

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КІНЦЕВИХ ФРЕЗ**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМз-41

Панасюк Назар Романович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. РЕДЬКО

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Панасюку Назару Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Вдосконалення технологічного процесу виготовлення кінцевих фрез.*

Керівник роботи: *Четвержук Тарас Іванович, к.т.н., доцент,*

затвержені наказом закладу вищої освіти від «28» грудня 2022 р., № 986/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу фрез, базове креслення інструменту, річна програма випуску 10000 шт/рік, базовий технологічний процес, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1 Загальна частина. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторська розділ. 4 Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А.1), КН – 1 лист (ф.А1), складальні креслення верстатних пристроїв - 1 лист (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1), приклад роботи спроектованих фрез на прикладі оброблення пуансона – 1 лист (ф.А2).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.03.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Техніко-економічне обґрунтування	14.03.23	
2.	Конструкторська частина	10.04.23	
3.	Технологічна частина	15.04.23	
4.	Охорона праці	20.04.23	
5.	Оформлення графічної частини	10.05.23	
6.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	20.05.23	
7.	Представлення роботи до захисту	30.05.23	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Панасюк Н.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Четвержук Т.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Панасюк Н.Р. Вдосконалення технологічного процесу виготовлення кінцевих фрез. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Випускна кваліфікаційна робота спрямована на вдосконалення технологічного процесу виготовлення монолітних твердосплавних кінцевих фрез малого діаметра з урахуванням досягнень науки та техніки.

В роботі проведено аналіз вихідних даних, на основі яких ґрунтується стратегія розробки технологічного процесу. Здійснено аналіз особливостей роботи кінцевих фрез з прикладу обробки пуансона. Ця особливість полягає у відмінності умов обробки на етапах проходження фрезою кутової ділянки. В результаті розроблено рекомендації щодо призначення режимів різання при фрезеруванні кутової ділянки пуансону.

Розроблено технологічний процес та операційна технологія на деякі операції. Розроблена технологія оснащена сучасними технологічними засобами такими як обладнання, верстатні пристрої, різальний інструмент, контрольні пристрої. На кожну операцію техпроцесу визначено режими обробки.

Надано рекомендації, щодо вирішення питань з охорони праці.

Ключові слова: фреза, технологічний процес, обробка, заготовка, деталь, режими різання, технологічна оснастка.

ABSTRACT

PANASIUK N.R. Improvement of the technological process of manufacturing end mills. Manuscript.

Bachelor's qualification work of EP «Applied Mechanics» specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

Graduation qualification work is aimed at improving the technological process of manufacturing monolithic carbide end mills of small diameter, taking into account the achievements of science and technology.

In the paper analyzes the initial data, on the basis of which the strategy for the development of the technological process is based. An analysis of the features of end mills was carried out based on the example of punch processing. This feature consists in the difference in the processing conditions at the stages of passing the corner section with a milling cutter. As a result, recommendations were developed regarding the designation of cutting modes when milling the corner section of the punch.

The technological process and operational technology for some operations have been developed. The developed technology is equipped with modern technological means such as equipment, machine tools, cutting tools, control devices. Processing modes are defined for each technical process operation.

Recommendations are provided for solving labor protection issues.

Key words: cutter, technological process, processing, workpiece, detail, cutting modes, technological equipment.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Загальна частина.....	8
1.1. Области застосування кінцевих фрез.....	8
1.2. Класифікація поверхонь різального інструменту.....	10
1.3. Особливості роботи кінцевих фрез на прикладі оброблення пуансона	10
РОЗДІЛ 2. Технологічний розділ.....	19
2.1. Вибір та проектування заготовки	19
2.2. Розробка технологічного маршруту обробки.....	21
2.3. Вибір засобів технологічного оснащення.....	22
2.3.1. Вибір металообробного обладнання	22
2.3.2. Вибір різального інструменту.....	22
2.3.3. Вибір засобів контролю.....	23
2.4. Розрахунок режимів різання для усіх операцій технологічного процесу	25
РОЗДІЛ 3. Конструкторський розділ.....	31
3.1. Проектування верстатного пристосування.....	31
3.2. Розрахунок патрона.....	33
РОЗДІЛ 4. Охорона праці	35
4.1. Технологічний паспорт технічного об'єкту.....	35
4.2. Ідентифікація професійних виробничих ризиків.....	35
4.3. Заходи спрямовані на зниження рівня небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	36
4.4. Забезпечення пожежної та техногенної безпеки технічного об'єкта, що розглядається (виробничо-технологічних експлуатаційних та утилізаційних процесів).....	37
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42
ДОДАТКИ	45

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Нинішній етап розвитку машинобудування характеризується тим, що: оновлення моделей продукції повинна відбуватися в 3 ... 5 років; у конструкціях механізмів для зменшення маси збільшується кількість деталей з алюмінію та пластмас. Для виготовлення деталей із названих матеріалів потрібні прес-форми, кокілі, штампи і т. п.

Ця закономірність диктує необхідність розвитку виробничих підрозділів, які займаються виготовленням прес-форм, штампів, пуансонів та кокілів. Водночас постає завдання підвищення продуктивності обробки та підвищення якості елементів прес-форм. Робочі деталі штампів, прес-форм, пуансонів та іншого оснащення виготовляються або з чавуну з подальшою термообробкою, або з легованої сталі так само з наступною термообробкою.

Обробка по контуру елементів штампів, пуансонів та прес-форм зазвичай проводиться на багатоцільових верстатах з ЧПУ.

Фінішні операції в технології обробки робочих поверхонь – операція ручного доведення контуру до заданої точності з подальшим поліруванням. Ця операція дуже трудомістка. Час доведення та полірування залежить від точності контурного фрезерування та отриманої шорсткості – чим точніше фрезерований контур і нижча шорсткість поверхні, тим менша трудоємність доведення та полірування.

Досвід передових машинобудівних фірм-виробників говорить про те, що для підвищення точності і якості оброблених деталей напівчистову обробку слід проводити монолітними кінцевими твердосплавними фрезами зі швидкістю різання більше 300 м/хв, що при діаметрі фрези 10 мм відповідає частоті 10000 об/хв. У нинішніх умовах обробка ведеться або дорогим імпортом інструментом, або, найчастіше, фрезами зі швидкоріжучої сталі зі швидкістю менше 100 м/хв.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідне підвищення швидкості різання часто веде за собою необхідність модернізації вузлів головного руху та шпинделя, так як верстати з числовим програмним управлінням 3-го та 4-го поколінь мають максимальну частоту обертання не більше 3000 об/хв, що відповідає швидкості різання при діаметрі фрези рівним 10 мм, близько 80 м/хв. Метою даної випускної кваліфікаційної роботи є розробка технології виготовлення твердосплавних кінцевих фрез малого діаметра замість покупних імпорتنих аналогів.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Области застосування кінцевих фрез.

Кінцеві фрези – це інструменти, що відрізняються широкими технологічними можливостями. Їх використовують для обробки вертикальних плоских та фасонних поверхонь, різноманітних пазів. Особливо технологічні кінцеві фрези, які мають ріжучі зубці не тільки на периферії, а й на торці. Така фреза може працювати з осьюовою подачею, врізаючись у суцільний матеріал. Наприклад, при обробці глибоких пазів складної конфігурації, вікон, заглиблень та інших елементів заготовок. У зв'язку з цим кінцеві фрези є одним з основних інструментів для верстатів з числовим програмним управлінням при обробці комплексів поверхонь без зміни інструменту.

При обробці заготовок з важкооброблюваних матеріалів, використовують кінцеві фрези діаметром 3-18 мм, виготовлені повністю з твердих сплавів. Такі фрези мають стійкість приблизно в 10 разів більшу ніж швидкорізальні. Їх виготовляють зі сплавів марок ВК6, ВК6М, ВК8, ВК15, Т5К10, Т15К6 і застосовують для обробки жароміцних, кислототривких та інших високоміцних сталей і сплавів [6, 10, 19].

На машинобудівних виробництвах для встановлення та закріплення осьового інструменту (фрез, свердл, розверток і т.п.) у технологічному обладнанні та пристосуваннях мають широке застосування конічні хвостовики. Зокрема, для таких інструментів як кінцеві фрези. Кінцева фреза – це металорізальний інструмент циліндричної форми з різальними гранями, розташованими з торця та на циліндричній поверхні [8, 21], як показано на рисунку 1.1. Кінцеві фрези встановлюються у фрезерних верстатах і застосовуються для обробки площин, пазів та уступів.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Фрези кінцеві

Найбільш поширені конічні хвостовики інструменту: Конус Морзе, конус метричний, конус 7:24. Ці хвостовики забезпечують хороше центрування інструменту, але є досить надійними, оскільки існує можливість провертання інструменту у пристосуванні під впливом сил різання [12].

