



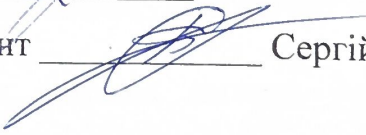
Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення
деталі „Кришка камери шнека375-4511026” з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань - 13 Механічна інженерія
Спеціальність - 131 Прикладна механіка
Спеціалізація – Технології машинобудування
Освітня програма - Технології машинобудування

Шифр: КРМ.ПМ.ФІТА.25.24

Виконав студент 2-го курсу групи ПМТм-24-1  Дмитро КІРПІЧОВ
Керівник кандидат технічних наук, доцент  Євген УРБАНЮК
Нормоконтролер кандидат технічних наук, доцент  Сергій БИСЬ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК

“ 26 ” зрудил 2025 р.

Хмельницький 2025 р.

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма Технології машинобудування
(ШИФР І НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
/Ткачук В.П./

“ 2 ” 09 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кірпи́чов Дмитро Сергі́йович
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Керівник роботи Урбанюк Євген Антонович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ХНУ № 65 від “25” серпня 2025р.

2. Строк подання студентом роботи до захисту 20 грудня 2025р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: кресленик деталі з технічними вимогами до її виготовлення; річна програма випуску N=10000 шт./рік; базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі; література; завдання на дипломну роботу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Загальний. Розділ 2. Технологічний. Розділ 3. Конструкторський. Розділ 4. Дослідницький. Розділ 5. Охорона праці. Загальні висновки. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А2; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А2; 3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1; 5. Складальний кресленик пристрою для свердлування 6-ти отворів Ø6H12 – 1 аркуш ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для контролю биття торця деталі- 1 аркуш ф.А1; 9. Кресленик протяжки шпонкової - 1 аркуш ф.А2. 10. Дослідницький розділ - 1 аркуш ф.А1.

6. Консультанти розділів проекту


Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Загальний. Розділ 2. Технологічний.	10.11.25	
2	Розділ 3. Конструкторський.	24.11.25	
3	Розділ 5. Охорона праці.	8.12.25	
4	1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А2; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А2.	1.12.25	
5	3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1.	8.12.25	
6	5. Складальний кресленик пристрою для свердлування - 1 аркуш ф.А1.	12.12.25	
7	7. Складальний кресленик пристрою для контролю биття торця деталі - 1 аркуш ф.А1;	14.12.25	
8	8. Кресленик протяжки шпонкової - 1 аркуш ф.А2; 9. Розділ 4. Дослідницький - 1 аркуш ф.А1;	16.12.25	
9	Загальні висновки. Додатки.	17.12.25	

Студент


(підпис)

Дмитро КІРПІЧОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Євген УРБАНЮК
(прізвище та ініціали)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра Кірпічова Д.С.

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі „Кришка камери шнека 375-4511026” з використанням верстатів з ЧПК

1. **Актуальність і значення теми:** Удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей з використанням обладнання із ЧПК є важливим для ефективного функціонування підприємств машинобудівного профілю, тому тема кваліфікаційної роботи відповідає спеціальності 131 - Прикладна механіка.

2. **Оцінка якості та достовірності проведених досліджень:** В загальному розділі роботи наведена характеристика об'єкта виробництва, виконаний аналіз конструкції і технічних вимог до виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026», а також проведена оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі розроблений на основі базового новий варіант технологічного процесу оброблення деталі: економічно обґрунтований метод отримання заготовки, призначені припуски на оброблення основних поверхонь деталі, вибране обладнання та інструмент по операціях, розраховані і призначені режими різання, детально розроблена операція з використанням токарного верстата з ЧПК мод. 16К20Ф3, для якої складена керуюча програма, виконане технічне нормування технологічного процесу.

В конструкторському розділі спроектовані верстатний пристрій для свердлувальної операції та контрольний пристрій, а також наведений розрахунок і креслення різального інструменту «Протяжка шпонкова».

Дослідницький розділ присвячений підвищенню зносостійкості різального інструменту застосуванням охолодження його робочої зони, в тому числі, охолодженням зони різання іонізованим повітрям.


В розділі «Охорона праці» дана характеристика основних небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу виготовлення деталі, а також особливості організації інструктажів з техніки безпеки на підприємстві і в освітній організації.

Зауваження: Для складання програми керування верстатом з ЧПК (операція 020) бажано використовувати спеціалізований пакет програм SolidCAM чи аналогічні інші.

3. **Оцінка запропонованих заходів та пропозицій практичної цінності та ефективності:** Наведені в кваліфікаційній роботі розділи використовують класичні підходи вирішення завдань технологічного та конструкторського характеру, використані також елементи застосування сучасного обладнання та технологій.

4. **Загальний висновок та оцінка:** Наведені обґрунтування та розрахунки свідчать про достатній рівень підготовки здобувача освітнього рівня магістра із фахових дисциплін. Графічна частина роботи виконана з дотриманням вимог ЕСКД та ДСТУ, розрахунково-пояснювальна записка оформлена з дотриманням вимог до текстових документів проектів технічного характеру. Кваліфікаційна дипломна робота виконана згідно завдання і загалом заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: Бабак Олег Петрович,
доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства



(Підпис)

26 грудня 2025 р.

Завідувачу кафедри
технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Кірпічова Д.С.
ФІТА, 2-го курсу, гр. ПМТм-24-1

ЗАЯВА

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

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

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

16 грудня 2025р.

Дата

підпис

(Кірпічов Д.С.)

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Кірпічов Дмитро Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі кришка камери шнека 375.4511 із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



(підпис)

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кірпічов Д.С. з 2024 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 16,67 %, добре 33,33 %, задовільно 50,00 %.

шкалою ЄКТС: А 13,33 %, В 20,00 %, С 6,67 %, D 20,00 %, Е 40,00 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Кірпічов Д.С. виконав кваліфікаційну роботу згідно із завданням. Три її виконані елементи дослідів рівень теоретичної і фахової підготовки. Також виконання розділів роботи і супровідних матеріалів загально вдумливою і свідомою, що свідчить

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

добре
(підпис)

Урбанюк Б.А.
(ім'я, прізвище)

"26" грудня 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(назва)

В. Трауц
(підпис, ім'я, прізвище)

"27" грудня 2025 р.

Abstract

Topic of the qualification work: "Improvement of the technological process for manufacturing the part "Auger chamber cover 375-4511026" using CNC machines"

Author: Kirpichev D.S.

Head of work: Urbanyuk E.A.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

The volume of the explanatory note is 97 p. Graphic part of 5 sheets. f.A1 and 3 sheet. f.A2.

Topicality. Increasing the technological level and improving the quality of machine-building products depends on the qualifications of young professionals with a master's degree who are able to analyze existing production technologies and propose their improvement, including the use of CNC machines. Completion of a master's thesis is one of the components of the training of such specialists.

The purpose of the work is to develop an improved, compared to the basic, technological process for machining the cover of the auger chamber 375-4511026 by using CNC machines.

Subject of the study: Manufacturing technology of the part "Cover of the auger chamber 375-4511026".

Results: In the general section of the qualification work, an analysis of the production object was performed: the general characteristics of the part "Auger chamber cover 375-4511026" were given and an assessment of the manufacturability of its manufacture was carried out.

In the technological section, the analysis of the basic technological process was carried out, the justification of the method of obtaining the workpiece was carried out, the allowances and their tolerances on the main surfaces of the part were assigned, a new version of the technological process of processing the part using CNC machines was developed, and a control program was developed for the CNC machine during in a turning operation.

The design department designed a machine tool for installing and securing the part during the drilling operation, a device for controlling end runout, and a cutting tool - a key broach.

The research section considers the issue of increasing the wear resistance of a cutting tool by using cooling of its working zone, including the features of using mechanical processing with cooling of the cutting zone with ionized air.

The section "Occupational Safety" provides a description of the main hazards and harmful effects of the developed technological process for manufacturing the part "Auger chamber cover 375-4511026" at the machine-building site, and highlights the features of organizing safety briefings at the enterprise and in the educational organization.

The appendices provide supporting materials for individual sections of the qualification work.

Key words: mechanical processing, technology, machine tool, tool, allowance, cutting mode, device, cooling, labor protection.

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026» із застосуванням верстатів з ЧПК

Автор: Кірпічов Д.С.

Керівник роботи: Урбанюк Є.А.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Обсяг пояснювальної записки 97 с. Графічна частина 5 арк. ф.А1 і 3 арк. ф.А2.

Актуальність. Підвищення технологічного рівня і покращення якості машинобудівної продукції залежить від кваліфікації молодих фахівців освітнього рівня магістра, які здатні аналізувати технології виробництва підприємств і пропонувати їх удосконалення, в тому числі, застосуванням верстатів з ЧПК. Виконання кваліфікаційної роботи є однією із складових підготовки фахівців освітнього рівня магістр.

Метою роботи є розроблення удосконаленого в порівнянні із базовим варіанту технологічного процесу механічного оброблення кришки камери шнека 375-4511026 шляхом використання верстатів з ЧПК.

Предмет дослідження: Технологія виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026».

Результати: В загальному розділі кваліфікаційної роботи виконаний аналіз об'єкта виробництва: наведена загальна характеристика деталі «Кришка камери шнека 375-4511026» і проведена оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі виконаний аналіз базового технологічного процесу, проведено обґрунтування методу отримання заготовки, призначені припуски на основні поверхні деталі і їх допуски, розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі із використанням верстатів з ЧПК, розроблена керувальна програма для верстата з ЧПК на токарній операції.

В конструкторському розділі спроектовані верстатний пристрій для встановлення і закріплення деталі на свердлувальній операції, пристрій для контролю торцевого биття, а також різальний інструмент – шпонкова протяжка.

В дослідницькому розділі розглянуте питання підвищення зносостійкості різального інструменту застосуванням охолодження його робочої зони, в тому числі особливості застосування механічного оброблення з охолодженням зони різання іонізованим повітрям.

В розділі «Охорона праці» дана характеристика основних небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026» на машинобудівній дільниці, висвітлені особливості організації інструктажів з техніки безпеки на підприємстві і в освітній організації.

В додатках надані супровідні матеріали до окремих розділів кваліфікаційної роботи.

Ключові слова: механічне оброблення, технологія, верстат, інструмент, припуск, режим різання, пристрій, охолодження, охорона праці.

Зміст

Вступ	9
Розділ 1 Загальний	11
1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної роботи магістра	11
1.2 Стан питання та задачі проектування	12
1.3 Аналіз об'єкта виробництва.....	12
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	15
Розділ 2 Технологічний	19
2.1 Аналіз базового технологічного процесу.....	19
2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
2.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва.....	21
2.4 Аналіз базового технологічного процесу.....	23
2.5 Вибір типу заготовки і його техніко-економічне обґрунтування.....	23
2.6 Вибір технологічних баз	25
2.7 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі.....	25
2.8 Детальне розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталі "Кришка камери шнека".....	26
2.9 Призначення припусків на механічне оброблення	29
2.10 Розрахунок і призначення режимів різання	38
2.11 Розрахунок норм часу при виконанні операцій.....	43
2.12 Розроблення керувальної програми на операції 020	46
Розділ 3 Конструкторський	48
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при свердлуванні	48
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	57
3.3 Проектування різального інструменту	59
Розділ 4 Дослідницький розділ. Підвищення зносостійкості різального інструменту застосуванням охолодження його робочої зони.....	65

4.1 Механічне оброблення з охолодженням іонізованим повітрям.....	65
4.2 Інші способи охолодження робочої зони різальних інструментів.....	75
Розділ 5 Охорона праці	81
5.1 Характеристика основних небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу.....	81
5.2 Організація інструктажів з техніки безпеки	83
5.3 Розрахунок повітрообігу за надлишками повного тепла для теплого періоду року	92
Загальні висновки.....	94
Список використаних джерел	96
Додатки	

Вступ

Машинобудування забезпечує технікою та устаткуванням усі галузі народного господарства України і визначає рівень матеріальної бази суспільства. У зв'язку із цим розвитку машинобудування завжди приділялося і приділяється особливе значення, тому перед машинобудуванням України ставляться все важливіші для його розвитку задачі. Для їх успішного виконання необхідно підвищувати рівень технологічного забезпечення виробництва і кваліфікацію інженерних кадрів та робітників підприємств машинобудування. Технологи машинобудівних підприємств покликані постійно підвищувати ефективність виробництва шляхом вдосконалення технологічних процесів оброблення деталей, використання прогресивних видів обладнання і технологічного оснащення. Доцільність рішень, що приймаються, має підтверджуватись техніко-економічними розрахунками.

