$$

$$z = 2\sqrt{150} = 24,8 \text{ приймаємо } 25.$$

Знаходимо крок зубців:

$$P = \frac{\pi \cdot D}{z} = \frac{3,14 \cdot 150}{25} = 18,8 \text{ мм.}$$

Передній кут  $\gamma = 0^\circ$  ;

Задній кут  $\alpha = 7^\circ$

Основні технічні вимоги на інструмент

Допуск зовнішнього діаметра фрези призначаємо по ГОСТ 885-81:

$$D_{фр.} = 150h9(-0,036) \text{ мм;}$$

Допуск ширини фрези - по 8-му квалітету;

Твердість робочої частини  $HRC 62 \dots 65$ .

## 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Використання зносостійких покриттів для твердосплавних пластин

«Використання зносостійких покриттів різальних інструментів являється продуктивним методом підвищення характеристик твердосплавних інструментів. В наш час тверді сплави із різними варіантами покриття дозволяють підвищити швидкість і продуктивність різання більш як у 3-4 рази, порівняно із звичайними інструментами.

Властивості різального інструмента можуть бути суттєво змінені за рахунок трансформації якостей поверхневих матеріалу, де контактна поверхня інструменту найбільш ефективно протистоїть різним видам зношування, такий матеріал має мати запас міцності на стиск, прикладення ударних навантажень та згинання.

Не всі інструментальні матеріали містять зазначені характеристики, що значно зменшує область їх використання. Інструменти із швидкорізальної сталі мають низьку теплостійкість, невисокою міцністю, малу ударну в'язкість; керамічні інструменти мають більш високу зносостійкість, твердість та більшу теплопровідність, але для них характерною є мала в'язкість щодо удару та значна крихкість.

Удосконалення конструкцій інструментів, і в першу чергу різальних пластинок, дозволяє збільшити надійність та стабільність механічної обробки. В конструкціях твердосплавного інструменту в першу чергу зростає складність робочих поверхонь, та в першу чергу перехідних поверхонь пластинок.

По геометрії змінні багатогранні пластинки різних фірм відрізняються мало, їх вжиток найчастіше обмежений обробленням вуглецевих та легованих сталей в діапазоні: глибина різання 2...8 мм при подачі 0,25...0,7 мм/об.»[14].

Наприклад, пластинка фірми Сандвік Соромант застосовує пластинку із двома або з трьома стружковими канавками, що збільшує ресурс її роботи. При

малих площаях зрізу працює перша канавка, при більших - друга і т.д. При цьому забезпечується універсальність пластинки, що дозволяє також виконувати дроблення стружки із перемінною глибиною різання [14].

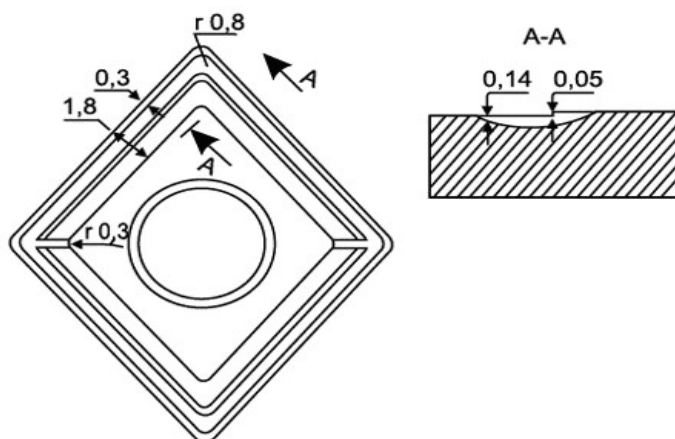


Рисунок 4.1 – Форма пластини

«Змінні твердосплавні пластинки дозволяють отримати якісну обробку жаростійких, важкооброблюваних матеріалів та сплавів. Дуже широко пластинки застосовуються при обробленні чавуну та пластичних мас. Легкість установки змінних твердосплавних пластинок в зону різання та висока зносостійкість забезпечують довготривалу та надійну роботу, також відчутний великий економічний ефект.

Застосування змінних пластинок значно знижує зусилля різання та вплив на оброблюваний матеріал, що є особливо важливим при обробці сплавів, в першу чергу кольорових металів, таких, як високоміцні сплави титану та алюмінію. Застосування пластинок у різальній частині значно зменшує викривлення та понижає внутрішні напруження оброблюваного матеріалу. Швидко і нескладне установлення змінних пластинок, їх надійне закріплення, дає високу якість оброблення. Такі пластинки у кілька разів є вигіднішими у порівнянні монолітними інструментами» [14].