Інструмент не провертається у шпинделі верстата, якщо виконується умова:

$$M_T > M_{кр.}, \quad (1.1)$$

де: M_T – момент тертя, Н·м, $M_{кр.}$ – крутний момент, Н·м.

Якщо момент тертя менше крутного моменту, тоді існує можливість провертання ріжучого інструменту в шпинделі верстата при попаданні в зону різання включень підвищеної твердості. Для запобігання провертання інструмента в шпинделі рекомендовано використовувати конус Сарто як кріпильний елемент ріжучого інструменту.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кокілів, штампів і пуансонів. На закордонних підприємствах вже давно перейшли на твердосплавний інструмент, який практично повністю замінив швидкорізальний, у зв'язку з такими перевагами:

- підвищення продуктивності праці у зв'язку з різким зростанням швидкостей різання (до 800 м/хв);
- помітне збільшення стійкості інструменту (до 25 разів), що значно знизить витрати на ріжучий інструмент;
- можливе виключення з процесу фрезерування мастильно-охолоджувальної рідини, що покращить екологічну обстановку робочого місця.

Для кінцевих фрез рекомендується збільшувати кут нахилу зубів (25 - 30°) та зменшувати їх число, збільшувати обсяг стружкової канавки.

У ході виконаної роботи буде спроектовано конструкції кінцевих фрез із твердого сплаву ВК6. Значення основних кутів заточування клину у твердосплавних фрез відрізняються від фрез зі швидкорізальної сталі.

Існують кілька типів кінцевих фрез: з плоским торцем і із закругленим торцем. Також у таких фрез можуть бути різні стружкові канавки: спіральні (гвинтові) та прямі. Спіральні стружкові канавки за своїми якостями проявляють себе краще, ніж прямі, але при малому діаметрі фрез виготовлення спіральних канавок є складним технологічним завданням.

Відмінною особливістю спроектованих фрез від використовуваних є перекритий зуб на торці фрези із закругленим торцем. Це робиться для можливості врізання такого інструменту, так як при звичайному виготовленні таких фрез у точці вершини торця швидкість дорівнює нулю.

Одним із основних процесів механічного оброблення деталей є фрезерування. Це досить складний, недостатньо вивчений процес, найменш розвинутим напрямом його є обробка кінцевими фрезами. Це сучасний підхід, що дозволяє обробляти складні поверхні.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із пріоритетних напрямків є обробка прес-форм, пуансонів та штампів. При цьому найбільша увага приділяється обробці кутових ділянок, оскільки значно збільшується навантаження на інструмент. Це пов'язано зі значним збільшенням об'єму матеріалу, що знімається, навантажень на фрезу, зношенням інструменту, погіршенням якості оброблюваного виробу, зменшенням точності обробки. На рисунку 1.3 показано схему обробки радіусного кута фрезою з припуском на обробку t .

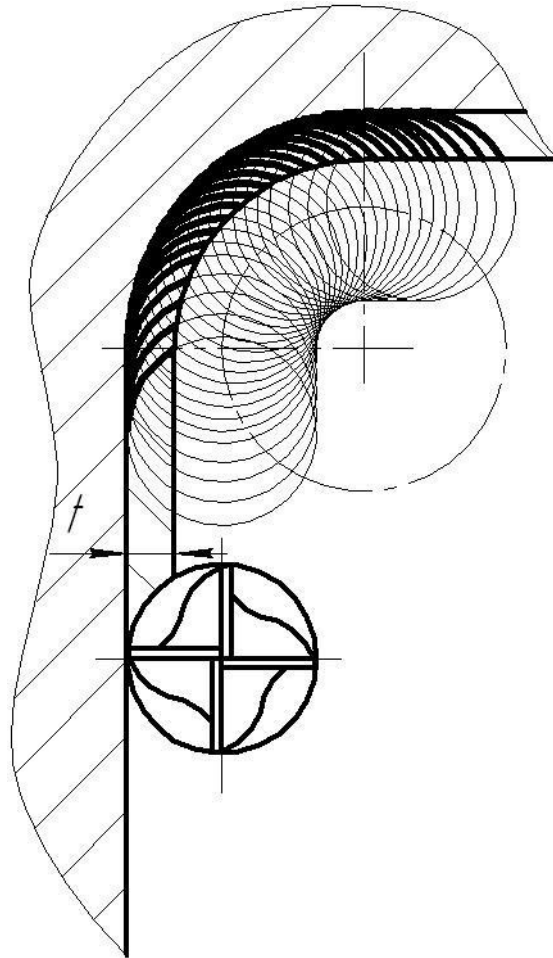


Рисунок 1.3 – Схема фрезерування

У процесі обробки пуансона виділяються чотири різні режими роботи інструменту:

- 1) обробка прямолінійної ділянки;
- 2) захід фрези у кут;
- 3) обробка кутової ділянки;

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

4) вихід із кутової ділянки.

При заходженні фрези у кутову ділянку значно збільшується площа контакту інструменту та заготовки. Це впливає на зношення інструменту та режим фрезерування.

На вітчизняних підприємствах (ТОВ «Бас Мотор») при обробці такого роду деталей обробка ведеться в одному режимі, це істотно збільшує час обробки або призводить до сильного зносу інструменту при обробці «кутів». Було поставлено завдання вивчити та описати цей процес для того, щоб надалі розробити рекомендації для визначення режимів різання.

На рисунку 1.4 показана схема проекції площі контакту фрези з оброблюваним виробом на площину XOY .

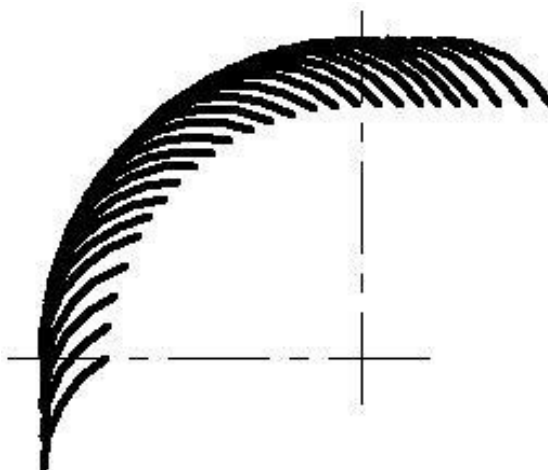


Рисунок 1.4 – Схема проекцій площі контакту фрези із заготовкою на площину XOY .

Результати вимірювання довжин проекцій площі контакту при обробці фрезою з діаметром 20 мм. при проходженні кута з радіусом 25 з кроком переміщень по осі X , а потім по осі Y , 2 мм і рухом по окружності обробки з кроком 5° були занесені в таблицю 1.1.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.1 – Результати вимірювання довжин проекції площі контакту фрези з оброблюваним виробом на вісь Y з кроком лінійного переміщення центру фрези 2 мм та кроком кутового переміщення 5°.

Довжина контакту	Номер точки	Довжина контакту	Номер точки
10.471976	1	13.181161	14
10.650623	2	13.181161	15
11.190051	3	13.181161	16
12.014474	4	13.181161	17
13.181161	5	13.119296	18
13.181161	6	12.882322	19
13.181161	7	12.489003	20
13.181161	8	11.952106	21
13.181161	9	11.278604	22
13.181161	10	10.471976	23

На рисунку 1.5 показаний графік залежності величини контакту ріжучої частини фрези L від переміщення по еквідистанті.