Подальший розвиток економіки України буде визначатися підвищенням технологічного рівня народного господарства. Особливо це стосується машинобудування – однієї із провідних галузей народного господарства країни. Тому темпи зростання машинобудування мають бути вищими, ніж промисловості загалом.

Визначальні задачі стоять перед машинобудуванням України на найближчі роки, які мають забезпечити відбудову народного господарства в післявоєнний період. Серед них створення техніки для широкого впровадження високопродуктивних енерго- і металозберігаючих технологій в усіх галузях народного господарства, підвищення технологічного рівня і якості машинобудівної продукції, випуск машин і обладнання для заміни ручної, монотонної, важкої і шкідливої праці, покращення якості металообробного обладнання, в тому числі застосування верстатів з ЧПК, автоматичних маніпуляторів з ЧПК, сучасного технологічного оснащення, засобів автоматизації тощо.

Успішне вирішення зазначених вище проблем пов'язане з підготовкою виробництва, що містить у собі комплекс техніко-економічних, технологічних, організаційних та інших заходів. Складовими машинобудівного виробництва є розроблення і впровадження оптимальних технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин. Тому завданням вищої школи є підготовка фахівців з глибокими знаннями і практичними навичками, необхідними для вирішення складних задач з врахуванням конкретних виробничих умов та сучасних досягнень науки і техніки.

Метою виконання кваліфікаційної роботи магістра [1] є систематизація, узагальнення і закріплення знань, отриманих під час навчання в університеті, що сприяє підготовці майбутнього фахівця високого рівня до самостійного вирішення проблемних питань в умовах виробництва. Важлива роль при цьому відводиться розвитку його здатності використовувати отримані знання для виконання конкретних виробничих завдань з розроблення технологічних процесів виготовлення деталей, вибору інструменту, устаткування та оснащення, обґрунтування економічної доцільності запланованих заходів організації виробництва.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної роботи магістра

При підготовці до виконання кваліфікаційної роботи під час проходження переддипломної практики був підібраний комплект матеріалів: підібрані та проаналізовані кресленики деталі та заготовки, верстатних та вимірювальних пристроїв, вимірювального та різального інструментів, які використовуються у базовому технологічному процесі виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026».

Основними завданнями кваліфікаційної роботи магістра є розроблення удосконаленого варіанту технологічного процесу механічного оброблення кришки камери шнека пристроєм абразивного очищення круглого прокату малого діаметра з використанням верстатів із ЧПК, а також автоматизованих і механізованих пристроїв для механічного оброблення, впровадження більш досконалого різального інструменту, що дасть можливість підвищення режимів різання, тим самим скорочення машинного часу оброблення деталі на операціях механічного оброблення. Важливим є також проведення літературного огляду публікацій і джерел з інформацією про застосування прогресивних технологій, конструкцій оснащення, особливостями процесів зношування інструменту тощо з метою використання отриманої інформації для розроблення вдосконаленого технологічного процесу [1].

Виконанні поставлених задач може сприяти зниженню собівартості виготовлення кришки камери шнека за рахунок зменшення собівартості виготовлення самої деталі та зниження цехових витрат, де важливим є зниження витрат на заготовку, інструмент та оснащення. Потрібно також врахувати підвищення заробітної плати основних і допоміжних робітників, яких вимагає сьогодення ситуація в економіці України.

1.2 Стан питання та задачі проєктування

В теперішніх умовах підприємства мають можливість успішно функціонувати тільки у тому разі, якщо продукція, що випускається, буде успішно реалізовуватись, тобто, буде користуватися попитом. Найбільший відсоток реалізації продукції приходить на долю вітчизняних машинобудівних підприємств, які виготовляють продукцію для сільського господарства. Це пояснюється розпадом великих сільськогосподарських структур і започаткуванням на їх місці великої кількості дрібних господарств і організацій.

Така ж тенденція і у машинобудуванні, де паралельно з потужними машинобудівними комплексами розвиваються дрібні приватні підприємства з невеликим обсягом продукції, що випускається, та невеликим парком устаткування і робочої сили. Це вимагає технологічних процесів оброблення, які можуть з невеликими змінами переходити на оброблення близьких за конструкцією деталей, використовуючи встановлене обладнання. Але для забезпечення потрібної продуктивності та високої точності оброблення деталей мають бути підготовлені відповідні виробничі кадри і, в першу чергу, технологи, конструктори та менеджери виробництва. Тому в кваліфікаційній роботі на прикладі заданої деталі необхідно показати вміння розробляти найбільш ефективний технологічний процес, який би при найменших затратах забезпечив би необхідну продуктивність, точність та якість продукції.

1.3 Аналіз об'єкта виробництва

Об'єктом виробництва є кришка камери шнека 375-4511026, яка використовується в пристрої для абразивно-порошкового очищення довгих циліндричних виробів від окалини. Пристрій відноситься до волочильного виробництва, зокрема, до устаткування для механічного очищення

гарячекатаних заготовок із сталевого дроту від окалини і призначений для підвищення якості очищення, що сприяє ефективності подальшого волочіння.

Будова пристрою абразивного очищення

Конструкція пристрою показана на рис. 1.1. У пристрої шнек виконаний нерухомим, а його корпус і робоча камера суміщені та забезпечені приводом їх сумісного обертання, що забезпечує подавання в робочу камеру абразивного порошку і його ущільнення там. На внутрішній поверхні корпусу шнека виконана поздовжня шліцьова поверхня, а гвинтовий канал шнека може розширятися в поперечному перетині у напрямку до робочої камери. Між корпусом шнека і робочою камерою розміщена перехідна камера, діаметр якої виконаний більшим діаметра корпусу шнекового механізму і діаметра конічної робочої камери на її початку. Пристрій забезпечує збільшення шляху переміщення абразивних частинок порошку по поверхні виробу внаслідок збільшення числа витків обертання порошкової маси навколо осі виробу, що підвищує ефективність подальшого волочіння за рахунок поліпшення умов його захоплення і переміщення в зону деформації.

Принцип роботи пристрою (див. рис. 1.1) полягає в наступному: в бункер 1 засипається абразивний порошок 3, звідки він потрапляє безпосередньо в робочу зону пристрою під дією подавального циліндра шнека 4, який обертається від зірочки 9. Внутрішня поверхня корпусу шнека 5 спеціально виконана конічною, що створює направлений тиск, за допомогою якого абразивна суміш переміщується і відбувається очищення циліндричних прутків (дроту) від залишків окалини. Шліцьові пази корпусу шнека 5 служать для забезпечення обертання абразивного порошку навколо дроту у вузькому отворі, що підвищує якість очищення його поверхні. При потраплянні дроту в камеру 17 абразивний порошок потоком повітря здувається в бункер 2, де осаджується і попадає в бункер 1.

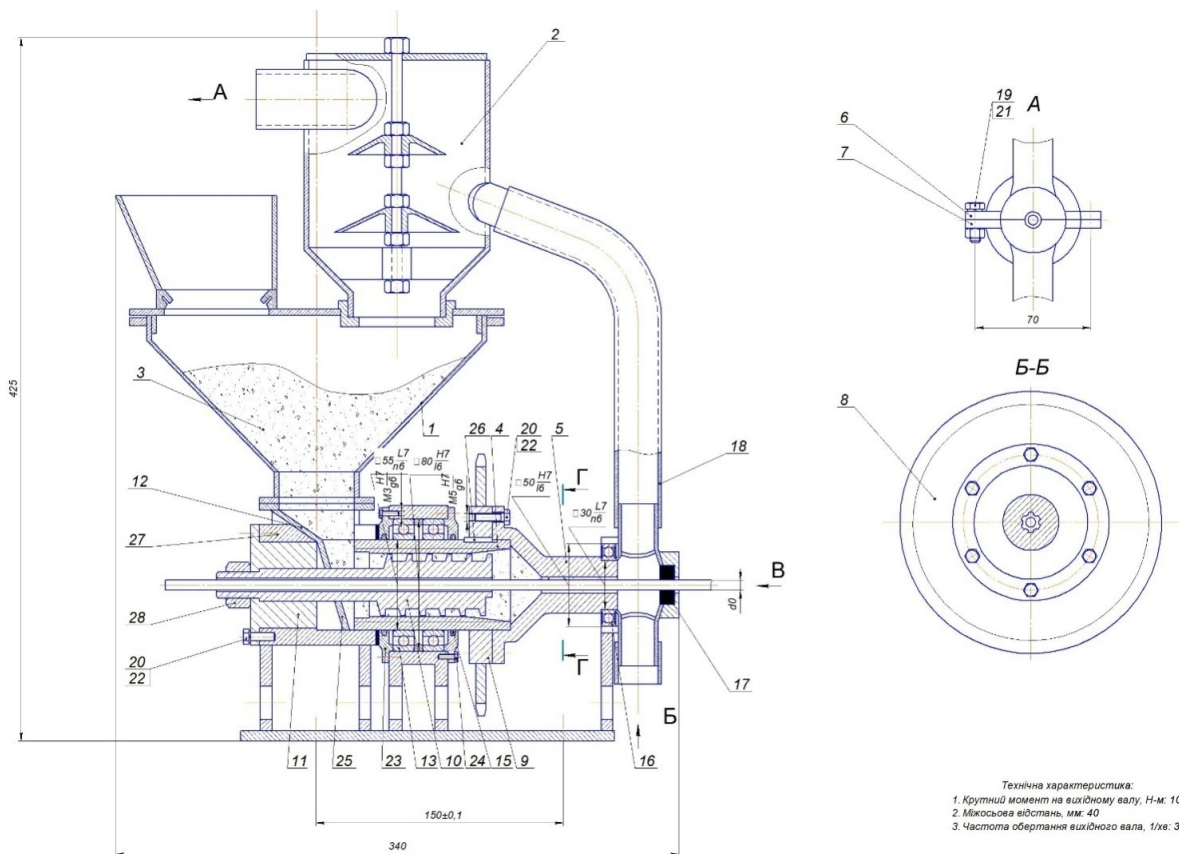


Рисунок 1.1 – Пристрій тонкого очищення сталевго дроту

Деталь є робочим органом пристрою тонкого очищення сталевго дроту від окалини, яка з'єднує циліндр шнека з підшипником. Деталь «Кришка камери шнека 375-4511026» (поз. 5) призначена для створення тиску та обертання абразивного порошку навколо дроту в зоні його очищення і сприймає навантаження кручення при обертанні зірочки.

Ескіз деталі «Кришка камери шнека 375-4511026» з технічними вимогами до її виготовлення представлений на рис. 1.2.