«Використання металорізальних інструментів із нанесеними тонкими (1-5 мкм) зносостійкими покриттями має важливі переваги: зростає продуктивності

оброблення різанням на 20-200%, зростає строк служби інструментів - до 1,5-10 разів при обробленні конструкційних сталей, до 4 разів - при обробленні жароміцних та корозійностійких сталей, до 1,5-2,5 разів - при обробленні нікелевих та титанових сплавів. Також досягається зниження витрат інструментів складного профілю за рахунок зменшення кількості його переточок.

До покриттів залежно від умов експлуатації та від матеріалу різального інструменту пред'являються такі технологічні вимоги, які діляться на наступні категорії:

Перша, основна умова, що враховує умови експлуатації інструмента полягає в тому, що покриття повинне мати високу твердість, більшу за твердість основного матеріалу інструмента; мати стабільність до високотемпературної корозії; не повинно бути схоплювання матеріалу в усьому діапазоні температур різання; має бути стабільність, що характеризує руйнування, постійність механічних характеристик, в тому числі при температурах, що є буличними до температури руйнування інструментального матеріалу.

По-друге, це сумісність характеристик матеріалу покриття із характеристиками матеріалу інструмента: однакова побудова кристалохімічної структури матеріалу покриття та інструмента; доцільне співвідношення матеріалів інструменту та покриття за значеннями пружності, теплопровідності, коефіцієнтами Пуассона, лінійного розширення.

По-третє, покриття має суттєво впливати на фізичні і кристалохімічні характеристики матеріалу інструмента.

По-четверте, групові вимоги щодо покриттів: покриття повинне бути щільним, характеризуватись постійною густиною.

Перші покриття із зносостійкими характеристиками були отримані при хімічному процесі осадження при високих температурах (950-1050°C) із парогазового середовища» [14]. Такий процес скорочено прийнято називати CVD (Chemical Vapor Deposition). Цей процес для нанесення покриття на

різальний інструмент вперше був застосований компанією Sandvik Coromant (Швеція).

Як матеріал для покриття використовуються карбіди, нітриди і карбонітриди титану, двоокис алюмінію. Товщина покриття складає 5 ... 15 мкм

Найбільшого розповсюдження набули два способи нанесення зносостійких покриттів: - Метод CVD (Chemical Vapour Deposition) - хімічний метод, який ґрунтується на хімічному осадженні покриття із газового середовища.

- Метод PVD (Physical Vapour Deposition) або фізичний метод.

«Розвиток CVD покриттів проходив у трьох напрямках.

Перший напрямок полягає у зниженні від'ємного впливу отриманого покриття на міцність твердосплавної основи.

Другий напрямок – покращення схоплювання покриття (адгезії).

Третій напрямок – нарощування сумарної товщини прошарків покриттів для підвищення захисних властивостей.

Перші спроби змінити захисні властивості покриттів при нарощуванні величини шару TiC не привели до великого ефекту» [14]. Значно більший вплив був досягнутий від впровадження багат шарових покриттів CVD, де над прошарком карбіду титану TiC наноситься нітриду титану TiN та прошарок оксиду алюмінію Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При цьому перший шар покриття служить базою для утворення якісної адгезії, а наступні шари закріплюють захисні функції від будь-яких факторів спрацювання.

Оксид алюмінію, що є простою хімічною сполукою із високою хімічною інертністю та температурною стабільністю, служить дуже хорошим елементом покриття для захистку твердого сплаву від впливу високої температури та хімічних видів зношування.

«Кристалічна форма сполуки – корунд – уже давно застосовується у промисловості для абразивної обробки. Шари Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> являються відносно тонкими, до 4 мкм; пізніше із застосуванням пришвидшувачів росту, появилася можливість отримати товщину шару до 8-10 мкм.

Покриття PVD появились пізніше за CVD, вони мають гарну адгезію, не впливають на основний матеріалу інструменту та утворюють стискаючі напруження у поверхневому прошарку.

Розвиток PVD здійснюється за рахунок пошуку варіантів покриттів, що мають більшу зносостійкість, покриття PVD відвоювали у покриттів CVD від 30 до 40% всього ринку твердосплавних пластинок.

При використанні технологічних процесів, де швидкість різання не обмежується можливостями технології, наприклад для фрезерних і токарних пластнок, PVD сплави можуть працювати при швидкостях 200-250 м/хв та більше.

Дедалі більше застосування знаходять багат шарові композиційні покриття із змінними властивостями та хімічним складом; вони добре протидіють руйнуванню при умові поширення тріщини або при значних пластичних деформаціях крайки. Багат шарові покриття необхідно наносити на кристалохімічно непохожі із інструментальним матеріалом сполуки, що мають максимальну термодинамічну стійкість з поміж інших сполук.