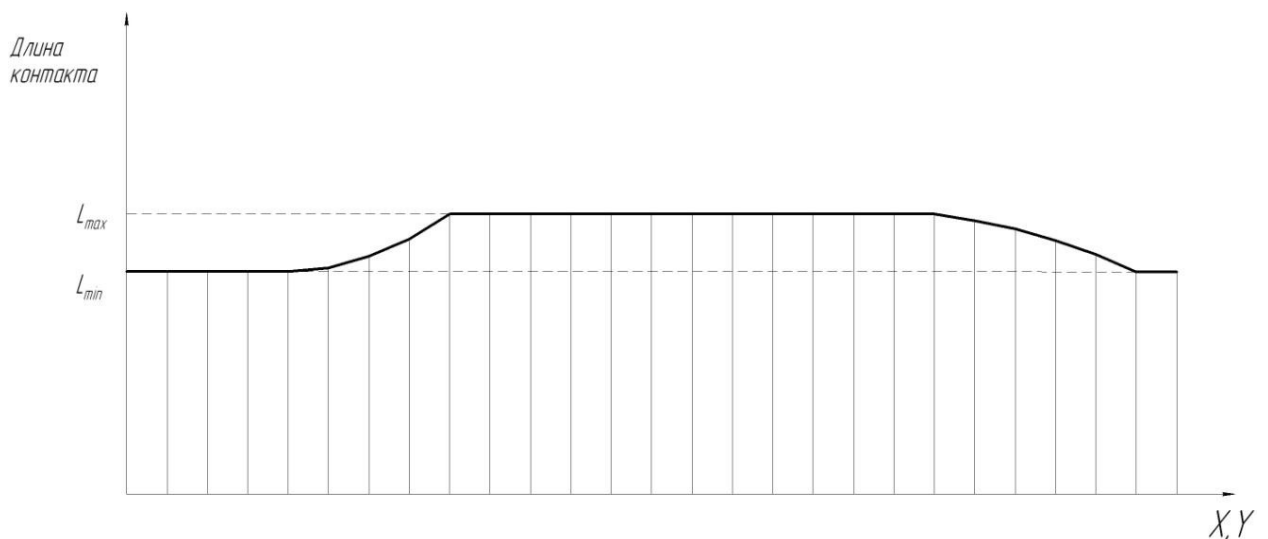


Рисунок 1.4 – Графік залежності величини контакту різальної частини фрези з поверхнею, що обробляється від переміщення по еквідистанті.

З дослідження видно, що величина проекції площі контакту при проходженні кутової ділянки збільшується майже на 26%. У зв'язку з цим перед інженерами стоїть завдання в автоматизованому управлінні процесом з метою підвищення стійкості інструменту та якості обробки.

Необхідна оптимізація різання у цих складних умовах за кількома параметрами одночасно. Одним із головних параметрів оптимізації є подача на зуб інструменту, який необхідно коригувати при змінах навантажень на інструмент у процесі обробки.

Визначимо залежність зрізуваного припуску від діаметра фрези при обробці прямолінійної ділянки рис. 1.5.

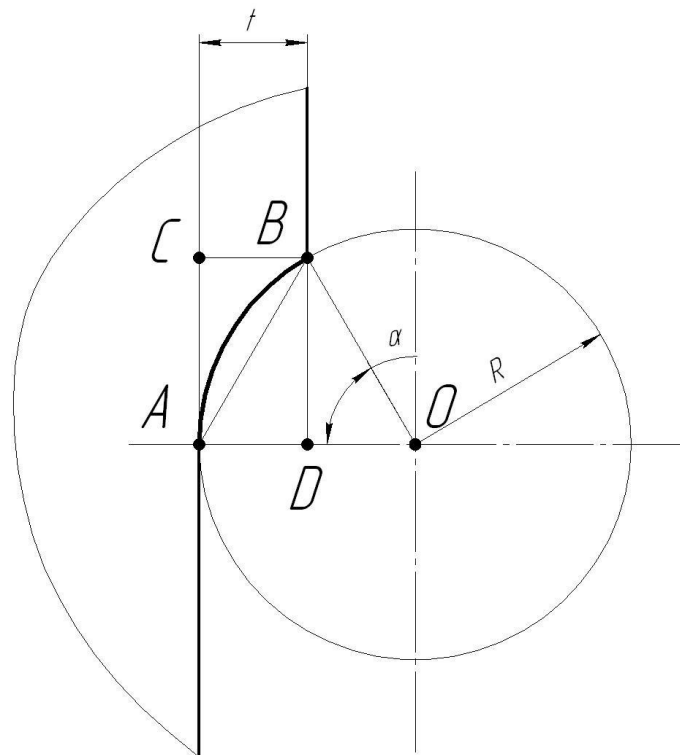


Рисунок 1.5 – Схема обробки прямолінійної ділянки пуансона кінцевої фрезою діаметром R з припуском t

Із рисунка видно, що $OD = OA - AD = R - t$.

З трикутника $\triangle OBD$:

$$\cos \alpha = \frac{OD}{OB} = \frac{R-t}{R}, \quad (1.1)$$

Довжина дуги AB дорівнює:

$$s_{AB} = \pi \cdot \alpha = R \cdot \arccos \frac{R-t}{R}, \quad (1.2)$$

Більш складна ситуація при обробці кутової ділянки (рисунок 1.6).

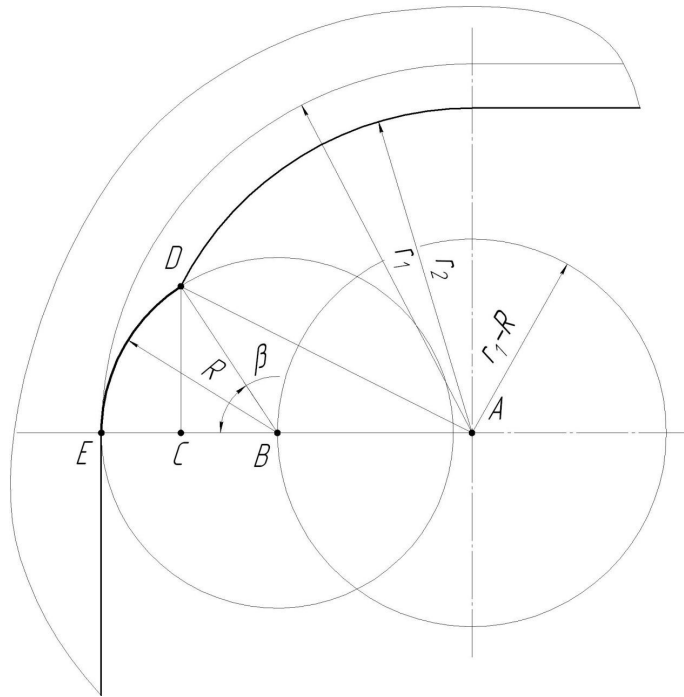


Рисунок 1.6 – Схема обробки радіусної ділянки пуансону.

З прямокутного трикутника ΔACD :

$$CD^2 = AD^2 - AC^2 = r_2^2 - AC^2.$$

З прямокутного трикутника ΔBCD :

$$CD^2 = BD^2 - BC^2.$$

Розв'язавши систему рівнянь, отримаємо:

$$r_2^2 - AC^2 = BD^2 - BC^2 \quad (1.3)$$

Очевидно, що

$$BC = AC - AB.$$

З рисунка видно, що

$$AB = AE - BE = r_1 - R,$$

Звідси:

$$BC = AC - r_1 + R. \quad (1.4)$$

Підставивши (1.4) в (1.3) отримаємо:

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$r_2^2 - AC^2 = BD^2 - 2 \cdot AC \cdot (r_1 - R)^2$$

$$r_2^2 - AC^2 = R^2 - AC^2 + 2 \cdot AC \cdot (r_1 - R) - (r_1 - R)^2$$

Звідси:

$$AC = r_1^2 = \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot R}{2(r_1 - R)}, \quad (1.5)$$

$$BC = AC - AB = AC - r_1 + R = r_1^2 = \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot R}{2(r_1 - R)} - r_1 + R = \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot R - 2}{2(r_1 - R)}, \quad (1.6)$$

З прямокутного трикутника ΔBCD :

$$\cos \beta = \frac{BC}{BD} = \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot R - 2}{2R(r_1 - R)}, \quad (1.7)$$

Звідси:

$$\cap ED = \beta \cdot R = R \cdot \arccos \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot R - 2}{2R(r_1 - R)}, \quad (1.8)$$

Виходячи зі знайденого, отримаємо формулу для визначення коефіцієнта зменшення частоти обертання фрези k при переході від фрезерування прямолінійної ділянки до кутової:

$$k = \beta \cdot R = \frac{R \cdot \arccos \left(\frac{R-t}{R} \right)}{\arccos \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot R - 2}{2R(r_1 - R)}}, \quad (1.9)$$

Мало досліджено питання про зв'язок між параметрами обробки та величиною векторва віджимання фрези. Важливо контролювати віджимання так, щоб вектор його наближався до вектору подачі. При хорошому наближенні це дає позитивний ефект: збільшується якість обробленої поверхні, зменшується зношування інструменту і так далі.