$\sqrt{Ra 12.5}$ ()

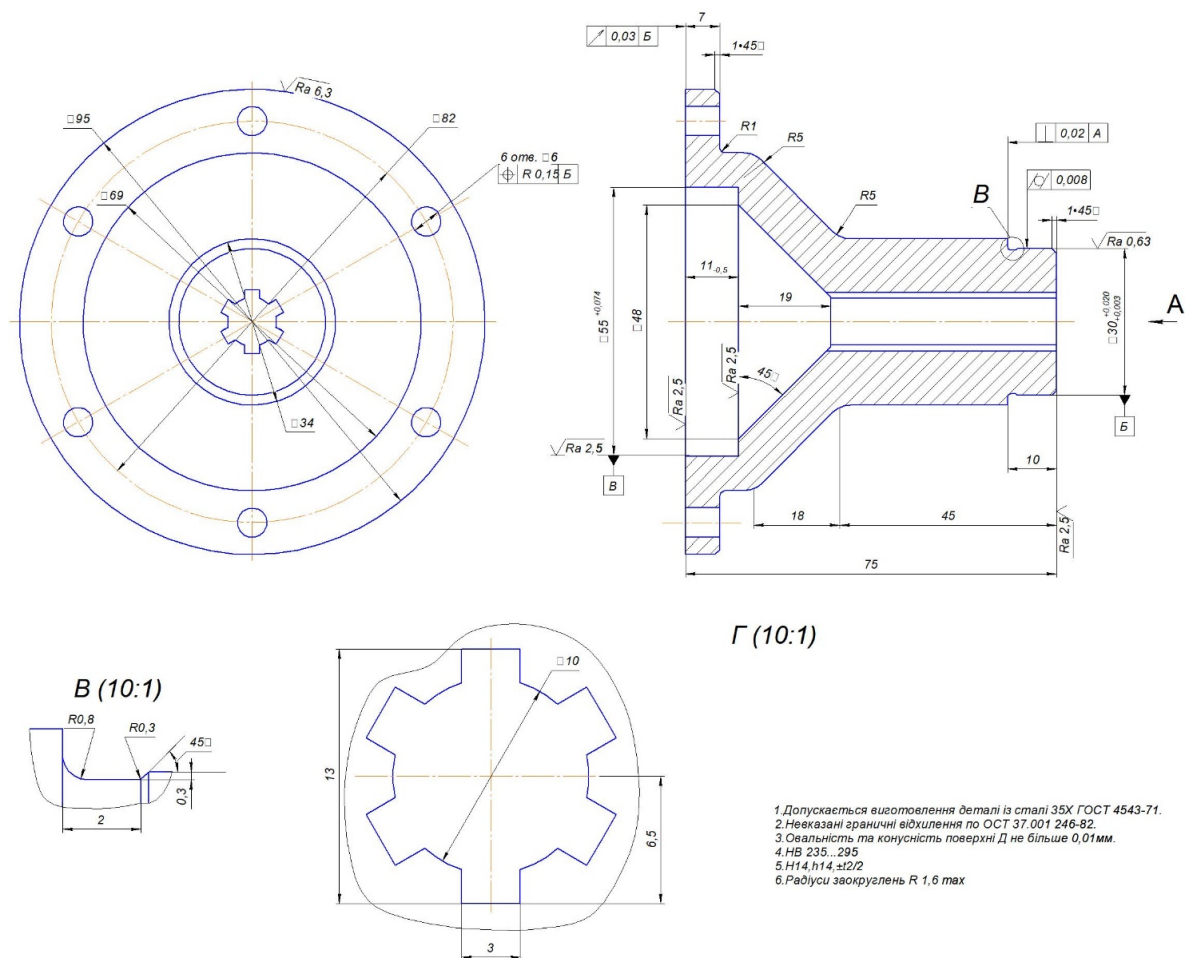


Рисунок 1.2–Ескіз деталі «Кришка камери шнека 375-4511026»

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Згідно робочого кресленника можна сказати про наявність усіх даних для виготовлення деталі, що їх вимагає ДСТУ 3321:2003 “Правила виконання та оформлення креслень”.

Маса деталі $G=0,826$ Деталь виготовлена із легованої сталі 40ХДСТУ 7806.Сталь 40Х за стандартами України є конструкційною легованою хромистою сталлю, яка відповідає ДСТУ 4543 та є аналогом європейських марок, таких як 41Cr4 та 42Cr4. Завдяки вмісту хрому та вуглецю сталь характеризується високою механічною міцністю, підвищеною зносостійкістю та твердістю поверхні. Хімічний склад сталі 40Х наводиться в табл. 1.1.

Таблиця 11.1 - Хімічний склад сталі 40ХДСТУ 7806

Склад елементів, %						
C	Cr	S	P	Cu	Ni	As
		Не більше				
0,35...0,45	1,0	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Механічні властивості матеріалу надані в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40ХДСТУ 7806

Твердість за Брінелем НВ не більше	Межа міцності σ_B , МПа не більше	Межа текучості σ_T , МПа	Відносне видовження δ , % не менше	Відносне звуження ψ , % не менше
217	750	520	15	50

Сталь 40Х широко використовується в машинобудуванні для виготовлення високоміцних деталей валів, дисків, роторів, поршнів, що цілком відповідає призначенню даної деталі в пристрої.

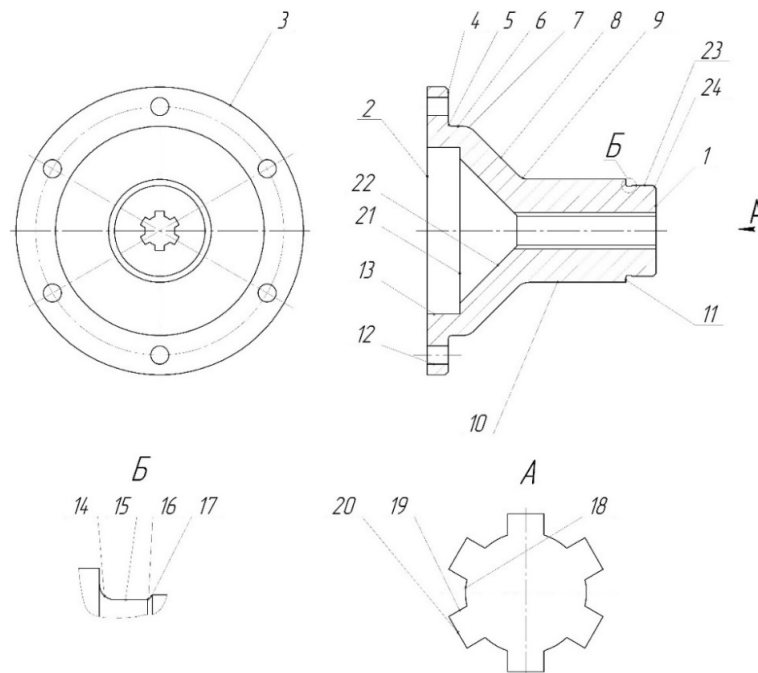


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі із вказанням основних поверхонь

Точність взаємного розміщення поверхонь деталі (рис.1.3):

- радіальне биття поверхні 2 відносно поверхні 13 не більше 0,03мм;
- перпендикулярність поверхні 11 відносно поверхні 23 не більше 0,02мм;
- відхилення від циліндричності поверхні 23 не більше 0,008мм;
- позиційність поверхні 12 відносно поверхні 13 не більше 0,15мм.

Точність розмірів і ступінь шорсткості поверхонь деталі зводимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Точність оброблення і шорсткість поверхонь деталі

Номер поверхні	Назва поверхні, розміри	Точність, квалітет	Допуск, мм	Шорсткість, R_a , мкм
1	2	3	4	5
1;2	Торцеві поверхні	9	$\pm 0,2$	2,5
3	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 95$	14	$\pm 0,3$	6,3
4	Бокова поверхня $\alpha = 90^0$	14	$\pm 0,3$	6,3
5;7;9;14;16	Скруглення R1;R5;R5; R0,8;R0,3	14	$\pm 0,2$	6,3
6	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 95$	8	$\pm 0,3$	3,2
8	Зовнішня конічна поверхня $\alpha = 45^0$	8	+0,052	6,3
10	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 34$	8	+0,038	6,3
11	Бокова поверхня $\alpha = 90^0$	7	+0,12	1,25
12	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 6$	9	+0,15	6,3
13	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 55$	7	+0,074	2,5
15	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 29,4$	8	+0,02	2,5
17	Зовнішня конічна поверхня $\alpha = 45^0$	8	$\pm 0,02$	2,5

18	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 10$	8	+0,15 -0,25	3,2
19	Бокова поверхня шпонкового пазу глибиною $h = 1,65$	8	+0,04	6,3
20	Нижня поверхня шпонкового пазу шириною $l = 3$	8	-0,05	1,25
21	Бокова поверхня $\alpha = 90^{\circ}$	7	-0,5	2,5
22	Внутрішня конічна поверхня $\alpha = 45^{\circ}$	8	0,32	6,3
23	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30$	6	+0,020 +0,003	0,63
24;25	Фаски $1 \times 45^{\circ}$	14	± 0.2	6,3

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес механічного оброблення кришки камери шнека 375-4511026 був розроблений з урахуванням обладнання, яке використовувалось на підприємстві.

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

2.2.1 Якісний аналіз технологічності деталі [2]

Деталь складається із поверхонь обертання і торцевих поверхонь, які не потребують при їх обробленні застосування спеціальних верстатів, пристроїв та інструменту. При обробленні шпонкових пазів може застосовуватись спеціальна протяжка. Для оброблення шести отворів у фланці кришки може бути використане свердло з циліндричним хвостовиком із швидкорізальної сталі Р6М5. Кінцеве оброблення поверхні $23 \text{ } \varnothing 30^{+0,020}_{+0,003}$ (див. рис. 1.1) може реалізовуватись на шліфувальному верстаті.

2.2.2 Кількісний аналіз технологічності деталі [2]

Кількісна порівняльна оцінка технологічності конструкції деталі може бути виконана з використанням відповідних базових показників технологічності. Необхідність використання додаткових показників визначається тим, що на стадії розроблення кресленика деталі і його узгодження з технологом, останній керується, головним чином, технічними критеріями, тому що відсутні дані про трудомісткість і технологічну собівартість деталі, що проектується, так як технологічний процес її виготовлення ще остаточно не розроблений.

При оцінюванні деталі на технологічність розглянемо наступні додаткові показники.

1) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де $Q_{y.e}$ - число уніфікованих конструктивних елементів деталі, $Q_{y.e}=18$;

Q_e - загальне число елементів деталі, $Q_e=25$.

$$K_{y.e} = \frac{18}{25} = 0,72.$$

Так як $K_{y.e} > 0.6$, то за коефіцієнтом уніфікації деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт застосування стандартизованих поверхонь, що обробляються:

$$K_{п.ст} = \frac{D_{о.с}}{D_{м.о}}, \quad (2.2)$$

де $D_{о.с}$ - число поверхонь, які обробляються стандартними інструментами, $D_{о.с} = 21$;

$D_{м.о}$ - число всіх поверхонь, які піддаються механічному обробленню, $D_{м.о} = 25$.

$$K_{п.ст} = \frac{21}{25} = 0,84.$$

Згідно цього показника деталь технологічна.

3) Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{q}{Q}, \quad (2.3)$$

де q - маса деталі, $q = 0,826$ кг;

Q - маса заготовки, $Q = 1,335$ кг.

$$K_{B.M} = \frac{0,826}{1,335} = 0,619.$$

За коефіцієнтом використання матеріалу деталь теж технологічна.

4) Максимальний квалітет точності оброблення становить ІТ6.

Самий високий квалітет точності розмірів деталі шостий, отже, за точністю деталь технологічна.

5) Максимальне значення параметра шорсткості поверхонь, що обробляються.

Показник шорсткості поверхні Ø30g6 складає $R_a 0,63$, що досягається на шліфувальному верстаті. Оброблення цієї поверхні не потребує застосування спеціальних операцій, отже і за цим параметром деталь технологічна.

На основі аналізу якісного і кількісного показників технологічності деталі приходимо до висновку, що деталь загалом технологічна.