До цих покриттів можна віднести оксиди, в першу чергу  $Al_2O_3$ , бориди ( $HfB_2$ ,  $NbB_2$ ,  $TaB_2$ ) та  $Si_3N_4$ . Такі сполучення можуть зберігати підвищену твердість при дуже високих температурах, також мають високу пасивність щодо оброблюваних матеріалів.

Для виготовлення основи покриттів служать подвійні та потрійні системи карбідів, нітридів та карбонітридів проміжних матеріалів: пари карбід-карбід:  $TiC-ZrC$ ;  $ZrC-TaC$ ;  $MoC-WC$ ;  $TiC-TaC$ ;  $TiC-HfC$ ;  $Cr_3C_6-Mn_2C_6$ ;  $Cr_7C_3-Mn_7C_3$ ; пари карбід- нітрид:  $TiC-TiN$ ;  $ZrN-ZrC$ ;  $TiC-ZrN$ ;  $NbC-TiN$ ;  $TiC-VN$ ;  $ZrN$ ; пари нітрид-нітрид:  $TiN-ZrN$ ;  $ZrN-HfN$ ;  $TaN-CrN$ ;  $TiN-HfN$ ;  $CrN-MoN$ .

Відмінна термодинамічна витримка, міцність та твердість з'єднань обумовлена великою подібністю та близькими розмірами атомів.

Властивості багат шарових покриттів в значній мірі залежать від технологічних особливостей процесу нанесення матеріалу на робочі поверхні різальних інструментів»[14].

Дуже часто використовуються двошарові конструкції, що виникають із проміжного шару карбідів, карбонітридів, нітридів та металів IV-VI груп, AlN і SiO<sub>2</sub>, що використовуються для керамічних інструментів та поверхневого шару Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, що має достатній захист від ржавіння. Товщина шару в них міняється в межах від 0.1 до 10 мкм, а всього шару – в межах від 1 до 10 мкм.

Такі покриття із двох шарів наносяться на керамічні нітридокремнієві покриття; вони забезпечують добру зносостійкість та в'язкість щодо удару твердих сплавів.

«Покриття Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на зовнішньому шарі знижує зусилля різання та завдяки витримуванні при високій температурі захищає найкраще витримування інструменту при обробленні сталі і чавуну з значними швидкостями. Черезнизьку теплопровідність Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> його застосовують в ролі проміжного прошарку. Шар Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> товщиною 0.2-0.3 мкм використовують в якості дифузійної перешкоди при осадженні TiN і TiC, що схвально впливає на стійкість інструменту.

В багатошарових покриттях використовують TiC (нижній шар), так як дане сполучення забезпечує достатньо високе схоплювання із матеріалом інструменту; TiN (верхній шар), що характеризується меншим схоплюванням і є також менш крихким, ніж TiC та стан перехідний Ti(C,N) – як проміжного шар. Такі покриття показують ріст стійкості твердосплавних різальних пластинок у 4-6 разів, також підвищується швидкість різання.

При різанні із високими швидкостями та навантаженнями ударними дуже результативним є багатошарове покриття WC/TiC + TiC + Ti(CN).

При швидкостях різання із високим тепловим ефектом ефективним являється покриття TiC + TiB<sub>2</sub>.

Результати дослідів показують, що стійкість у твердосплавних різальних пластинок, що мають семишарове покриття, майже така сама, як і у трьохшарових. Загальна товщина шару складає від 8 до 10 мкм. Зіставлення результатів досліджень твердосплавних пластинок із різною кількістю шарів та

будовою покриття показує, що максимальну стійкість забезпечують пластинки із числом кількістю шарів 3 та 7[14].

На рис. 4.2 приведені криві спрацювання задньої кромки пластинки без покриття, із кількістю шарів 3 та 7 залежно від зношування, довжини шляху та часу різання.

Криві показують, що пластини з покриттями характеризуються значно більший ресурсом порівняно з пластинками, що не мають без покриття, в тому числі по часу роботи та за пройденим шляхом різання.

Таке зростання стійкості забезпечується за рахунок більш повільного спрацювання пластин, що мають багат шарові покриття. При малих швидкостях різання стійкість пластин із покриттям у 3 шари та 7 шарів (при швидкості різання від 27 до 30 м/хв. практично не відрізняється).