Отже, завдання роботи полягає в проектуванні конструкцій фрез, розробці технологічного процесу виготовлення такого інструменту, у підборі

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оснастки для кріплення таких кінцевих фрез на верстаті, розрахунку режимів різання для роботи такого монолітного інструменту.

Це завдання постало по-перше, через дороговартість такого роду імпортного інструменту, а по-друге, через неготовність виробництв вітчизняних фірм-виробників до впровадження цього виду інструменту.

Кінцева фреза має відносно просту конструктивну форму. При отриманні заготовки можна використовувати будь-які прогресивні методи. При виготовленні фрези технологічні поверхні забезпечують надійне встановлення та кріплення виробу, зручне підведення та відведення різального інструменту, можливість використання стандартних форм інструменту, зручність контролю всіх параметрів поверхонь деталі. В цілому деталь є технологічною, як при отриманні заготовки, так і при механічній обробці та контролі.

Для досягнення поставленої нами мети сформулюємо завдання, які будуть етапами її досягнення:

- 1) Розробити робочі креслення фрез з урахуванням імпортних аналогів.
- 2) Розробити технологічний процес виготовлення фрези.
- 3) Розрахувати деякі технологічні операції процесу виготовлення.
- 4) Оцінити небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Розробити заходи щодо їх зниження. Розробити заходи щодо зниження пожежної небезпеки.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір та проектування заготовки.

На вибір матеріалу впливають тип інструменту, його призначення, розміри та умови роботи; технологія виготовлення інструментів.

Оброблюваність залежить в основному від хімічного складу, твердості, механічних властивостей (міцності, в'язкості, пластичності), мікроструктури та розмірів зерна, теплопровідності. На оброблюваність різанням насамперед впливають твердість та механічна міцність матеріалу, від яких переважно залежить швидкість різання.

Для виготовлення різального інструменту використовують заготовки, отримані методом спікання, та пластифіковані. Заготовки у вигляді стрижнів (для кінцевих фрез зокрема) виготовляють методами спікання [20, 21].

Виробники твердих сплавів випускають спресовані циліндричні неспечені заготовки із пластифікованого твердого сплаву. Пластифікатором служить парафін (до 7%). Пластифікованим заготовкам надається відповідна форма механічною обробкою звичайним твердосплавним інструментом із збільшеними передніми та задніми кутами ($\gamma = 10 \dots 15^\circ$, $\alpha = 20 \dots 30^\circ$) при швидкості різання 50 ... 150 м/хв з невеликими подачами.

Заготовки при спіканні дають значну усадку. При розрахунку розмірів заготовки враховують відсоток усадки (20 - 30%) та величину припусків, що знімаються до та після спікання. Розміри заготовки можна визначити за такою формулою:

$$A_1 = (A \pm C) \cdot K \pm C_1, \quad (2.1)$$

де A_1 – розмір заготовки;

A – остаточний розмір інструменту (фрези);

C – сума припусків та допусків на операцію спікання;

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

C_I – сума припусків та допусків на операції до спікання.

В якості методу отримання заготовки вибираємо метод СВС-екструзії. Цей метод полягає в тому, що в камеру поміщаються порошок твердосплавного матеріалу і шихта. Потім методом горіння шихта випалюється і синтезується твердий сплав. Після цього матеріал видавлюється через матрицю (в даному випадку має круглу форму), нагріту до заданої температури із застосуванням графітового середовища.

В Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України для виготовлення такого виду інструменту використовується твердий сплав ВК6 [19].

У зв'язку з цим вибираємо в якості матеріалу для фрези твердий сплав ВК6. Вольфрамокобальтові сплави (група ВК) складаються з карбідів вольфраму і кобальту, який виконує роль зв'язки. Міцність цих сплавів зростає зі збільшенням вмісту кобальту. Тому для чорнової обробки застосовують сплави з високим вмістом кобальту. Але разом із цим зі збільшенням кількості кобальту знижується твердість та зносостійкість сплаву. Невисокий відсотковий вміст кобальту характерний для сплавів групи ВК, які використовуються для чистової обробки. У таблиці 2.1 представлений хімічний склад і властивості твердих сплавів типу ВК.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад та властивості твердих сплавів типу ВК

Марка твердого сплаву	Карбід вольфраму, %	Кобальт, %	Межа міцності при згинанні, кН/мм ²	Твердість, HRC
	Умовні позначення елементів у марці сплаву			
	В	К		
ВК3	97	3	110	89,0
ВК4	96	4	135	89,5
ВК6	94	6	145	88,5
ВК8	92	8	160	87,5

На чорнових операціях фрезерування серед вольфрамових сплавів найбільшого поширення набув сплав ВК8, що має високу міцність. Сплави ВК4 і ВК6, маючи меншу міцність, але значну зносостійкість, найбільш успішно працюють на напівчистових і чистових режимах.

Заготовка – це пруток круглого перерізу, який потім розрізається на окремі циліндри заданої довжини для кожної фрези.

2.2. Розробка технологічного маршруту обробки.

У зв'язку з проектуванням відносно нового для вітчизняного машинобудування інструменту постало завдання у розробці технологічного процесу виготовлення таких монолітних твердосплавних кінцевих фрез. Для розробки технологічного процесу обробки необхідно проаналізувати конструкцію, точність та якість обробки всіх поверхонь інструменту.

Систематизація поверхонь представлена на рисунку 2.1.

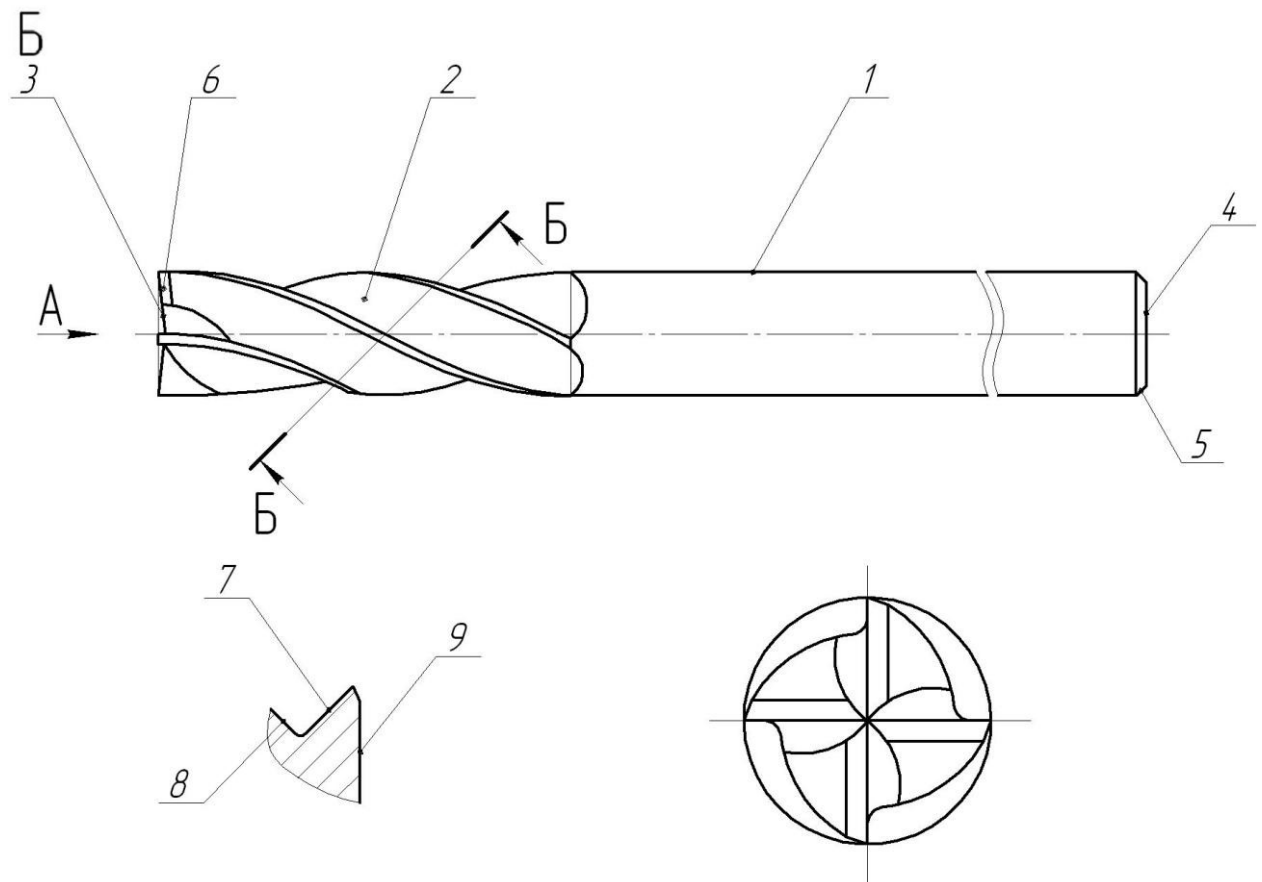


Рисунок 2.1. – Позначення поверхонь фрези.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Виконавчі поверхні – 3,6,7; основні конструкторські бази 1; допоміжні конструкторські бази 7, 8, 9; вільні поверхні 2, 4, 5.