2.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Технологічні процеси механічного оброблення здійснюються цехами, дільницями, допоміжними підрозділами. Такі процеси також можуть бути організовані у залежності від технологічної чи предметної спеціалізації. Основним виробничим обладнанням, що задіяне у механічному технологічному процесі, є різного роду верстати: токарні, фрезерувальні, стругальні, токарно-револьверні, свердлувальні тощо. Такі технологічні процеси є різномірними і можуть поділятися у залежності від виду виробів (деталей, вузлів), що виготовляються, їх конструкцій та розміру, типу виробництва, особливостей обладнання тощо.

Визначення типу виробництва ведемо, враховуючи габарити деталі, масу і річну програму випуску. У відповідності із ДСТ 3.1109-73 основною

характеристикою, за якою визначають тип виробництва, є коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення числа усіх різних технологічних операцій, які виконуються протягом одного місяця, до числа робочих місць.

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (2.4)$$

Де O – загальне число різних операцій, які виконуються на дільниці;

P – число робочих місць (верстатів), на яких виконуються ці операції.

Технологічний процес на даному етапі ще не розроблений, кількість робочих місць не розрахована, тому тип виробництва попередньо вибираємо за річною програмою випуску N та масою деталі. При $N=1000$ шт./рік. та $q=1,335$ кг тип виробництва – середньо-серійне [2].

Форма організації технологічного процесу у відповідності з вимогами ДСТ 14.312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій, розміщення технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку руху в процесі їх виготовлення.

Визначаємо величину партії запуску n у виробництво:

$$n = \frac{N}{P_{д}} \cdot g, \quad (2.5)$$

де N – річна програма випуску, $N=1000$ шт.;

$P_{д}$ – число робочих днів у році. При двох днях вихідних і восьмигодинному робочому дні $P_{д}=253$ дні;

g - періодичність запуску, $g = 8$ днів.

$$n = \frac{1000}{253} \cdot 8 = 31,6 \text{ шт.} \text{ Приймаємо } n = 32 \text{ деталі.}$$

2.4 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес виготовлення деталі „Кришка камери шнека” був розроблений для умов дрібносерійного типу виробництва. В основному застосовувались універсальні свердлувальні, токарні та шліфувальні верстати, універсальні пристрої, стандартний різальний та універсальний вимірювальний інструменти. Як заготовки використовувалось литво в піщані форми машинного формування.

При розробленні нового варіанту технологічного процесу запропоновано виготовляти заготовки методом гарячого штампування із сталі 40Х.

2.5 Вибір типу заготовки і його техніко-економічне обґрунтування

Вибір методу отримання заготовки – це важливий етап розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі, так як від нього залежить точність, якість та собівартість готової продукції і продуктивність процесу її виготовлення [3].

Заготовку для деталі «Кришка камери шнека» можна отримати методом гарячого штампування згідно ДСТ 4543-71, так як матеріал деталі це допускає. Вихідною заготовкою при цьому служить штамповка (див. рис. 2.2).

1. Точність виготовлення поковки	T4
2. Група сталі	M2
3. Поверхня роз’ємну	П
4. Розрахункова маса поковки	1,36 кг
5. Степінь складності поковки	C3
6. Початковий індекс	12
7,8. Розміри поверхонь деталі, припуски та допуски розмірів поковки	

$$\text{Ø}95 \quad 95+2 \cdot 1,7=98,4^{+1,4}_{-0,8}$$

$$\text{Ø}69 \quad 69+2 \cdot 1,7=72,4^{+1,4}_{-0,8}$$

Ø55	$55-2 \cdot 1,7=51,6^{+0,8}_{-1,4}$
Ø48	$48-2 \cdot 1,7=44,6^{+0,8}_{-1,4}$
Ø34	$34+2 \cdot 1,6=37,2^{+1,3}_{-0,7}$
75	$75+2 \cdot 1,7=78,4^{+1,4}_{-0,8}$
45	$45+1,7-1,7=45^{+0,8}_{-1,4}$
19	$19+1,6-1,6=19^{+0,7}_{-1,3}$
18	$18+1,7-1,6=18,1^{+0,7}_{-1,3}$
11	$11+1,7-1,6=11,1^{+0,7}_{-1,3}$
7	$7+1,7+1,6=10,3^{+1,3}_{-0,7}$

9.Мінімальна величина радіусів заокруглень зовнішніх кутів поковки2мм;

10.Штампувальні нахили:

на зовнішню поверхню 7°;

на внутрішню поверхню 10°.

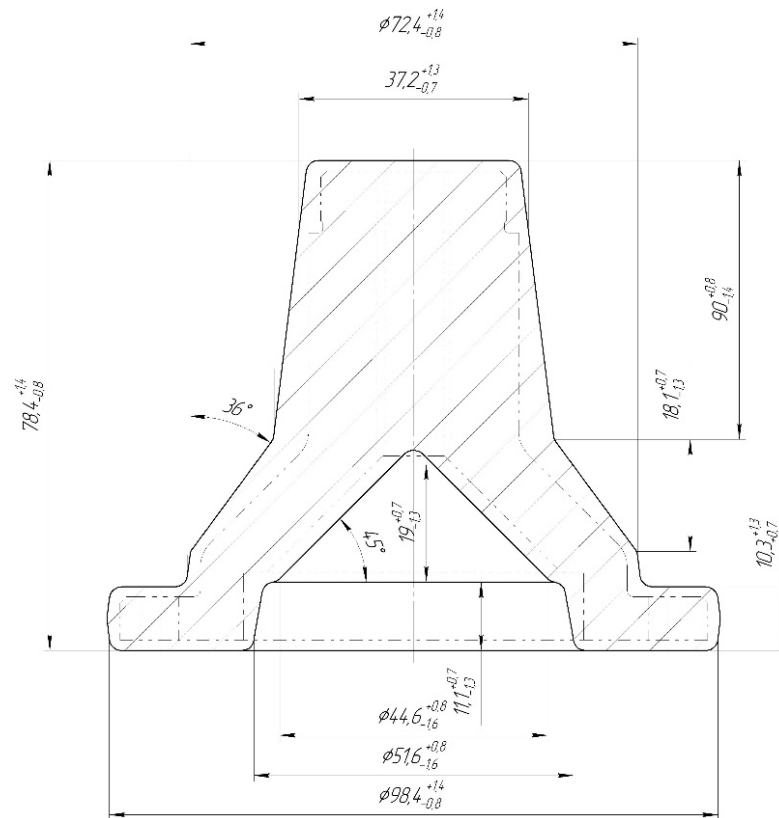


Рис. 2.2 – Ескіз заготовки

2.5.1 Визначення припусків і допусків на розміри заготовки

Прийнята точність виготовлення поковки згідно Т4 (див. п. 2.5).

Гаряче штампування виконується на кривошипних штампувальних пресах методом відкритого штампування, який забезпечує точність від $^{+1,3}_{-0,7}$ до $^{+0,8}_{-1,4}$ мм [3], с.169-172. Припуски на діаметр заготовки приймаємо по 1,7мм на сторону.

2.6 Вибір технологічних баз [2]

Зовнішня циліндрична поверхня 23 (див. рис.2.1) є основною базовою поверхнею деталі, так як деталь процесі роботи вузла встановлюється (базується) саме по цій поверхні і при механічному обробленні вона використовується як установочна база. Ця поверхня виступає в якості подвійної прямої поверхні, а торці 1 чи 2 при різних установах - як упорна база. Деталь у цьому варіанті базування втрачає п'ять ступенів вільності. Одна (шоста) ступінь вільності залишається за рахунок сил тертя між поверхнею 3 і кулачками патрона. На першій операції при обробленні торців поверхня 3 використовується як чорнова база. В подальшому поверхня 3 використовується як установочна база, а торці 1 і 2 - як упорна база.

2.7 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі

Після призначення технологічних баз складаємо технологічний маршрут оброблення деталі "Кришка камери шнека", який зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрут оброблення деталі " Кришка камери шнека"

Номер операції	Назва операції та поверхні, яка обробляється	Технологічні бази	Назва і модель верстата
005	Заготовча. Відрізання заготовок із круглого прокату		Абразивно-відрізний верстат мод. 8В262
010	Штампувальна		Кривошипний штампувальний прес
015	Термічне оброблення		
020	Токарна з ЧПК. Установ А. Точити начисто пов.1; 23; 17; 15; 11; 10; 8; зняти фаски 24; зняти округлення 16;14;9	Поверхня 3	Токарний верстат мод.16К20Ф3 з пристроєм ЧПК 2Р22
	Установ Б. Точити начисто пов.6; 4; 3; 2; 13; 21; 22; зняти фаску 25; зняти округлення 7; 5	Поверхня 10	Токарний верстат з ЧПК мод.16К20Ф3, пристроєм ЧПК 2Р22
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК. Свердлувати отвір Ø10 пов.18. Свердлувати 6 отворів Ø6 пов.12	Поверхня 10	Вертикально-свердлувальний з ЧПК мод. 2Р135Ф2
030	Горизонтально-протягувальна. Протягнути 6 пазів пов.19;20	Поверхня 2	Горизонтально-протягувальний мод.7512
035	Круглошліфувальна. Шліфувати поверхню 23 за 4 проходи начисто	Поверхня 3	Круглошліфувальний мод.3Б153Т

2.8 Детальне розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталі "Кришка камери шнека"

Розглянувши розроблений маршрут оброблення деталі, проаналізувавши необхідний обсяг роботи, яку необхідно виконати на кожній операції, вибравши технологічні бази та моделі верстатів, які можуть забезпечити необхідну точність оброблення, переходимо до детального розроблення технологічних операцій механічного оброблення поверхонь деталі "Кришка камери шнека".

Після розрахунків припусків та режимів різання у випадку недостатнього завантаження верстатів за потужністю можна буде намітити операції з більшою концентрацією переходів, а при надвисокій потужності різання можна буде застосувати метод диференціювання операцій [2].

Результати розроблення технологічного процесу зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Розроблення технологічних операцій технологічного процесу механічного оброблення деталі "Кришка камери шнека"

Номер операції	Назва і зміст операції	Модель устаткування	Пристрій	Інструмент, оснащення
1	2	3	4	5
005	Заготовчо-відрізна 1. Подати пруток до упору 2. Відрізати циліндричну заготовку	Абразивно-відрізний верстат мод. 8В262	Входить в комплект верстата	Штамп
010	1.Подати заготовку в штамп 2. Штампувати заготовку деталі	Кривошипний гарячештампувальний прес КБ 8336		
015	Термічне оброблення 1.Установити деталь в установку СВЧ 2.Гартувати на глибину $h=4^{+3,0}$	Установка СВЧ		
020	Токарна з ЧПК <u>Установ А</u> 1. Установити заготовку в патрон, закріпити 2. Точити торець 1 на довжину $l=76,7\pm 1,7$, 3. Зняти фаску $2,0\times 45^\circ$ 4. Точити поверхню 25 на довжину $l=7$ мм 5. Зняти фаску $0,5\times 45^\circ$ 6. Зняти скруглення R0,3 7. Точити поверхню 15 на довжину $l=1,2$ мм 8. Зняти скруглення R0,8	16К20Ф3	Патрон токарний самоцентрувальний трикулачковий ДСТ 24351-80	1. Різець токарний прохідний з твердосплавною квадратною пластиною Т15К6 для верстатів з ЧПК ДСТ 18869-73 2. Штангенциркуль ШЦ-II-250-