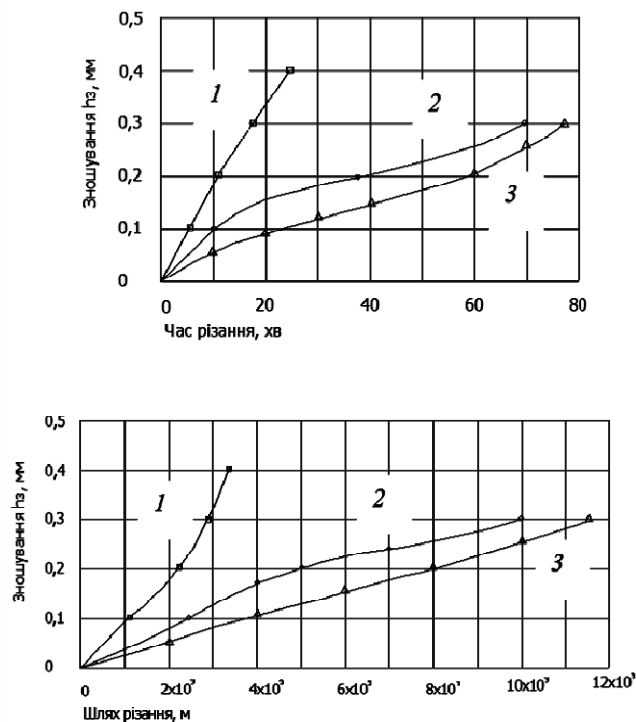


Рисунок 4.2 – Залежність величини зношування задньої поверхні твердосплавних пластин Т5К10 від часу та пройденого шляху: 1 – пластини без покриття, 2- пластини із тришаровим покриттям; 3 – пластини із семишаровим покриттям [14].

«Для знаходження оптимального режиму нанесення зносостійкого багатошарового покриття пластинки твердосплавні випробовувались на витримування при точінні сталі 45(НВ255) на верстаті 16К20 при швидкостях від 27 до 86 м/хв., із глибиною різання 2,5 мм та подачею 0,5 мм/об» [14].

Результати досліджень приведені на рис. 4.3 .

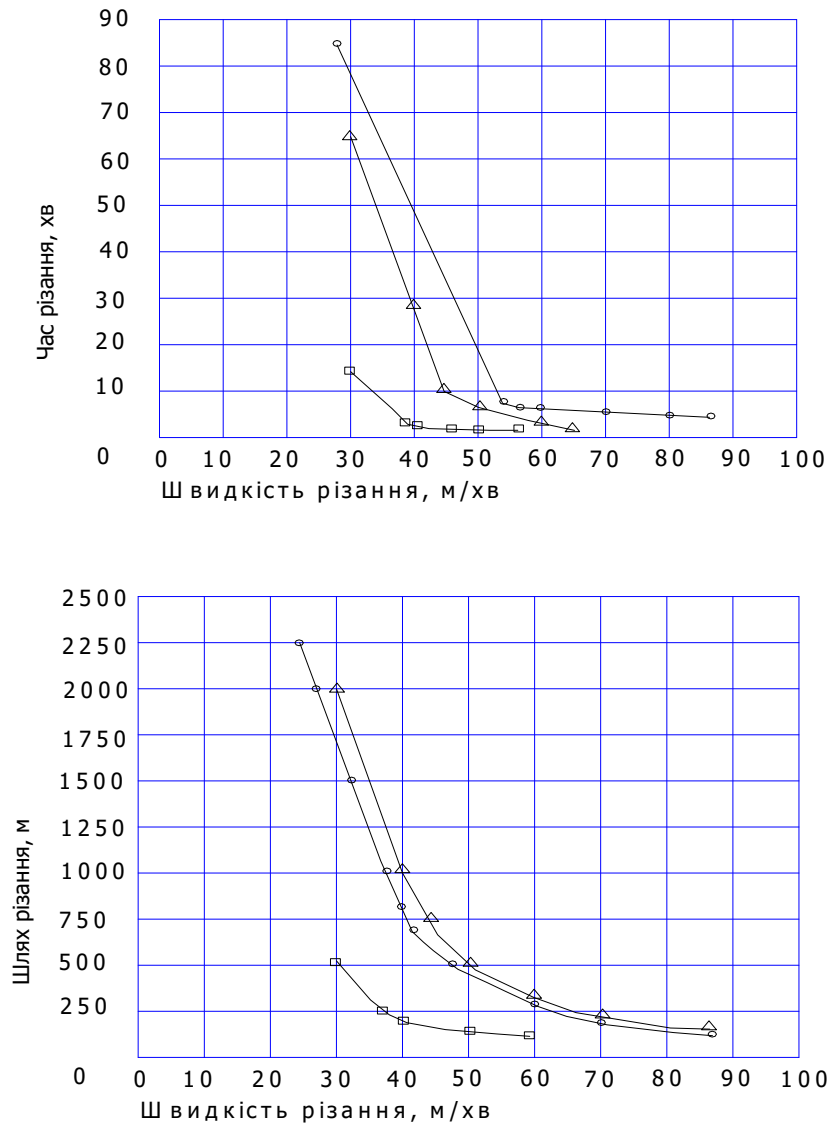


Рисунок 4.3 – Вплив швидкості різання на ресурс твердосплавних непереточуваних пластинок Т5К10 при точінні сталі 45 (НВ 255): □- пластини без покриття, ○- пластинки із тришаровим покриттям; Δ – пластинки із семишаровим покриттям [14].