На основі ескізу та аналізу поверхонь складемо технологічний маршрут обробки. Дані занесемо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технологічний маршрут обробки.

Номер операції	Назва операції	Номера оброблюваних поверхонь
000	Заготівельна	усі
005	Шліфувальна	1
010	Шліфувальна	2
015	Маркувальна	-
020	Шліфувальна	5
025	Шліфувальна	1
030	Шліфувальна	1
035	Заточувальна	3
040	Заточувальна	7,8
045	Заточувальна	6
050	Заточувальна	9
055	Шліфувальна	1
060	Іонно-імпульсне напилення	усі
065	Шліфувальна	усі

При виборі схем базування дотримуємося двох основних принципів базування – єдність та сталість баз [23]. Для правильної орієнтації інструменту щодо оброблюваної деталі майже на всіх операціях як основну установчу технологічну базу використовуємо поверхню 1.

2.3. Вибір засобів технологічного оснащення.

Відповідно до технологічного процесу виготовлення кінцевої твердосплавної фрези вибираємо засоби технологічного обладнання.

2.3.1. Вибір металообробного обладнання.

Так як тип виробництва середньосерійне (згідно завдання), то за обладнання вибираємо універсальні верстати, у тому числі з програмним

числовим управлінням. Результати вибору обладнання представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір технологічного устаткування.

Номер та назва операції	Устаткування
05 Шліфувальна	Безцентрово-шліфувальний верстат ВШ-727РМН
10 Шліфувальна	Шліфувальний верстат Walter CNC 50 з ЧПУ
15 Шліфувальна	Торце-круглошліфувальний верстат ХШ4-12
20 Шліфувальна	Безцентрово-шліфувальний верстат ВШ-727РМН
25 Шліфувальна	Безцентрово-шліфувальний верстат ВШ-727РМН
30 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
35 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
40 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
45 Шліфувальна	Безцентрово-шліфувальний верстат ВШ-727РМН
50 Контрольна	Контрольний стіл
55 Маркувальна	Маркувальний стіл
60 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
65 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
70 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
75 Заточувальна	Універсально-заточувальний верстат ЗА64ДФЗ
80 Хіміко-термічна	Спеціалізований комплекс обладнання для термічної обробки
85 Іонно-плазмова	Спеціалізований комплекс обладнання для т іонно-плазмова обробки
90 Мийна	Промивна машина
95 Контрольна	Контрольний стіл

2.3.2. Вибір різального інструменту.

Дані щодо вибору ріжучого інструменту вибираємо за ДСТУ [4], зводимо та вносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір різального інструменту.

Номер та назва операції	Різальний інструмент
05 Шліфувальна	Шліфувальний круг 1 100' 35' 76.2' 25AF16K6V 40м/с. 2 кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
10 Шліфувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
15 Шліфувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.

Продовження табл. 2.4

20 Шліфувальна	Шліфувальний круг 1 100' 35' 76.2' 25AF16K6V 40м/с. 2 кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
25 Шліфувальна	Шліфувальний круг 1 100' 35' 76.2' 25AF16K6V 40м/с. 2 кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
30 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
35 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
40 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
45 Шліфувальна	Шліфувальний круг 1 100' 35' 76.2' 25AF16K6V 40м/с. 2 кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
60 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
65 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
70 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.
75 Заточувальна	Шліфувальний круг 1 50' 20' 76.2' 25AF16K6V40м/с 2кл. ДСТУ ISO 603-4:2019.

2.3.3. Вибір засобів контролю.

Дані щодо вибору засобів контролю технологічних операцій зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір засобів контролю.

Номер та назва операції	Вимірювальний інструмент
05 Шліфувальна	1) Калібр-скоба ГОСТ 18355-73; 2) Шаблон ГОСТ 2534-79.
10 Шліфувальна	Пристрій вимірювальний з індикатором
15 Шліфувальна	1) Калібр-скоба ГОСТ 18355-73; 2) Шаблон ГОСТ 2534-79.
20 Шліфувальна	1) Калібр-скоба ГОСТ 18355-73; 2) Шаблон ГОСТ 2534-79.
25 Шліфувальна	1) Калібр-скоба ГОСТ 18355-73; 2) Шаблон ГОСТ 2534-79.
30 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний
35 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний
40 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний
45 Шліфувальна	1) Калібр-скоба ГОСТ 18355-73; 2) Шаблон ГОСТ 2534-79
60 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний
65 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний
70 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний
75 Заточувальна	Калібр спеціальний індикаторний

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.4. Розрахунок режимів різання для усіх операцій технологічного процесу.

Визначимо режими обробки для операції (05).

$V_{заг.таб.} = 12 \dots 25$ м/хв.

Приймаємо $V_{заг.таб.} = 20$ м/хв. [8, 23]

Розраховуємо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 20}{3,14 \cdot 7,7} = 827 \text{ хв}^{-1}, \quad (2.1)$$

Приймаємо $n = 800$ об/хв.

$$V_{заг.} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,7 \cdot 800}{1000} = 19,34 \text{ м/хв.} \quad (2.2)$$

Вибираємо глибину шліфування:

$t = 0,01 \dots 0,025$ мм.

Приймаємо $t = 0,02$ мм.

Повздовжня подача:

$S = (0,3 \dots 0,7) \cdot B$.

Приймаємо за наявності припуску під обробку 0,64 мм глибину шліфування $t = 0,02$ мм.

При ширині круга $B = 10$ мм:

$$S_n = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм/об.заг.}$$

Визначаємо потужність при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею:

$$N = C_n \cdot V_z \cdot t \cdot S \cdot D, \quad (2.3)$$

де, C_n – вибираємо із [8, 23]

$C_n = 1,3$

$$N = 1,3 \cdot 19,34 \cdot 0,02 \cdot 5 \cdot 7,7 = 2,2 \text{ кВт},$$

$V_{шл.}$ приймаємо 30 м/с.

Приймаємо $d = 400$ мм.

$$V_{факт.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1500}{1000} = 184,34 \text{ м/хв.} = 31,4 \text{ м/с.}$$

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо режими обробки для операції (10).

$V_{заг.таб.} = 12 \dots 25$ м/хв.

Приймаємо $V_{заг.таб.} = 20$ м/хв. [8, 23]

Призначаємо припуск для шліфування:

$t = 1,5$ мм.

Повздовжня подача:

$S = (0,3 \dots 0,7) \cdot B$.

Приймаємо при наявності припуску під обробку 1,5мм глибину шліфування $t = 0,02$ мм.

Розраховуємо кількість проходів:

$$I = 1.5 / 0,02 = 75$$

При ширині круга $B = 6$ мм:

$$S_n = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ мм/об.заг.}$$

Визначаємо потужність при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею:

$$N = C_n \cdot V_z \cdot t \cdot S \cdot D,$$

де, C_n – вибираємо із [8, 23]

$C_n = 1,3$

$$N = 1,3 \cdot 19,34 \cdot 0,02 \cdot 5 \cdot 7,7 = 2,2 \text{ кВт},$$

$V_{шл.}$ приймаємо 30 м/с.

Приймаємо $d = 100$ мм.

$$V_{факт.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1500}{1000} = 471 \text{ м/хв.} = 7,85 \text{ м/с.}$$

Визначимо режими обробки для операції (15).

$V_{заг.таб.} = 12 \dots 25$ м/хв.