	<p>9. Підрізати торець в розмір $l = 35\text{мм}$</p> <p>10. Точити поверхню 36 на довжину $l = 10\text{мм}$</p> <p>11. Точити поверхню 10 на довжину $l = 34\text{мм}$</p> <p>12. Зняти скруглення R5</p> <p>13. Точити поверхню 8 на довжину $l = 18\text{мм}$</p> <p><u>Установ Б</u></p> <p>1. Переустановити заготовку в патроні, закріпити</p> <p>2. Точити поверхню 22 на довжину $l = 19\text{мм}$, витримуючи розмір $\varnothing 48$, $R_a 6,3$</p> <p>3. Підрізати торець в розмір 12,7 мм.</p> <p>4. Точити поверхню 13 на довжину $l = 11\text{мм}$,</p> <p>5. Підрізати торець в розмір 75 мм.</p> <p>6. Зняти скруглення R5</p> <p>7. Точити поверхню 6 на довжину $l = 10\text{ мм}$</p> <p>8. Зняти скруглення R1</p> <p>9. Підрізати торець в розмір $l = 7\text{мм}$</p> <p>10. Зняти фаску $1,0 \times 45^\circ$</p> <p>11. Точити поверхню 3 на довжину $l = 6\text{ мм}$.</p>			<p>0,05</p> <p>ДСТ 166-80</p> <p>4. Окуляри захисні ЗП</p> <p>ДСТ12.4.003-80</p>
025	<p>Вертикально-свердлувальна з ЧПК</p> <p>1. Установити заготовку в пристрій, закріпити</p> <p>2. Свердлувати наскрізний отвір $\varnothing 10$</p> <p>2. Свердлувати шість наскрізних отворів $\varnothing 6$</p> <p>3. Зняти деталь</p>	2P135Ф2	Призматичні лещата	Свердла спіральні $\varnothing 10$ і $\varnothing 6$, P6M5, ДСТ 10903-77
030	<p>Горизонтально-протягувальна</p> <p>1. Установити заготовку в лещата, закріпити</p> <p>2. Протягнути шість наскрізних канавок $h = 1,8$;</p>	7502	Входить в комплект верстата	<p>1. Протяжка Р6 М5 ДСТ 19265-88</p> <p>2. Штангенциркуль</p>

	$b=3$ 3. Зняти деталь			ШЦ-II-250-0,05 ДСТ 166-80
035	Круглошліфувальна 1. Встановити деталь на верстаті 2. Шліфувати поверхню 23, витримуючи розміри $\varnothing 30g6^{+0,020}_{-0,003}, R_a 0,63$ 3. Зняти деталь	ЗБ153Т	Патрон ДСТ 2571-71	1. Круг шліфувальний ПП 200040016 12А25НА ДСТ 24747-81 2. Мікрометр МР350-1 ДСТ 6507-84 3. Калібр-скоба $\varnothing 30^{+0,020}_{-0,003}$ 05504-877 4. Окуляри захисні ЗП ДСТ 12.4.003-80

2.9 Призначення припусків на механічне оброблення

2.9.1 Аналітичний розрахунок припусків на оброблення поверхні $\varnothing 30h7$

Враховуючи прийнятий тип заготовки і на основі розробленого технологічного маршруту оброблення деталі, виконуємо розрахунок припусків, операційних розмірів і допустимих відхилень на оброблення поверхні 23 ($\varnothing 30h7$) розрахунково-аналітичним методом [4].

Технологічний маршрут оброблення поверхні $\varnothing 30h7$ складається із чорнового і чистового точіння, яке виконується на токарному верстаті з ЧПК [4]:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}^2), \quad (2.6)$$

де $R_{z_{i-1}}, T_{i-1}, \rho_{i-1}$ - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень, які отримані на попередньому переході, відповідно.

Значення R_z і T вибираємо із [4]. На першому переході значення R_z і T відповідають способу отримання заготовки [4], $R_z = 160 \text{ мкм}$, $T = 200 \text{ мкм}$. Сумарне значення просторових відхилень ρ для заготовки, отриманої гарячим штампуванням, при її обробленні в центрах визначається за формулою [2]:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_K^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \quad (2.7)$$

де ρ_K - кривизна в оброблюваному перетині, яка визначається згідно питомої кривизни за формулою [4];

$\rho_{\text{ц}}$ - похибка зацентровування.

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1} \quad (2.8)$$

$$\rho_K = [\Delta] \cdot l, \text{ мкм} \quad (2.9)$$

тут $[\Delta]$ - величина питомої кривизни заготовки після термооброблення для отримання її штампуванням $[\Delta] = 3 \text{ мкм/мм}$ [4];

l – довжина заготовки.

δ -допуск на діаметр базової поверхні заготовки, яка використовується при зацентровуванні. Згідно ДСТ 7505-74 $\delta = 1000 \text{ мкм}$.

$$\rho_K = 3 \cdot 78,4 = 235 \text{ мкм} \quad (2.10)$$

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1} = 0,25\sqrt{1000^2 + 1} = 250 \text{ мкм} \quad (2.11)$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{235^2 + 250^2} = 343 \text{ мкм}.$$

Величина залишкових просторових відхилень після чорнового, чистового точіння за [4] складе:

$$\rho_{зал} = K_y \cdot \rho_{ЗАГ}, \quad (2.12)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення форми при попередньому точінні заготовки із штамповки, $K_y=0,06$ [4];

$$\rho_{зал} = 0,06 \cdot 343 = 21 \text{ мкм.}$$

При попередньому точінні заготовки величина залишкових просторових відхилень визначається через коефіцієнт уточнення $K_y = 0,04$, тоді

$$\rho_{зал.НЧ} = 0,04 \cdot 343 = 14 \text{ мкм.}$$

Допуск на зовнішній діаметр заготовки, отриманої штампуванням загальної точності, згідно ДСТ 2590-88 складає $IT_D = 1000 \text{ мкм}$.

Значення допусків на операційні розміри визначаємо за таблицями з урахуванням квалітетів точності, що досягаються на технологічних операціях, [4].

Після попереднього точіння $R_z = 50 \text{ мкм}$; $T = 50 \text{ мкм}$; $IT_D = 250 \text{ мкм}$; $\rho = 21 \text{ мкм}$.

Після чистового точіння $R_z = 25 \text{ мкм}$, $T = 25 \text{ мкм}$; $IT_D = 62 \text{ мкм}$; $\rho = 14 \text{ мкм}$.

Визначаємо мінімальні припуски на кожен перехід:

при попередньому точінні: $2Z_{1\min} = 2(160 + 200 + 343) = 2 \cdot 703 \text{ мкм}$;

при чистовому точінні: $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + 21) = 2 \cdot 121 \text{ мкм}$.

Розрахунковий розмір на попередній поверхні для зовнішніх поверхонь визначається додаванням до найменшого граничного розміру припуску на цей перехід.

Так розрахунковий розмір після чистового точіння:

$$a_{2\min} = a_{1\min} + 2 \cdot Z_{2\min}, \quad (2.13)$$

де $a_{2\min}$ - мінімальне значення заданого на кресленику розміру.

$$a_{2\min} = 30,003 + 2 \cdot 0,121 = 30,245 \text{ мм.}$$

Розрахунковий розмір після попереднього точіння:

$$a_{1\min} = a_{2\min} + 2 \cdot Z_{1\min}, \quad (2.14)$$

$$a_{1\min} = 30,245 + 2 \cdot 0,703 = 31,651 \text{ мм.}$$

Розрахунковий розмір заготовки:

$$a_{\text{заг.}\min} = a_{1\min} + 2 \cdot Z_{1\min}, \quad (2.15)$$

$$a_{\text{заг.}\min} = 31,651 + 2 \cdot 0,703 = 33,057 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні розміри по переходах. Для цього одержані розрахункові мінімальні значення розмірів округляємо до сотих долей і одержуємо мінімальний граничний розмір:

$$a_{\text{заг.}\min} = 33,057 - d_{\text{заг.}\min} = 33,06 \text{ мм.}$$

$$a_{1\min} = 31,651 - d_{1\min} = 31,65 \text{ мм.}$$

$$a_{2\min} = 30,245 - d_{2\min} = 30,24 \text{ мм.}$$

Максимальні граничні значення розмірів визначаємо за формулою:

$$d_{\max} = d_{\min} + IT_D; \quad (2.16)$$

$$d_{\text{заг.}\max} = 33,06 + 1,0 = 34,06 \text{ мм;}$$

$$d_{1\max} = 31,65 + 0,25 = 31,9 \text{ мм;}$$

$$d_{2\max} = 30,24 + 0,062 = 30,30 \text{ мм;}$$

Максимальні граничні значення припусків. Мінімальні граничні припуски визначаються, як різниця між граничними розмірами на попередньому і даному переходах, мкм:

$$2Z_{i.min} = a_{i-1} - a_i. \quad (2.17)$$

Тоді граничний припуск на попередньому точінні:

$$2Z_{2.min} = 33,06 - 31,65 = 1,41\text{мм} = 1410\text{мкм}.$$

Граничний мінімальний припуск на чистове точіння визначиться як:

$$2Z_{1.min} = 31,65 - 30,24 = 1,41\text{мм} = 1410\text{мкм}.$$

Максимальні граничні припуски визначиться як:

$$2Z_{i.max} = 2Z_{i.min} + IT_{Di-1} - IT_{Di}, \quad (2.18)$$

де IT_{Di-1} - допуск на розмір на попередньому переході;

IT_{Di} - допуск на розмір на даному переході.

Тоді максимальний граничний припуск при попередньому точінні визначиться як:

$$2Z_{2.max} = 2Z_{2.min} + IT_{Di-1} - IT_{Di} = 1410 + 1000 - 250 = 2160\text{мкм}.$$

Максимальний граничний припуск на чистове точіння визначається як:

$$2Z_{1.max} = 2Z_{1.min} + IT_{Di-1} - IT_{Di} = 1410 + 250 - 62 = 1598\text{мкм}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку припусків на поверхню $\varnothing 30h7$

Технологічні переходи оброблення поверхні $\varnothing 30h7_{-0.6}^{-0.2}$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск на розмір IT_D , мм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм		
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	160	200	343	-	33,05	100	33,0	34,06	-	-	
Точіння:											
попереднє	50	50	21	2×703	31,65 1	250	31,9	31,65	1410	3785	
Чистове	25	25	14	2×121	30,24 5	62	30,3	30,24	1410	2820	

Визначаємо загальні припуски $2Z_{0\max}, 2Z_{0\min}$ які дорівнюють сумі проміжних припусків:

$$2Z_{0\max} = 2Z_{1\max} + 2Z_{2\max} = 1598 + 2160 = 3758 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0\min} = 2Z_{1\min} + 2Z_{2\min} = 1410 + 1410 = 2820 \text{ мкм};$$

Виконуємо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = IT_{D_{за}} - IT_{D_{д}}$$

$$3758 - 2820 = 1000 - 62$$

$$938 = 938$$

Для виготовлення заготовки циліндричної форми для подальшого її формування методом гарячого штампування за сортаментом на гарячекатану сталь звичайної точності згідно ДСТ 2590-88 приймаємо:

$$\text{Круг} \frac{B-32 \text{ ГОСТ } 2590-88}{30- \text{ГОСТ } 1050-88}, [5].$$

Номинальний діаметр круга 35 мм, граничні відхилення згідно [2]: верхнє $-es = +0,8$; нижнє $-ei = -0,9$.

Граничні діаметральні розміри заготовки:

$$d_{\min} = d_{\text{ном}} - ei = 33,6 - 0,9 = 32,7 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_{\text{ном}} + es = 33,6 + 0,8 = 34,4 \text{ мм}.$$

Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ на операції попереднього точіння дорівнює:

$$2Z_{\min} = 33,06 - 31,65 = 2 \cdot 1410 \text{ мкм}.$$

Граничні значення припусків на операції чорнового точіння дорівнюють:

$$2Z_{\min} = 33,06 - 31,65 = 1410 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 34,4 - 31,9 = 2500 \text{ мкм}.$$

Номинальний розмір заготовки $\text{Ø}35^{+0,8}_{-0,9}$ мм.

Схема розміщення полів допусків і припусків при обробленні поверхні 3 в розмір $\text{Ø}30h7^{(+0,020}_{+0,003})$ наведена на рис. 2.3.