«Дослідження вказують, що у заданих умовах виготовлення пластинки без покриття практично являються непридатними при швидкостях різання більше ніж 40 м/хв. Стійкість пластинок, що мають покриття, є значно вищою.

На рис. 4.4 наведені коефіцієнти зростання ресурсу пластинок із багат шаровими покриттями; встановлено, що для всього діапазону досліджень стійкість пластинок, що мають багат шарові покриття у 3 – 5 разів є більшою за шляхом різання та в 3,5 – 6 разів більшою згідно часу роботи у порівнянні із пластинками без покриття.

Пластинки, що мають із три шаровим покриттям характеризуються більш високою стійкістю (до 4 – 6 разів) за пройденим шляхом різання у порівнянні з пластинкам, на яких нанесене семи шарове покриття; в той же час за часом різання щодо зношування кращу стійкість мають пластинки з семи шаровим покриттям» [14].

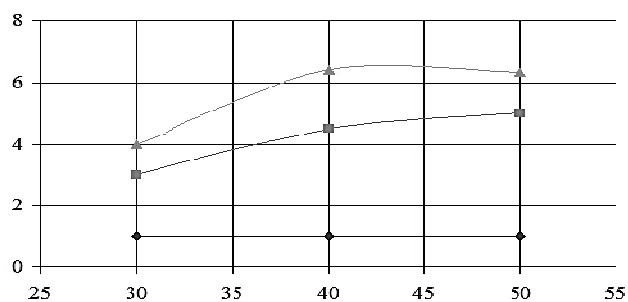
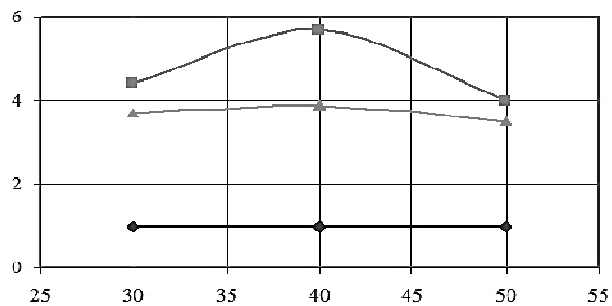


Рисунок 4.4 – Коефіцієнти збільшення стійкості пластин: 0- пластини без покриття, □- пластини із тришаровим покриттям; Δ – пластини із семишаровим покриттям [14]

«В умовах високих навантажень, що діють на різальну кромку, значні переваги при виробництві різальних інструментів також забезпечують наноструктуровані покриття. Ультрадисперсні матеріали із збільшеною площею міжзеренних кордонів дають більш збалансоване співвідношення між твердістю, що надає визначальний позитивний вплив на спрацювання і міцність матеріалу

У наноструктурованих матеріалах із розмірами зерен менше  $d < 80...100$  нм проявляється дещо інший механізм руйнування. Для цих матеріалів вирішальною причиною руйнування є процеси на кордонах поміж зернами, що відноситься до значно меншої кількості атомів у зернах у порівнянні з їх числом на границях. Матеріал покриття у нанорозмірних зернах являється фактично ідеальним. Руйнування зерен унаслідок дислокацій майже не зустрічається, а коли вони виникають, то дуже ефективно та швидко гальмуються на границях зерен. У наноматеріалах також існує перешкодження розгалуженню та руху тріщин унаслідок зміцнення границь зерен» [14].

Покриття DLC (Diamond Like Coatings) також по структурі відносяться до класу PVD, але мають суттєві відмінності. Отримані вуглецеві наноплівки мають характеристики, що є близькими за властивостями до характеристик алмазу. Такі покриття характеризуються дуже високою абразивною зносостійкістю, що переважає до 50 разів усі інші види покриття. Але їх температурна витривалість та стабільність щодо окислення обмежується значеннями 300 °C, що у більшості випадків являється недостатнім для оброблення матеріалів, за виключенням оброблення легких сплавів – силуміну та алюмінію.

Сучасні світові напрямки виробництва різальних інструментів направлені на розроблення та впровадження нових марок інструментальних різальних матеріалів; широке впровадження зносостійких покриттів; розроблення сучасних та удосконалення наявних конструкцій, устаткування, технологій виробництва інструментів; також забезпечується хороша зносостійкість, висока якість оброблення, великий строк служби інструменту.