Розраховуємо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 20}{3,14 \cdot 6,418} = 922,4 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо $n = 1000$ об/хв.

$$V_{заг.} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,4180 \cdot 1000}{1000} = 20,15 \text{ м/хв.}$$

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо глибину шліфування:

$$t = 0,01 \dots 0,025 \text{ мм.}$$

Приймаємо $t = 0,02$ мм.

Приймаємо за наявності припуску під обробку 0,5 мм глибину шліфування $t = 0,02$ мм.

Приймаємо $d = 400$ мм.

$$V_{\text{факт.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1500}{1000} = 1884 \text{ м/хв.} = 31,4 \text{ м/с.}$$

Визначимо режими обробки для операції (20).

$$V_{\text{заг. таб.}} = 12 \dots 25 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо $V_{\text{заг. таб.}} = 20$ м/хв. [8, 23]

Розраховуємо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 20}{3,14 \cdot 6,418} = 922,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n = 1000$ об/хв.

$$V_{\text{заг.}} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,4180 \cdot 1000}{1000} = 20,15 \text{ м/хв.}$$

Вибираємо глибину шліфування:

$$t = 0,01 \dots 0,025 \text{ мм.}$$

Приймаємо $t = 0,02$ мм.

Повздовжня подача:

$$S = (0,3 \dots 0,7) \cdot B.$$

Приймаємо за наявності припуску під обробку 0,2 мм глибину шліфування $t = 0,02$ мм.

При ширині круга $B = 10$ мм:

$$S_n = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм/об.заг.}$$

Визначаємо потужність при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею:

$$N = C_n \cdot V_z \cdot t \cdot S \cdot D,$$

де, C_n – вибираємо із [8, 23]

$$C_n = 1,3$$

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$N = 1,3 \cdot 20,15 \cdot 0,02 \cdot 5 \cdot 6,418 = 1,99 \text{ кВт},$$

*V*_{шл.} приймаємо $N = 2$ кВт ,

Приймаємо $d = 400$ мм.

$$V_{\text{факт.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1500}{1000} = 1884 \text{ м/хв.} = 31,4 \text{ м/с.}$$

Визначимо режими обробки для операції (25).

$V_{\text{заг.таб.}} = 12 \dots 25$ м/хв.

Приймаємо $V_{\text{заг.таб.}} = 20$ м/хв. [8, 23]

Розраховуємо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 20}{3,14 \cdot 6,05} = 1052,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n = 1000$ об/хв.

$$V_{\text{заг.}} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,05 \cdot 1000}{1000} = 19,0 \text{ м/хв.}$$

Вибираємо глибину шліфування:

$t = 0,01 \dots 0,025$ мм.

Приймаємо $t = 0,01$ мм.

Повздовжня подача:

$$S = (0,3 \dots 0,7) \cdot B.$$

Приймаємо за наявності припуску під обробку 0,02 мм глибину шліфування $t = 0,01$ мм.

При ширині круга $B = 10$ мм

$$S_n = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм/об.заг.}$$

Визначаємо потужність при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею:

$$N = C_n \cdot V_z \cdot t \cdot S \cdot D,$$

де, C_n – вибираємо із [8, 23]

$$C_n = 1,3$$

$$N = 1,3 \cdot 19 \cdot 0,01 \cdot 5 \cdot 6,05 = 2,0 \text{ кВт},$$

*V*_{шл.} приймаємо 30 м/с ,

Приймаємо $d = 400$ мм.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{факт.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1500}{1000} = 1884 \text{ м/хв.} = 31,4 \text{ м/с.}$$

Визначимо режими обробки для операції (30).

Швидкість шліфувального круга:

$$V_{\text{кр.}} = 18 \dots 25 \text{ м/с.}$$

Приймаємо $V_{\text{кр.}} = 25 \text{ м/с.}$ [8, 23]

Швидкість заготовки:

$$V_{\text{заг.}} = 1 \dots 3 \text{ м/с.}$$

Приймаємо $V_{\text{заг.}} = 1,5 \text{ м/с.}$

Глибина шліфування:

$$t = 0,02 \dots 0,04 \text{ мм. / подв. хід}$$

Приймаємо $t = 0,02 \text{ мм. / подв. хід}$

Визначимо режими обробки для операції (35).

Швидкість шліфувального круга:

$$V_{\text{кр.}} = 18 \dots 25 \text{ м/с.}$$

Приймаємо $V_{\text{кр.}} = 25 \text{ м/с.}$ [8, 23]

Швидкість заготовки:

$$V_{\text{заг.}} = 1 \dots 3 \text{ м/с.}$$

Глибина шліфування:

$$t = 0,02 \dots 0,04 \text{ мм. / подв. хід}$$

Визначимо режими обробки для операції (40).

Швидкість шліфувального круга:

$$V_{\text{кр.}} = 18 \dots 25 \text{ м/с.}$$

Приймаємо $V_{\text{кр.}} = 25 \text{ м/с.}$ [8, 23]

Швидкість заготовки:

$$V_{\text{заг.}} = 1 \dots 3 \text{ м/с.}$$

Глибина шліфування:

$$t = 0,02 \dots 0,04 \text{ мм. / подв. хід}$$

Визначимо режими обробки для операції (45).

$$V_{\text{заг. таб.}} = 12 \dots 25 \text{ м/хв.}$$

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $V_{заг.таб.}=20$ м/хв. [8, 23]

Розраховуємо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 20}{3,14 \cdot 6,005} = 1061,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n=1000$ об/хв.

$$V_{заг.} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,005 \cdot 1000}{1000} = 18,8 \text{ м/хв.}$$

Вибираємо глибину шліфування:

$$t = 0,005 \dots 0,015 \text{ мм.}$$

Приймаємо $t = 0,005$ мм.

Повздовжня подача:

$$S = (0,3 \dots 0,7) \cdot B.$$

При ширині круга $B = 10$ мм

$$S_n = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм/об.заг.}$$

Визначаємо потужність при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею:

$$N = C_n \cdot V_3 \cdot t \cdot S \cdot D,$$

де, C_n – вибираємо із [8, 23]

$$C_n = 1,3$$

$$N = 1,3 \cdot 19 \cdot 0,01 \cdot 5 \cdot 6,05 = 2,0 \text{ кВт},$$

$V_{шл.}$ приймаємо 30 м/с ,

Приймаємо $d = 400$ мм.

$$V_{факт.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1500}{1000} = 1884 \text{ м/хв.} = 31,4 \text{ м/с.}$$

Отже ми розрахували режими різання на усі шліфувальні та заточувальні технологічні операції процесу виготовлення кінцевої фрези.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3.

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Проектування верстатного пристосування.

У зв'язку з вимогою підвищеною точністю закріплення таких кінцевих фрез виникла потреба у проектуванні спеціальних пристроїв для закріплення такого роду інструменту [2, 6]. Осьове биття цих фрез не повинно перевищувати 0,001 мм, відповідно отвір у патроні для закріплення фрез повинен бути виконаний дуже точно.

На сьогоднішній день існують такі патрони, але під вдосконаленням нами технологічний процес виготовлення кінцевих фрез, це оснащення потребує певних конструктивних змін. Ці пристрої представлені на рисунках 3.1 та 3.2.