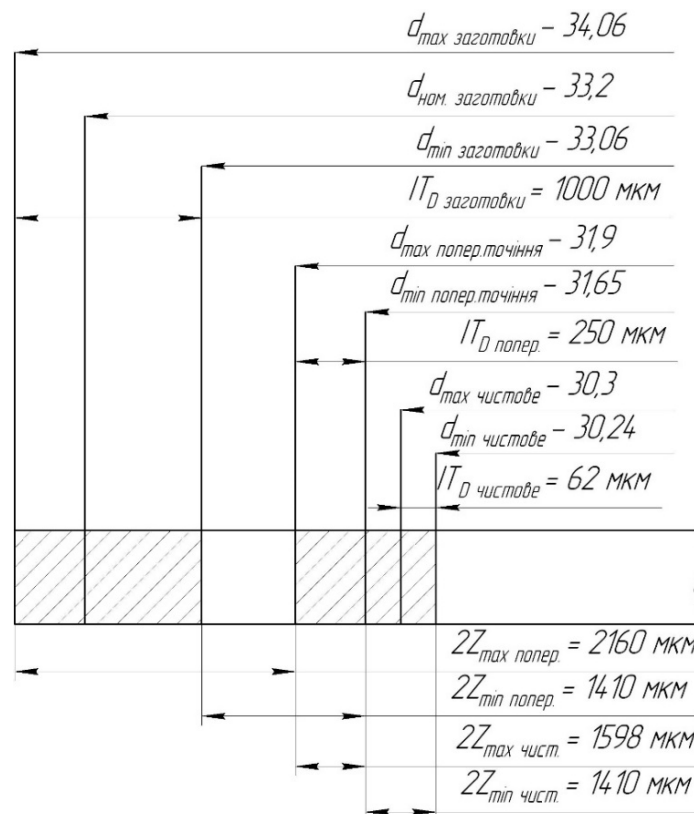


Рис. 2.3 - Схема розміщення полів припусків і допусків на них при обробленні поверхні $\text{Ø}30h7^{(+0,020}_{+0,003})$

2.9.2 Визначення міжопераційних розмірів на всі інші оброблювані поверхні

Призначені за таблицями припуски на механічне оброблення при обробленні поверхонь 1 і 2 в розмір $75 \pm 0,2$, поверхні 10 в розмір $\varnothing 34^{+0,2}_{-0,6}$, поверхні 6 в розмір $\varnothing 69^{+0,12}$, поверхні 3 в розмір $\varnothing 95^{+0,15}$, поверхні 13 в розмір $\varnothing 55^{+0,074}$, поверхня 12 в розмір $\varnothing 6^{+0,05}$, поверхня 18 в розмір $\varnothing 10_{-0,2}$, поверхня 21 в розмір $11_{-0,5}$ зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Табличні значення загальних і операційних припусків на оброблення поверхонь деталі

Найменування поверхонь	Загальний припуск, мм	Операційні припуски, мм		
		Чорнове оброблення	Напівчистове оброблення	Чистове оброблення
Поверхні 1;2 в розмір $75, R_a 2,5$	1,7	1,5	-	0,2
Поверхня 10 в розмір $\varnothing 34^{+0,2}_{-0,6}, R_a 12,5$	1,6	1,6	-	-
Поверхня 6 в розмір $\varnothing 69^{+0,12}, R_a 12,5$	1,7	1,7	-	-
Поверхня 3 в розмір $\varnothing 95^{+0,12}, R_a 12,5$	1,7	1,7	-	-
Поверхня 13 в розмір $\varnothing 55^{+0,074}, R_a 2,5$	1,7	1,5	-	0,2
Поверхня 12 в розмір $\varnothing 6^{+0,05}, R_a 6,3$	6,0	-	3,0	-
Поверхня 18 в розмір $\varnothing 10_{-0,2}, R_a 6,3$	10,0	-	5,0	-
Поверхня 21 в розмір $\varnothing 11_{-0,5}, R_a 6,3$	1,7	1,0	0,7	-

Значення мінімальних припусків на оброблення площин і отворів заготовок, отриманих штампуванням, вибираємо із [4].

Операційні розміри і допустимі відхилення на них зведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Операційні припуски, розміри і допустимі відхилення на поверхні, що обробляються

Найменування поверхонь, операцій, переходів	Операційні припуски, мм	Операційні розміри, Мм	Допуски на операційні розміри, мм, квалітети
Поверхні 1 і 2 в розмір 75, $R_a 2,5$ 1. Розмір заготовки 2. Попереднє точіння 3. Чистове точіння	- 3,0 0,4	78,4 75,4 75	$\begin{matrix} +0,3 \\ -2,5 \end{matrix}$ (IT12) $\pm 0,1$ (IT12) $\begin{matrix} -0,2 \\ -0,6 \end{matrix}$ (IT8)
Поверхня 10 в розмір $\varnothing 34^{+0,2}_{-0,6}$, $R_a 12,5$ 1. Розмір заготовки 2. Чорнове точіння	- 3,2	$\varnothing 37,2$ $\varnothing 34$	$\begin{matrix} +0,3 \\ -2,5 \end{matrix}$ (IT12) $\pm 0,1$ (IT12)
Поверхня 6 в розмір $\varnothing 69^{+0,12}$, $R_a 12,5$ 1. Розмір заготовки 2. Чорнове точіння	- 3,4	$\varnothing 72,4$ $\varnothing 69$	$-0,2$ (IT12) $\begin{matrix} +0,2 \\ -0,6 \end{matrix}$ (IT12)
Поверхня 3 в розмір $\varnothing 95^{+0,12}$, $R_a 12,5$ 1. Розмір заготовки 2. Чистове точіння	- 3,4	$\varnothing 98,4$ $\varnothing 95$	$\begin{matrix} -0,2 \\ -0,6 \end{matrix}$ (IT12) $-0,2$ (IT12)
Поверхня 13 в розмір $\varnothing 55^{+0,074}$, $R_a 2,5$ 1. Розмір заготовки 2. Чорнове точіння 3. Чистове точіння	- 3,0 0,4	$\varnothing 51,6$ $\varnothing 54,6$ $\varnothing 54,0$	$\begin{matrix} +0,3 \\ -2,5 \end{matrix}$ (IT12) $\pm 0,1$ (IT12) $\begin{matrix} -0,2 \\ -0,6 \end{matrix}$ (IT8)
Поверхня 12 в розмір $\varnothing 6^{+0,05}$, $R_a 6,3$ 1. Розмір заготовки 2. Свердлування	- 3,0	- $\varnothing 6$	$\begin{matrix} +0,023 \\ -0,003 \end{matrix}$ (IT8) $+0,038$ (IT8)
Поверхня 18 в розмір $\varnothing 10_{-0,2}$, $R_a 6,3$ 1. Розмір заготовки 2. Свердлування	- 5,0	- $\varnothing 10$	$-0,05$ (IT8) $+0,05$ (IT8)
Поверхня 21 в розмір $\varnothing 11_{-0,5}$, $R_a 6,3$ 1. Розмір заготовки 2. Напівчистове точіння	- 1,7	11,1 11	$\begin{matrix} -0,2 \\ -0,6 \end{matrix}$ (IT8) $-0,5$ (IT9)

2.10 Розрахунок і призначення режимів різання

2.10.1 Вихідні дані для розрахунку режимів різання при попередньому точінні поверхні $\varnothing 30_{+0,003}^{+0,020}$.

Зміст операції: перехід «Попереднє точіння поверхні 23» виконується на токарному верстаті з ЧПК за один установ.

Вихідний розмір заготовки для поверхні 23 становить $\varnothing 33,2_{-0,7}^{+1,3}$ мм, номінальний розмір $D_{\text{заг.ном}} = 33,2_{-0,7}^{+1,3}$ мм, шорсткість оброблюваної поверхні $Ra0,63$ мкм.

Заготовка - штамповка, матеріал – сталь 40Х ДСТУ 7806, термооброблення- покращення з метою досягнення межі міцності $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$ [3].

Технологічні бази: на даній операції поверхня 23 виступає як установочна база, а поверхня 2 в якості чистової упорної бази на установі А.

Як верстатний пристрій застосовується токарний самоцентрувальний трикулачковий патрон.

Вибір різального інструменту: вибираємо токарний різець і визначаємо його геометричні параметри [5]. Тип різця – токарний прохідний з твердосплавною квадратною пластиною Т15К6, матеріал корпусу (державки) різця – сталь 35ХГСА. Відстань від опорної поверхні різця державки до лінії центрів складає 25мм, тому вибираємо державку різця з поперечним перетином $h \times b = 25 \times 25$ мм, довжина різця 150мм.

Геометричні параметри різця [5]: передній кут $\gamma = 0^\circ$, на зміцнювальній фасці - $\gamma_\phi = 5^\circ$ [4]. Головний кут у плані $\phi = 60^\circ$, радіус при вершині $r = 0,4$ мм.

2.10.2 Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Глибина різання: припуск на оброблення для заданого переходу знімаємо за один прохід, тобто $i=1$, тоді глибина різання визначиться як:

$$t = \frac{D_{\text{заг.ном}} - d_{\text{оп.ном}}}{2}, \quad (2.19)$$

$$t = \frac{33,2 - 30,0}{2} = 1,6 \text{ мм.}$$

Величина подачі для легваної сталі при розмірі поперечного перерізу державки різця 25×25 і діаметрі заготовки до 30мм при $t \leq 1,6 \text{ мм}$ $s_{\theta} = 0,31 \text{ мм/об}$. [6].

Приймаємо для верстата 16К20Ф3 з плавним регулюванням подачі значення $s_0 = 0,34 \text{ мм/об}$. Стійкість різця $T = 120 \text{ хв}$. [6].

Швидкість різання, що допускається різальними властивостями різця:

$$V = \frac{C_V \cdot k_V}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S_0^{y_V}}, \text{ м/хв.} \quad (2.20)$$

де C_V - коефіцієнт, який залежить від матеріалу оброблюваної заготовки і матеріалу різального інструменту, $C_V = 350$ [6].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV}, \quad (2.21)$$

тут K_{MV} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі;

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (2.22)$$

де K_{Γ} - коефіцієнт, що враховує групу сталі, $K_{\Gamma} = 0,95$ [6];

n_V - показник степені при обробленні різанням з використанням пластин із твердого сплаву $n_V = 1$ [6].

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,95.$$

K_{NV} - коефіцієнт стану поверхні, яка обробляється; $K_{NV} = 0,8$ [6];

K_{UV} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту; для марки інструментального матеріалу Т15К6 $K_{UV}=1$ [6].

$$K_V = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,58$$

x_v, y_v, m – показники степені при T, t, s_o . За даними [6] $x_v=0,15$; $y_v=0,35$; $m=0,2$.

$$V = \frac{350}{120^{0,2} \cdot 1,6^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 0,58 = 93,8 \frac{м}{хв.}$$

Частота обертання шпинделя визначиться як $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$, тоді $n = \frac{1000 \cdot 93,8}{\pi \cdot 37,2} = 802,6 \text{ хв}^{-1}$. За паспортом верстата приймаємо $n_\delta = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання визначиться як:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\delta}{1000}, \quad (2.23)$$

$$V_D = \frac{3,14 \cdot 37,2 \cdot 800}{1000} = 93,4 \text{ м/хв.}$$

Перевірка розрахованої швидкості різання, виходячи із потужності електродвигуна верстата:

$$P_Z = C_{Pz} \cdot t^{XPz} \cdot s_o^{YPz} \cdot V^{n_{Pz}} K_{Pz}, \quad (2.24)$$

де C_{Pz} – коефіцієнт, що характеризує умови оброблення, $C_{Pz}=300$;

t – глибина різання, мм;

s_o – подача, мм/об.;

X_Z, Y_Z, n – показники степені у формулі при глибині різання, подачі і швидкості різання, $XP_z=1$; $YP_z=0,75$; $n_{P_z} = -0,15$ [6].