## 5 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 5.1 Характеристики розробленого технологічного процесу

Технологічний процес, що розробляється, має відповідати всім нормам та правилам з охорони праці. Насамперед правилам, що розповсюджуються на всі галузі економіки; нормам та правилам, що поширюються на кілька галузей; окремі галузеві правила, що поширюються на окремі галузі.

Важливе місце серед норм має система стандартів з безпеки праці, що представляє собою комплекс правил, що направлені на встановлення нешкідливих умов праці.

Технологічний процес виробництва складається із процесів отримання заготовки, операцій механічної обробки на металорізальних верстатах, контроль браку, транспортних та складських операцій.

На верстатах діє цілий ряд шкідливих та небезпечних факторів:

- підвищена чи понижена щодо нормативних правил температура, нагрів поверхонь обробки, висока вологість, переміщення повітря; підвищений та високий рівень шуму; збільшений рівень вібрацій; погана освітленість зони роботи; заготовки, вироби та матеріали, що рухаються в зоні.

У процесі різання металу він може нагріватись до значних температур (200° -600°); велика частина теплоти (50-80%) відводиться за рахунок стружки, але при постійній дії інструменту на заготовку, вона може нагріватись до високих температур, що при короткочасній дії може травмувати робітників, спричинивши опіки.

Для запобігання травмуванню та отримання термічних травм, необхідно використовувати спеціальні пристрої для перевезення оброблених деталей та використовувати мастильно-охолоджуючі рідини (МОР).

«Цех, у якому розміщені верстати, відноситься до II класу електронезбезпечних приміщень із підвищеною небезпекою, що характеризується присутністю у них однієї з умов, що продукують підвищену

небезпеку: струмопровіднийпил, струмопровідні підлоги - металеві, залізобетонні, цегляні, земляні , і т.п.; вогкість, висока температура;можливість одночасного дотику людини до з'єднаних з землею металоконструкцій, технологічних апаратів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання -- з іншого.

У цеху застосовуються наступні заходи захисту від враження електричним струмом: недоступність всіх струмоведучих частин відневмисного дотику, всі струмоведучі деталі та вузли повинні бути ізольовані та захищені.

Недоступність струмоведучих частин досягається шляхом їх перевіреної ізоляції, використанням захисних огорожень, таких, як кожухи, кришки, сітки і т.п.,; розміщення струмоведучих елементів на недоступній висоті» [15].

Металорізальні верстати та устаткування повинні бути оснащені заземлювачами.

Захисне заземлення чи занулення маєубезпечувати захист робітників від ураження електричним струмом при контакті з металевими неструмоведучих частинами, що можуть попасти під напругуу результаті пошкодження ізоляції.

Величина  $R_{\text{заз.}} < 4 \text{ Ом}$ , також має бути витримана безпечна напруги та безпечна величини струму для людини:  $U = 36 \text{ В}$ ,  $I = 0.1 \text{ А}$ .

Засобами індивідуального захисту від ураження електричним струмом є інструменти з ручками з ізолюючого матеріалу, спеціальні рукавички і взуття, а також доріжки і килимки.

При організації робочого місця верстатників необхідно передбачити [15]:

- Найбільш ефективне та ощадне використання виробничої площі та зменшення шляхів рухів працівника під час транспортування деталі;

- Оптимальне розміщення устаткування та оснащення відповідно до порядку технологічного процесу.

- Металорізальне устаткування: верстати, печі, преси та інше, мають бути розміщені на міцних підкладках або фундаментах. Також допускається розміщення верстатів на віброопорах.

- Всі кришки, що можуть зніматися, повинні мати запобіжники, що запобігають їх відкриванню під час роботи обладнання.

- Огородження, що можуть відкриватися під час роботи обладнання, мають бути заблоковані з пуском на верстаті.

- Виступаючі частини валів та вісей, що обертаються, мають бути захищеними глухими кожухами.

- Всі верстати мають бути оснащені екранами, що уберігають робітників від стружки, що може вилітати із зони різання та бризок мастильно-охолоджуючої рідини.

- Конструкція всіх пристроїв для затиску деталей, що обробляються та інструменту повинна забезпечувати затиск інструмента, та виключати самовільний розтиск його під час роботи.

- огороження небезпечних областей ( рухомі елементи верстатів і механізмів, різальні інструменти, струмопровідні частини електроприладів; зони підвищених температур і шкідливих виділень);

- використання запобіжних засобів, що забезпечують від перевантаження верстата, від переходу рухомих частин верстата за встановлені границі, від випадкового підвищення або падіння тиску або електричного напруження;

Для кожного працівника зорганізується зручне робоче місце, що не обмежує його дії під час виконання роботи.