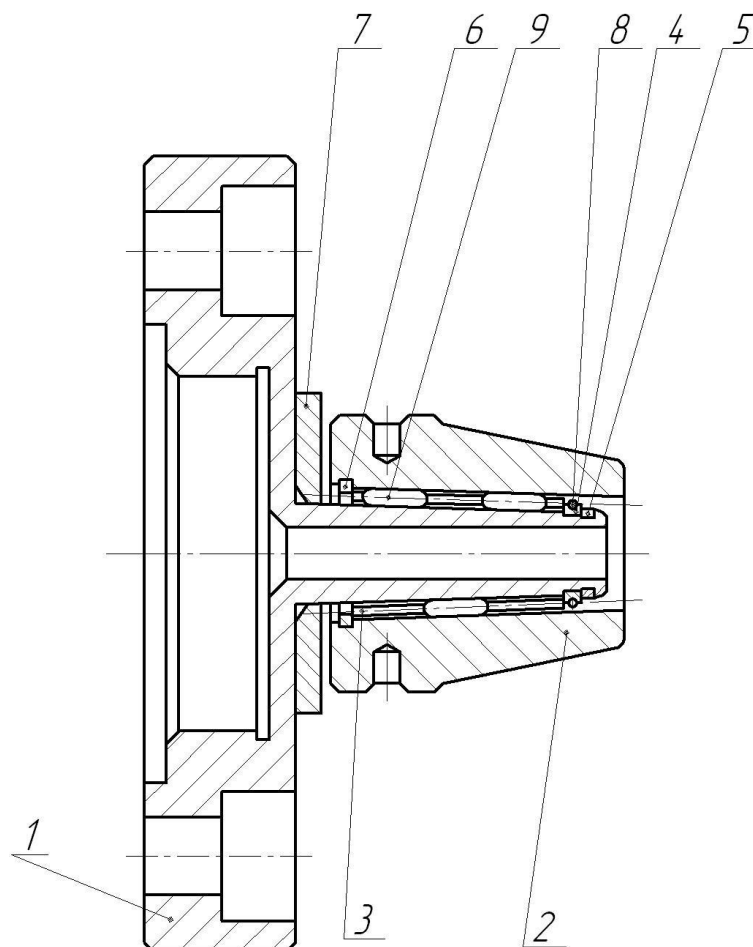


Рисунок 3.1. – Патрон спеціальний.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.2. Розрахунок патрона.

Для силового розрахунку патрона представимо його розрахункову схему (рисунок 3.2)

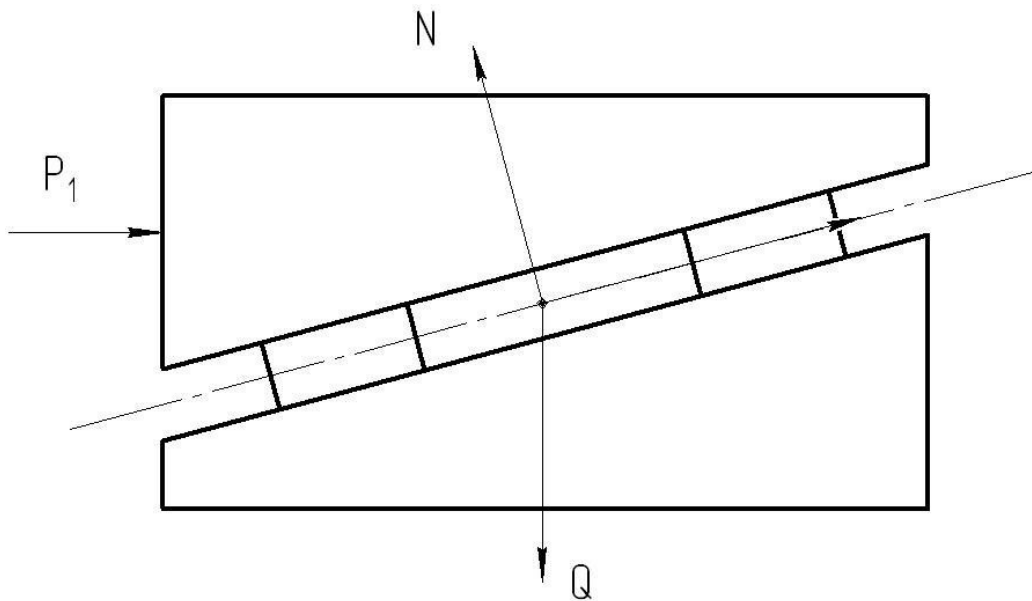


Рисунок 3.3. – Розрахункова схема.

Визначаємо сумарну силу різання:

$$P = P_x + P_y + P_z = 12032^2 + 1270^2 + 84^2 = 12970, H \quad (3.1)$$

Розраховуємо силу, яка потрібна для утримання фрези:

$$Q = P/f = 12970 / 0,1 \approx 13000, H \quad (3.2)$$

Знаходимо силу тертя на зовнішній конічній поверхні, охоплюючого кільця:

$$N_f = \frac{P_1 \cdot f}{\sin \alpha}, \quad (3.3)$$

З урахуванням того, що

$$N = \frac{Q}{\sin \alpha}, \quad (3.4)$$

$$Q_f = \frac{P_1 \cdot f}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.5)$$

Для дотримання умов самогальмування згідно з рекомендаціями із [7]

$$\frac{f}{\operatorname{tg} \alpha} = 0,5$$

при $f = 0,1$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,1 / 0,5 = 0,2$$

Отже, кут α повинен бути меншим за 10. Приймаємо $\alpha = 8$.

Товщину конічного кільця в середньому перерізі рекомендується приймати рівною $0,1 \cdot d$ [10].

Тоді $S = 0,1 \cdot 10 = 1$ мм.

Відповідно максимальна товщина кільця дорівнює:

$$S_{max} = 1 + \operatorname{tg} \alpha = 3,8 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Діаметральний натяг дорівнює:

$$\sigma = 10^3 \cdot k \cdot d_{cp} \cdot O, \text{ мкм} \quad (3.7)$$

де:

$$k = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot e} > [\sigma_{см.}], \quad (3.8)$$

$\sigma_{см.}$ – для загартованої сталі 20...25 кН/мм²).

O – коефіцієнт, що залежить від радіальної жорсткості кільця, для сталевих деталей.

$$O = 2.24 \cdot 10^{-4}, \quad (3.9)$$

$$\sigma = 10^3 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 2,24 \cdot 10^{-4} = 40,3 \text{ мкм.}$$

Відповідно зазор між вільним кільцем і хвостовиком має бути менше 40 мкм. Приймаємо зазор рівним 35 мкм = 0,035 мм. Для полегшення вставлення в отвір хвостовика фаска має бути 1x60.

Осьове переміщення зовнішнього кільця забезпечується за рахунок обертання сепаратора із тілами кочення. Тому тертя ковзання тут замінено тертям кочення [12] $f = 0,003$.

Тоді сила осьового переміщення дорівнює:

$$P = Q \cdot f = 130000 \cdot 0,003 = 390, \text{ Н} \quad (3.10)$$

Це переміщення здійснюється по гвинтовій лінії з кутом підйому

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{3}{(3,14 \cdot 12)} = 0,079$$

Окружне зусилля буде рівне:

$$390 \cdot 0,079 = 3,1 \text{ Н}$$

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Технологічний паспорт технічного об'єкту.

Відповідно до вдосконаленого технологічного процесу виготовлення кінцевих фрез розробляємо та зводимо в таблицю 4.1. технологічний паспорт технічного об'єкту на операції шліфування.

Таблиця 4.1. – Технологічний паспорт технічного об'єкту

№ п/п	Металообробне обладнання	Технологічна операція, вид виконуваних робіт	Посада працівника, який виконує технологічний процес, операцію	Обладнання, пристрій, пристосування	Небезпечні матеріали, речовини
1.	Шліфувальне обладнання	010 Шліфувальна	Оператор верстата	Верстат Walter CNC 50, спеціальний автоматичний затискний пристрій	ВК6; МОР-Амтол

4.2. Ідентифікація професійних виробничих ризиків.

Встановивши технологічний паспорт технічного об'єкту проводимо ідентифікацію професійних виробничих ризиків робітників та зводимо в таблицю 4.2.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 4.2. – Ризики у професійній діяльності робітників.

№ п/п	Виробнича операція, технологічна операція та/або експлуатаційна операція, технологічна операція; вид пропонуваніх робіт	Виробничий шкідливий та/або небезпечний фактор	Джерело шкідливого виробничого фактору та/або небезпечного виробничого фактору
1.	Шліфувальна операція	Висока температура поверхні обладнання та матеріалів, рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що пересуваються, заготівлі; високий шум на робочому місці.	Заготовка деталі, металорізальний інструмент, верстат шліфувальний Walter CNC 50.

4.3. Заходи спрямовані на зниження рівня небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Згідно [5] та на основи аналізу професійних виробничих ризиків робітників на шліфувальних операція оброблення кінцевих фрез визначаємо та зводимо у таблиці 4.3. перелік заходів, які спрямовані на зниження рівня небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Таблиця 4.3. – Ризики у професійній діяльності робітників.

№ п/п	Шкідливий виробничий фактор та/або небезпечний виробничий фактор	Технічні засоби захисту, організаційно-технічні методи часткового зниження, повного усунення шкідливого виробничого фактору та/або небезпечного виробничого фактору	Засоби індивідуального захисту робітника
1.	Підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів	Регламентована процедура навчання з охорони праці	Брезентові або шкіряні рукавиці (краги)
2.	Рухомі машини і механізми	Регламентована процедура навчання з охорони праці	Окуляри захисні

Продовження таблиці 4.3.