K_{Pz} – загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_{Pz} = K_{MPz} K_{\phi Pz} K_{\gamma Pz} K_{\lambda Pz}, \quad (2.25)$$

де K_{Pz} – коефіцієнт, що враховує зміну механічних властивостей оброблювального матеріалу [6];

$$K_{MPz} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}, \quad (2.26)$$

тут $n_p = 0,75$; $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$.

$$K_{MPz} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1.$$

$K_{\varphi Pz}$ – коефіцієнт, що враховує зміну головного кута в плані φ ; для $\varphi=60^\circ$ і різця з твёрдосплавною пластиною $K_{\varphi Pz}=0,94$ [6];

$K_{\gamma Pz}$ – коефіцієнт, що залежить від переднього кута γ ; для $\gamma=0^\circ$ $K_{\gamma Pz}=1,1$ [6];

$K_{\lambda Pz}=1$.

$$K_{Pz} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,034.$$

$$P_z = 300 \cdot 1,6^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 93,4^{-0,15} \cdot 1,034 = 223,8 \text{ Н}.$$

Потужність, що витрачається на різання [6]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.27)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{223,8 \cdot 93,4}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт}.$$

Для забезпечення нормальної роботи верстата необхідне дотримання умови $N_{\text{різ}} \leq N_q \eta > N_{\text{ун}}$, де: η - коефіцієнт корисної дії приводу верстата. Згідно паспорту верстата $N_q=10 \text{ кВт}$; $\eta=0,9$. $N_{\text{ун}} = 10 \cdot 0,9 = 9,0 \text{ кВт}$, отже $3,4 < 9,0$. Умова виконується, оброблення можливе.

2.10.3 Призначення режимів різання на всі інші операції

Режими різання на всі інші операції технологічного процесу приймаємо за таблицями загальних машинобудівних нормативів режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах з використанням поправочних коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання [6].

Прийняті режими різання скореговані за даними паспортів верстатів і наведені у зведеній таблиці режимів різання 2.9.

Таблиця 2.9 - Режими різання при механічному обробленні деталі „Кришка камери шнека”

№ операції	Зміст операцій і переходів	Модель верстата	Глибина різання, мм	Розрахункові значення			Прийняті значення		
				Подача мм/хв.(1) мм/об(2) м/хв. (3)	Швидкість різання, м/хв.	Частота обертання шпинделя об/хв.	Подача мм/хв. (1) мм/об (2) м/хв. (3)	Швидкість різання, м/хв.	Частота обертання шпинделя об/хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
020	Токарна з ЧПК 1. Установ А точити поверхню 23	16К20Ф3	3,2	0,34 (2)	93,8	802,6	0,34(2)	93,4	800
	2. Установ Б точити поверхню 3		3,2	0,34(2)	93,8	802,6	0,34(2)	93,4	800
025	Свердлувальна з ЧПК 1.Свердлувати отвір Ø10 (поверхня 18). 1.Свердлувати шість отворів Ø6 (поверхня 12).	2Р135Ф2	5	0,15 (2)	38,6	1228	0,15 (2)	37,7	1200
			3	0,11 (2)	39,1	2074	0,11 (2)	37,7	2000
030	Горизонтально- протягувальна 1. Протягнути шість пазів $b=3$ мм (пов.19;20)	7502	-	0,1	10,46	-	-	10	-
035	Шліфувальна 1. Шліфувати поверхню23	3Б153Т	0,2	0,005 (3)	30	171	0,005 (3)	30	170

2.11 Розрахунок норм часу при виконанні операцій

Розрахунок норм часу детально проводимо для операції 020 Токарна з ЧПК, яка виконується за 2 установи – установ А і установ Б.

Після перевірки і корегування режимів різання на операціях технологічного процесу визначається основний (технологічний) час за формулою [7]:

$$T_0 = \frac{L \cdot i \cdot K}{n \cdot S_0}, \quad (2.28)$$

де L – довжина переміщення різця, мм;

$$L = l + l_{вр.} + l_{пер.}, \quad (2.29)$$

тут l – довжина оброблюваної поверхні на даному установі, $l=98$ мм;

$l_{вр.}$ – величина врізання різця,

$$l_{вр.} = t \cdot ctg\varphi = 2,0 \cdot ctg 60^\circ = 1,15 \text{ мм.} \quad (2.30)$$

$l_{пер.}$ – величина перебігу різця, $l_{пер.}=1$ мм;

$$L = 98 + 1,15 + 1 = 100,15 \text{ мм.}$$

i – число проходів на операції, $i=1$;

K – число установів на операції, $K=2$;

n – частота обертання шпинделя верстата, $n=800$ об/хв;

s_0 – величина подачі різця, $s_0=0,34$ мм/об.

$$T_0 = \frac{100,15 \cdot 1 \cdot 2,0}{800 \cdot 0,34} = 0,73 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію [6]:

$$T_D = t_{уст} + t_{пер} + t_{вим}, \quad (2.31)$$

де $t_{уст}$ - час на встановлення і зняття деталі, з урахуванням її перевстановлення, $t_{уст} = 0,5$ хв. [6];

i – число установів, $i=2$.

$t_{пер}$ - час, пов'язаний з переходом при обробленні декількома інструментами на операції, а також з часом на прийоми керування верстатом, що пов'язані з переходом; $t_{пер} = 0$, тому що оброблення поверхні 3 виконується без зміни інструмента та режимів різання.

$t_{вим}$ - час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні; вимірювання оброблюваної поверхні $\varnothing 30_{-0,003}^{-0,020}$ виконується штангенциркулем з ціною поділок 0,05мм; $t_{вим} = 0,32$ хв. [6].

$$T_D = 0,5 + 0 + 0,32 = 0,82 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію визначимо як:

$$T_{оп} = T_o + T_D, \quad (2.32)$$

$$T_{оп} = 0,73 + 0,82 = 1,55 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця приймаємо 5% від оперативного часу:

$$T_{обс} = 0,05 \cdot T_{оп}, \quad (2.33)$$

$$T_{обс} = 0,05 \cdot 1,55 = 0,07 \text{ хв.}$$

Час на перерву та відпочинок при роботі на верстатах з механічною подачею складає 6% від оперативного [6]:

$$T_{відп} = 0,06 \cdot T_{оп}, \quad (2.34)$$

$$T_{відп} = 0,06 \cdot 1,55 = 0,09 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час на оброблення партії деталей $T_{п.з}$ визначаємо за рекомендаціями [6]: при установці деталі в патроні і кількості ріжучого інструменту 6 - 12 хв; на додаткові прийоми: встановлення кожного різця на багаторізцевій державці- 2хв.; отримання інструменту до початку і здача після закінчення оброблення -7хв.

$$T_{п.з}=12+2\cdot 6+7=31\text{хв.}$$

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{відп}, \quad (2.35)$$

$$T_{шт} = 0,73 + 0,82 + 0,07 + 0,09 = 1,71\text{хв.}$$

Визначаємо розмір партії деталей:

$$n_n = \frac{N}{P_o} \cdot q, \quad (2.36)$$

де P_o – число робочих днів у році, $P_o=253$ днів;

q – кількість днів, на які необхідний запас деталей на складі, $q=8$ днів.

$$n_n = \frac{1000}{253} \cdot 8 = 31,6. \text{ Прийmemo } n_n = 32 \text{ деталі.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт.к} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{відп} + \frac{T_{п.з}}{n_n}, \quad (2.37)$$

$$T_{шт.к} = 0,73 + 0,82 + 0,07 + 0,09 + \frac{31}{32} = 1,99\text{хв.}$$

Для усіх інших операцій норми часу визначаємо за аналогічною методикою, їх результати заносимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 –Технічне нормування операцій технологічного процесу

Номер операції	Основний час T_o , хв.	Додатковий час, хв.			Оперативний час $T_{оп}$, хв	Час на обслуговування, $T_{обс}$, хв	Час на перерви та відпочинок, $T_{відп}$, хв	Штучний час, $T_{шт}$, хв	Підготовчо-заклучний час, $T_{пз}$, хв.	Штучно-калькуляційний час, $T_{шт.кз}$, хв
		Час на установку і зняття деталей, $t_{уст}$	Час на переходи, $t_{пер}$	Час на вимірювання деталей, $t_{вим}$						
005	1,10	0,44	0,28	0,04	1,39	0,15	0,15	3,69	11	1,734
010	0,35	0,17	0,16	0,05	0,65	0,052	0,039	0,741	23	1,065
015	0,57	0,09	0,10	0,52	1,28	0,04	0,05	1,37	13	1,43
020	0,73	0,2	0,3	0,67	0,83	0,5	0,61	1,71	31	1,99
030	1,3	0,19	0,15	0,05	1,4	0,38	0,49	1,6	27	1,52
035	2,4	0,34	0,22	0,15	2,61	0,2	0,38	2,88	27	2,93

2.12 Розроблення керувальної програми на операції 020

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК моделі 16K20Ф3 із системою ЧПК 2P22за два установи.

Карта налагодження на операції 020 Токарна з ЧПК показана на кресленику КРМ.ПМ.ФІТА.25.02.03.

Нуль „0” – точка початку руху різального інструменту знаходиться на віддалі 5мм від торця заготовки та на віддалі 5мм від зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 37,4$ мм заготовки.

Керувальна програма:

Установ А

N001 SØ

N002 S800 F 0.34 T1

N003 X0 Z5 E

N004 Z0 F0.34

N005 X14

N006 Z-1 X15

N007 Z-8

Установ Б

N001 SØ

N002 S800 F 0.34 T2

N003 X0 Z-25 E

N004 Z-30 F0.34

N005 X5

N006 Z-11 X24

N007 Z0

N008 Z-8.2 X14.8
N009 Z-8.4 X14.7 R0.3
N010 Z-9.4
N011 Z-10 X17 R5
N012 Z-43
N013 Z-44.2 X18.1 R5
N014 Z-64 X34.5
N015 M02

N008 X49
N009 S800 F 0.34 T3
N010 Z-15 X34 E
N011 Z-13.5 X34.5 R5
N012 Z-8
N013 Z-7 X35 R1
N014 X46.5
N015 Z-6 X47.5
N016 Z2
N017 M02

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при свердлуванні

3.1.1 Призначення, вибір установочних елементів, схеми базування та закріплення деталей

Пристрій призначений для встановлення і закріплення в ньому заготовки, що обробляється на операції 025, на якій виконується свердлування наскрізного отвору $\varnothing 10\text{мм}$ і 6-ти отворів $\varnothing 6\text{мм}$.

В пристрої заготовка базується по поверхні 1 (див. рис.3.1), яка на цій операції виступає як опорна база, а подвійною напрямною установочною базою є поверхня 3, з допомогою якої заготовка встановлюється в бокову призму 2.

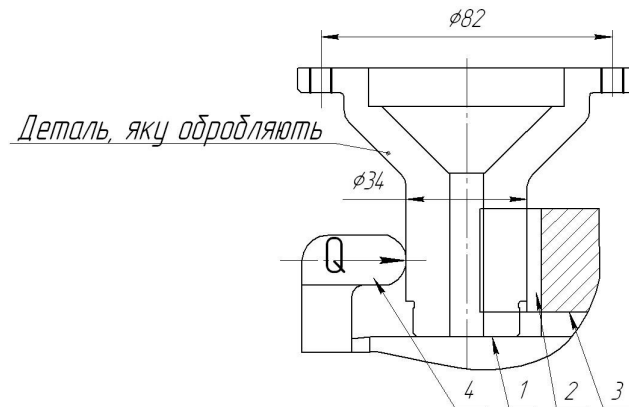


Рисунок 3.1 - Схема встановлення деталі в пристрої

Базування деталі здійснюється по поверхні 3 призми і по поверхні 1. Деталь втрачає п'ять ступенів вільності. Шоста ступінь вільності виключається за рахунок сил тертя між поверхнею деталі $\varnothing 34$ і площинами призми, а також поверхнею важеля, що притискає деталь до призми [8] (див. рис. 3.2).