Розміщення верстатів виключає можливість перебування працівників у небезпечній зоні, також воно повинне бути безпечним також і для осіб, які можуть знаходитись в зоні небезпеки.

Відстані між окремими верстатами, відстані від верстатів до колон та стін приміщення, а також будь-яка ширина цехових проходів і проїздів повинні відповідати встановленим нормам.

## 5.2 Розрахунок заземлення

Проектуємо пристрій для виконання захисного заземлення обладнання, що включений у електричну мережу напругою 380 В.

«Заземлення представляє собою вертикальні електроди довжиною  $l$ , що заглиблені у землю на відстань  $L$  та між собою сполучені половою із сталі шириною  $B$  (рис. 5.2)»[15].

Для електродів вертикальних використовуються сталеві труби діаметром  $d$ . Відстань від рівня землі до верхньої границі вертикального електрода  $t_0$ , становить  $K$ .

Необхідно знайти необхідну кількість електродів вертикальних, які необхідні для здійснення заземлення та визначити його загальний опір.

Вихідні дані:

- питомий електричний опір ґрунту  $\rho = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  ;  $l = 3,0 \text{ м}$  ;  $d = 0,050 \text{ м}$  ;
- $t_0 = 0,6 \text{ м}$  ;  $K = 2$  ;  $B = 0,06 \text{ м}$  ;
- спосіб розміщення електродів вертикальних - в ряд.

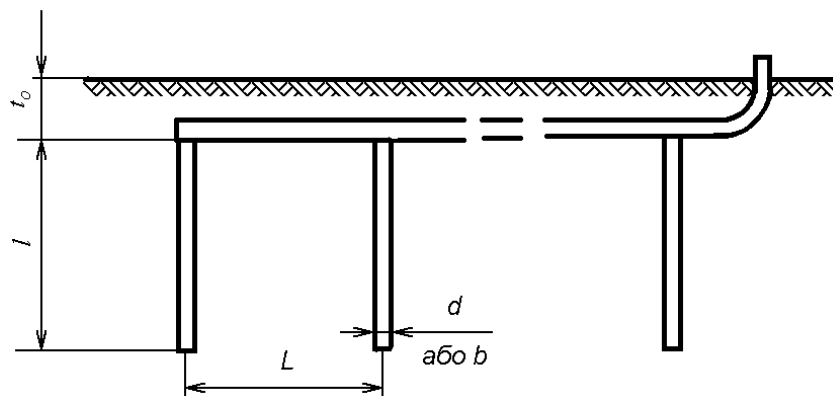


Рисунок 5.1 - Схема заземлювального пристрою

Розв'язок:

1). Встановлюємо відстань від краю землі до середини вертикального заземлювача

$$t = t_0 + l/2,$$

$$t = 0,6 + 3,0/2 = 2,1 \text{ м}.$$

2). Знаходимо значення опору розтікання струму заземлювача , що допустиме  $R_{дон} = 4 \text{ Ом}$ .

3 Визначаємо опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача (для сталевій труби діаметром  $d$ ,  $d = 0,95b$ )[15]:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (5.1)$$

де  $\rho$  - питомий електричний опір ґрунту, для піску  $\rho = 150$  Ом·м,

$$R_B = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,0} \left( \ln \frac{2 \cdot 3,0}{0,050} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3,0}{4 \cdot 2,1 - 3,0} \right) = 41,1 \text{ Ом.}$$

4). Визначаємо для першого наближення належну кількість вертикальних електродів:

$$n_B = \frac{R_B}{R_{дон}}, \quad (5.2)$$

$$n_B = \frac{41,1}{4} = 10,27, \text{ приймаємо для першого наближенні 11 електродів.}$$

5). Знаходимо коефіцієнт вживання вертикального електрода з таблиці коефіцієнтів вживання вертикальних електродів  $\eta_B = 0,74$ .