3.	Рухомі частини виробничого обладнання	Регламентована процедура навчання з охорони праці	Окуляри захисні
4.	Високий шум на робочому місці	Антишумова обробка ділянки обробки	Звукозахисні навушники або індивідуальні багаторазові беруші

4.4. Забезпечення пожежної та техногенної безпеки технічного об'єкта, що розглядається (виробничо-технологічних експлуатаційних та утилізаційних процесів).

Згідно [5], виробниче приміщення, де встановлений виробничий об'єкт (виробниче та допоміжне обладнання), за пожежо- і вибухонебезпеці відноситься до категорії Д (виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали у холодному стані), а також до другого ступеня вогнестійкості.

Проте важливим фактором є недопущення перевантаження механічного цеху, так як це може привести до збільшення пожежонебезпечності.

Вогнегасники промислових ділянок підбираються з розрахунку 1 на 100 м² площі (ОХП-10, ОВП-10, ОУ-5) – вуглекислотні вогнегасники застосовуються для гасіння обладнання, що знаходяться під напругою.

У відповідності з [5] необхідно передбачити евакуаційні виходи з приміщення. Основні вимоги пожежної безпеки до системи опалення виробничих приміщень передбачені в ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

На основі цих нормативних документів визначаємо характеристик можливих випадків виникнення пожеж та її небезпечні фактори і зводимо в усі дані в таблицю 4.4.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Засоби забезпечення пожежної безпеки наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. – Засоби забезпечення пожежної безпеки.

Назва техпроцесу, використовуваного устаткування, що входить до складу технічного об'єкта	Вид запропонованих до реалізації організаційних та/або організаційно-технічних заходів	Нормативні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки, а також ефекти, що реалізуються
Шліфування	Зберігання ганчір'я в вогнетривких ящиках; Застосування плавких запобіжників або автоматів в електрообладнанні верстатів	Використання пожежної сигналізації та пожежних сповіщувачів, протипожежні інструктажі відповідно до графіку, забезпечення засобами пожегогасіння, забезпечення безпеки проведення вогневих робіт

Основними напрямками з вирішення питань охорони навколишнього середовища виробництва твердосплавних фрез є вдосконалення технологічного процесу і розроблення та/або використання нового обладнання із нижчим рівнем викидів відходів у навколишнє середовище, і заміна токсичних відходів нетоксичними, утилізація відходів.

Основним напрямком ліквідації і переробки відходів є їхнє захоронення або безпечне зберігання на території підприємства до появи нової технології їх переробки чи повторного використання. Основні операції первинної переробки металевих відходів – сортування, подрібнення і пресування.

При експлуатації верстатів (зокрема шліфувально-заточних) необхідно запобігати витіканню мастила із редукторів і механізмів верстата, що приводить як до забруднення зовнішнього середовища, так і економічно невигідно. Для цього необхідно забезпечити проведення регулярні технічні огляди обладнання.

Повітря в цеху чи дільниці механічної обробки матеріалів забруднене великою кількістю пилу і механічних домішок. Очистку вентиляційних

викидів від механічних домішок слід проводити апаратами сухого і мокрого пиловловлювання, волокнистими фільтрами і електрофільтрами.

Отже у цьому розділі проаналізовано технологічний процес виготовлення фрези. Виявлено небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Розроблено заходи щодо їх зниження. Розроблено заходи щодо зниження пожежної безпеки. Розроблено заходи щодо збереження екології та навколишнього середовища.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ВИСНОВОКИ

В даній випускній кваліфікаційній роботі за ступенем вищої освіти «бакалавр» на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення кінцевих фрез» було проведено аналіз існуючих методів виготовлення кінцевих фрез та запропоновано альтернативний технологічний процес. В якості методу отримання заготовки запропоновано метод СВС-екструзії для отримання заготовки фрези із твердих сплавів. Підбрано сучасні засоби технологічного (металообробного) обладнання для їх обробки, що підвищить якість виконуваних робіт та покращить техніко-економічні показники за рахунок оптимізації розрахованих режимів обробки за операціями.

Спроектвані спеціальні затискні патрони, які можна використовувати як у техпроцесі виготовлення фрез, так і при фрезеруванні цими фрезами. Проаналізовано та розраховано та процес обробки кута штампу такими фрезами та надано рекомендації щодо зміни режимів обробки аналогічних кутів.

Також був виконаний розділ «Охорона праці», в якому проведено аналіз та виявлено небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Розроблено заходи щодо їх зниження. Розроблено заходи щодо зниження пожежної небезпеки. Розроблено заходи щодо збереження екології та навколишнього середовища.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонюк В.С., Клименко С.Ан., Клименко С.А. Теплові явища при обробці різанням: Навч. посібник. – К.: НТУ України «КПІ», 2014. – 156 с.
2. Божидарнік В.В., Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Технологія виготовлення деталей виробів. Навч. посібн.: Луцьк: Настир'я, 2006. – 592 с.
3. Бочков В.М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник. / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко. За ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.
4. ДСТУ ISO 603-4:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 4. Шліфувальні круги для плоского шліфування, шліфування периферією круга (ISO 603-4:1999, IDT).
5. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці: Навчальний посібник/ В.Ц. Жидецький , В.С. Джигерей , В.М. Сторожук та ін; з ред. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
6. Залога, В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні. Навч. посіб. / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. – Суми: СумДУ, 2013. – 371 с.
7. Інтегровані генеративні технології: навч. посібник [для студ. вищ. навч. закладів] / А. І. Грабченко, Ю. Н. Внуков, В. Л. Доброскок [та ін.]; під ред. А. І. Грабченко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 416 с.
8. Кирилович В.А., Мельник О.Л., Мельничук П.П., Яновський В.А. Заготовки деталей машин: формоутворення, параметри, характеристики. Підручник. - Житомир, ЖДТУ, 2020, – 314 с.
9. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011. – 412с.
10. Клименко С.А., Мельнічук Ю.О., Встовський Г.В. Фрактальна параметризація структури матеріалів, їх оброблюваність різанням та

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

зносостійкість різального інструменту. – К.: ІНМ ім. В.М. Бакуля, 2009.– 170 с.

11. Крутовий Ж.А. Оптимізація технологічних процесів. Ч1: Навчальний посібник. – Харків. ХДУХТ, 2014. – 300с.

12. Кузнецов Ю. М., Саленко О. Ф., Харченко О. О., Щетинін В. Т. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. – 500 с.

13. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] – К.:– Тернопіль: Тернограф, 2011. – 692с.

14. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування. – Житомир: ЖДТУ, 2005, – 882 с.

15. Методичні вказівки до виконання бакалаврської випускної роботи із спеціальності 131 – Прикладна механіка, професійного спрямування: «Металорізальні верстати та системи» для студентів всіх форм навчання. / уклад. Р.М. Полінкевич, – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 60 с.

16. Обладнання та прогресивні методи формоутворення деталей: навч. посіб. [для студ. баз. напрямів «Інж. механіка» і «Машинобудування» / В. В. Ступницький, І. Є. Грицай, А. М. Сліпчук. Національний університет «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво ЛП, 2012. – 338 с.

17. Равська Н.С., Мельничук П.П., Родін Р.П. Різальний інструмент: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2016, – 786 с.

18. Сучасні наукові аспекти прикладної механіки: Навчальний посібник / С. В. Ковалевський [та ін.]. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 114 с.

19. Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин [Текст] : зб. наук. пр. / НАН України, Ін-т надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля ; відп. ред. С. А. Клименко. – К. : ІНМ НАН України, 2006. – 239 с.

20. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Монографія / Є.А. Фролов, С.І. Кравченко, С.В. Попов, С.М. Гнітько.
Полтава, 2019. 204 с.

21. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. [Текст] / Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К. Г. – К.: Либідь, 2002. – 328 с.

22. Четвержук Т.І. Металообробне обладнання. Методичні вказівки до виконання курсового проекту для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 «Прикладна механіка» денної та заочної форм навчання. / Четвержук Т.І. – Луцьк: Луцький НТУ, 2019 – 112с.

23. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування. Навч. Посібник. – Луцьк: Видавництво ЛДТУ, 2005. – 712 с.

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ДОДАТКИ

					030Б – 023.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45