6). Знаходимо кількість вертикальних електродів з урахуванням коефіцієнту вживання

$$n_B = \frac{R_B}{R_{дон} \cdot \eta_B}, \quad (5.3)$$

$$n_B = \frac{41,1}{4 \cdot 0,74} = 13,885 \approx 14 \text{ шт.}$$

7). Знаходимо відстань між електродами із співвідношення  $K = \frac{L}{l}$ ,

$$L = K \cdot l = 2 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ м}$$

8). Розраховуємо довжину горизонтальної полоси:

$$L_{III} = 1,05 \cdot K \cdot l \cdot n,$$

$$L_{III} = 1,05 \cdot 2 \cdot 3,0 \cdot 14 = 88,2 \text{ м.}$$

9). Розраховуємо опір розтікання струму горизонтальної полоси як одинокого горизонтального заземлювача (для полоси шириною  $B d = 0,5B$ ):

$$R_{ш} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}, \quad (5.3)$$

$$t = t_0 + d/2 = 0,6 + 0,5 \cdot 0,06/2 = 0,615 \text{ м},$$

$$R_{ш} = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 88,2} \cdot \ln \frac{88,2^2}{0,5 \cdot 0,06 \cdot 0,615} = 3,51 \text{ Ом}.$$

10). Визначаємо коефіцієнт використання горизонтальної полоси:  $n_{ш} = 0,75$ .

11). Визначаємо опір розтікання струму всього заземлювача [15]:

$$R = \frac{R_B \cdot R_{ш}}{R_B \cdot \eta_{ш} + R_{ш} \cdot n \cdot \eta_B}, \quad (5.4)$$

$$R = \frac{41,1 \cdot 3,51}{41,1 \cdot 0,75 + 3,51 \cdot 14 \cdot 0,74} = 2,147 \text{ Ом}.$$

12). Перевіряємо виконання умови  $3,2 \leq R \leq 4 \text{ Ом}$ , маємо  $3,2 \geq 2,147 \text{ Ом}$ , отже оскільки опір розтікання струму нижче допустимого опору - необхідно зменшити кількість вертикальних електродів. Зменшуємо кількість електродів на 50%:

$$n_B = 14 - 0,5 \cdot 14 = 7 \text{ шт.}, \text{ і проводимо перерахунок.}$$

Вибираємо коефіцієнт використання вертикального електрода з таблиці коефіцієнтів використання вертикальних електродів  $n_B = 0,77$ .

Визначаємо кількість вертикальних електродів з врахуванням коефіцієнту вживання:  $n_B = \frac{7}{0,77} = 9,09 \approx 9 \text{ шт.}$

$$\text{Визначаємо відстань між електродами } L = K \cdot l = 2 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ м}$$

Розраховуємо довжину горизонтальної штаби:

$$L_{ш} = 1,05 \cdot 2 \cdot 3,0 \cdot 9 = 56,7 \text{ м}.$$

Визначаємо опір розтікання струму горизонтальної полоси як одинокого горизонтального заземлювача:

$$R_{III} = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 56,7} \cdot \ln \frac{56,7^2}{0,5 \cdot 0,06 \cdot 0,615} = 5,08 \text{ Ом.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтальної полоси :  $n_{III} = 0,84$ .

Визначаємо опір розтікання струму всього заземлювача:

$$R = \frac{41,1 \cdot 5,08}{41,1 \cdot 0,84 + 5,08 \cdot 7 \cdot 0,74} = 3,43 \text{ Ом.}$$

Висновок: Так як при кількості електродів 7 шт. опір входить в допустимі границі ( $3,2 \leq 3,43 \leq 4 \text{ Ом}$ ) заземлення розраховано правильно.

## **Висновки**

В дипломному проєкті «Удосконалення технології виготовлення деталі «Вал КМ.419000.323» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS. (США) » виконано аналіз технологічності конструкції деталі, запропоновані зміни до технологічного процесу обробки деталі на базі використання високопродуктивних верстатів з ЧПК фірми HAAS.

Виконано визначення припусків на механічну обробку аналітичним та табличним методами.

Розраховані режими різання на основні переходи обробки поверхонь деталі на основі програм аналітичним та табличним методами, визначені технічні норми часу; спроектовані технологічні операції із технологічного маршруту.

Спроектовані механізований верстатний пристрій для обробки пазу та для свердлування отвору, виконані розрахунки на точність оброблення, вибрані установочні елементи, розраховано силовий привід пристроїв.

Спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій та різальний інструмент.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1.Технология машиностроения /А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М.Колесов и др.. М.: Машиностроение, 1966. – 480 с.
- 2.Справочник металлиста. Т.2/Под ред. А.Г.Рахштедта и В.А.Бромстрема. - М.:Машиностроение, 1976. – 720 с.
- 3.Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1983. – 256 с.
- 4.Балабанов А.Н. Краткий справочник машиностроителя, - М.: Машиностроение, 1992. – 464 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.
7. Режимы резания металлов. Справочник/Под. ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
8. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении, - М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
- 10.Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1979. – 464 с.
- 11.Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
- 12.Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
- 13.Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство.- М.:Машиностроение.1974.-136 с.

14. Серків П.А. Використання зносостійких покриттів для твердосплавних пластин. Різальний інструмент. №2. 2001. С.56-64.

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