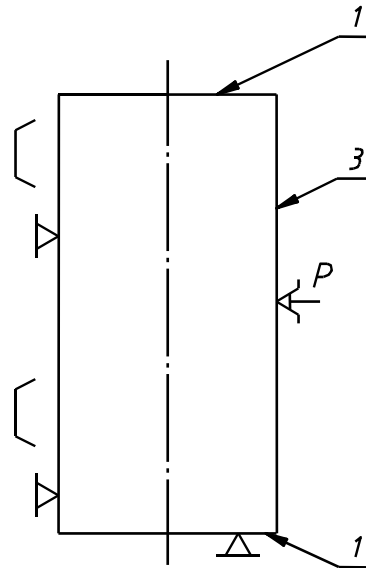


Рисунок 3.2 - Схема базування деталі в пристрої

Бокова призма 2 через стійку 3 кріпиться до площини корпусу пристрою. Сила затиску Q , яка притискає деталь до граней призми пристрою, прикладається до поверхні 3 заготовки.

Приводом пристрою є пневмоциліндр двосторонньої дії. Важіль 4, який притискає заготовку до призми 2, знаходиться в постійному контакті зі штоком циліндра. Пристрій закріплюється на столі верстата за допомогою болтів, які координують положення заготовки відносно інструменту.

3.1.2 Розрахунок сил закріплення деталі та параметрів приводу пристрою

Розрахунок сили закріплення Q ведемо, виходячи із максимального значення обертового моменту сил різання, що діє при свердлуванні отвору $\varnothing 6$ мм. Отже, глибина різання $t=3$ мм.

Обертовий момент від дії сил різання визначається за формулою:

$$M_{об} = 10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot t^{x_m} \cdot s^{y_m} \cdot K_p, \quad (3.1)$$

де C_m, q_m, x_m, y_m - пості

йний коефіцієнт і показники степені у виразі; $C_m = 0,09$; $q_m = 1$; $x_m = 0,9$;
 $y_m = 0,8$ [6].

D - діаметр отвору, $D=10\text{мм}$;

t – глибина різання, $t=5\text{мм}$;

s – подача, $s=0,11\text{мм/об}$;

$n_p = 0,75$ [6].

$$K_p = K_m = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{n_p}, \quad [6] \quad (3.2)$$

$n_p = 0,75$ [6].

$$K_p = K_m = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1.$$

$$M_{об} = 10 \cdot 0,09 \cdot 10^1 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1 = 24,7 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

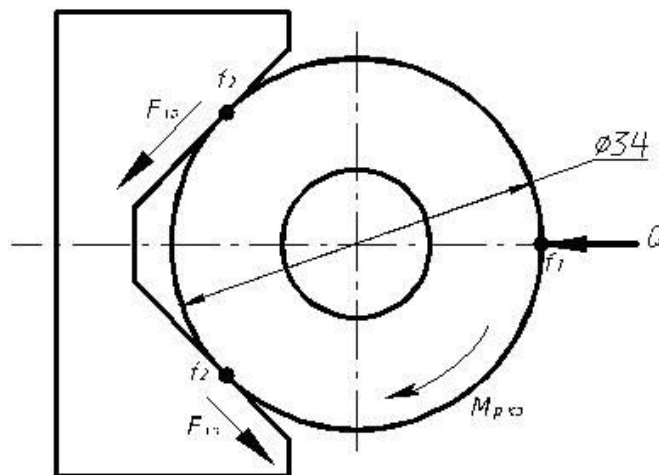


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема для визначення сили закріплення

Обертний момент $M_{об}$ від дії сил різання при свердлуванні отвору $\text{Ø}10\text{H}12$ буде намагатися повернути заготовку навколо вертикальної осі, момент сил тертя F_{mp} , що виникає під дією сили закріплення Q , протидіє цьому і має бути більшим за момент сили різання.

Необхідна величина сили закріплення Q визначається як:

$$Q = \frac{2 \cdot K \cdot M_{\text{пиз}}}{D \cdot \left(f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2} \right)}, \quad (3.3)$$

де $M_{\text{пиз}} = M_{\text{об}} = 24,7 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

D – зовнішній діаметр заготовки, $D = 34 \text{ мм}$;

$f_1 = f_2 = 0,1$ – коефіцієнт тертя сталі по сталі;

α – кут призми, $\alpha = 90^\circ$;

K – коефіцієнт запасу [6]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.4)$$

тут K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує можливе перевищення обертового моменту при свердлуванні, $K_1 = 1,15$;

$K_2 = 1; K_3 = 1; K_4 = 1; K_5 = 1; K_6 = 1,5$; [8].

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 2,59.$$

$$Q = \frac{2 \cdot 2,59 \cdot 24,7}{34 \cdot \left(0,1 + 0,1 \cdot \frac{1}{\sin 90/2} \right)} = 15,58 \text{ Н}.$$

Беручи до уваги те, що довжини плечей важелів відносно їх осі обертання рівні, то сила, яка діє зі сторони штока, буде дорівнювати силі закріплення.

Тоді діаметр пневмоциліндра визначиться із виразу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{ш}}}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.6)$$

де p – тиск робочого середовища в пневмережі, $p = 0,4 \text{ МПа}$.

η – коефіцієнт корисної дії приводу, $\eta = 0,8$;

$Q_{\text{ш}}$ – сила на штоку пневмоциліндра, $Q_{\text{ш}} = 15,58 \text{ Н}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,58}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8}} \approx 7,87 \text{ мм.}$$

Із нормального ряду діаметрів приймаємо діаметр поршня пневмоциліндра із запасом - $D=50\text{мм}$.

$$\text{Дійсна сила на штоку циліндра буде } Q_d = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,8 = 1963 \text{ Н.}$$

Так як $Q_d > Q_p$, то надійне закріплення заготовки в пристрої забезпечується.

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність[8]

Одним із найбільш вразливих елементів пристрою є вісь обертання важеля, яка при закріпленні деталі в пристрої працює на зрізання.

Складаємо розрахункову схему навантаження даного елемента пристрою.

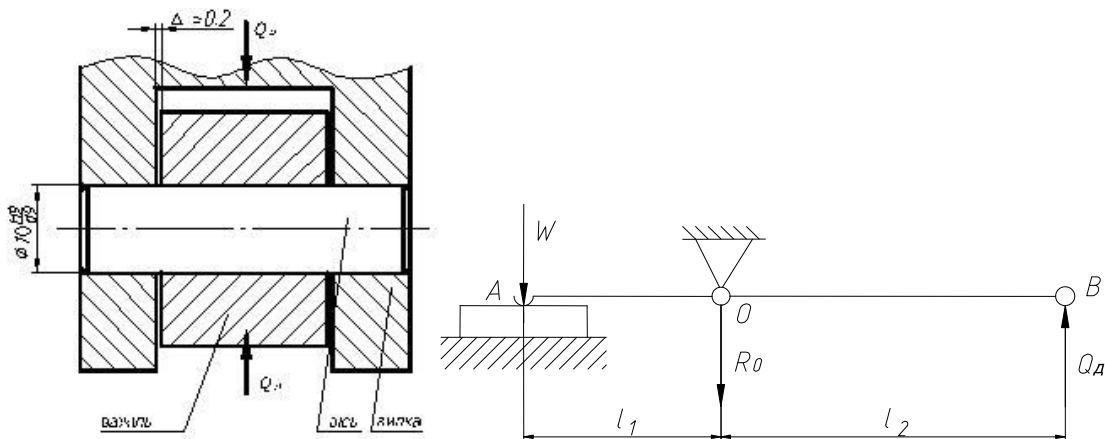


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема навантаження осі

Розрахунок на міцність осі при зрізанні виконується за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot R_0}{\pi \cdot d^2 \cdot i} \leq [\tau_{зр}], \quad (3.7)$$

де R_0 – реакція в точці 0 (див. рис. 3.4), або сила, що діє на вісь важеля.

d - діаметр осі, із конструктивних міркувань приймаємо $d=10\text{мм}$;

i – число площин зрізання осі, $i=2$;

$[\tau_{зр}]$ - допустимі напруження при зрізанні, для сталі 45 $[\tau_{зр}] = 160 \text{ МПа}$.

Величина R_0 визначається наступним чином: сума моментів сил відносно точки A виразиться як $R_0 \cdot l_1 = Q_D \cdot (l_1 + l_2)$.

$$\text{Звідки } R_0 = \frac{Q_D \cdot (l_1 + l_2)}{l_1}, \quad (3.8)$$

тут Q_D - дійсне значення зусилля на штоку пневмоциліндра, $Q_D = 1926 \text{ Н}$;
 l_1, l_2 - плечі важеля; конструктивно приймаємо $l_1 = 33 \text{ мм}$; $l_2 = 33 \text{ мм}$.

$$R_0 = \frac{1953 \cdot (33 + 33)}{33} = 3926 \text{ Н.}$$

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot 3924}{3,14 \cdot 10^2 \cdot 2} = 24,98 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 160 \text{ МПа.}$$

Умова міцності осі виконується, отже, діаметр осі прийнято вірно.

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність [9]

Розмір $\text{Ø}6\text{H}12$ поверхні деталі 12 на попередньо налаштованому радіально-свердлувальному верстаті досягається розмірами інструменту.

Для дотримання допустимого радіального биття поверхні 5 відносно осі поверхні 3 (див рис. 1.3) необхідно визначити допустиме відхилення від перпендикулярності установочних елементів (поверхонь Б площин призми) відносно базової поверхні пристрою А (див. рис.3.5).

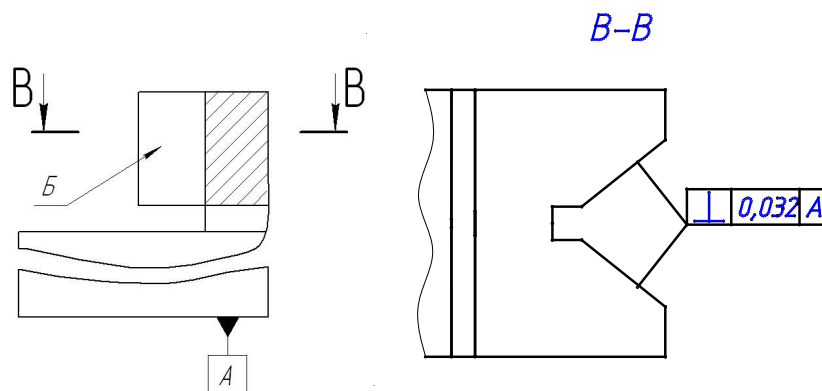


Рисунок 3.5 – До розрахунку пристрою на точність

Розрахунок пристрою на точність проводимо за формулою [9]:

$$\varepsilon_{np} = IT - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{ін}^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (3.9)$$

де IT – допуск співвісності осей поверхні 10 ($\varnothing 34H10$) і поверхні 3 ($\varnothing 50e8$), який рівний половині допуску на радіальне биття поверхні 5 відносно осі поверхні 3, тобто, $IT = \frac{0,2}{2} = 0,1$. [10]

ε_{σ} – похибка базування, при базуванні поверхні 3 в призмі, яка

визначиться як

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{IT_D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right), \quad (3.10)$$

тут IT_D – допуск на розмір поверхні 3 ($\varnothing 50e8$), $IT_D = 0,039$;

α – кут призми, $\alpha = 90^\circ$.

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{0,039}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} \right) = 0,027 \text{ мм.}$$

ε_3 – похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,03$ мм; [9],

$\varepsilon_{уст}$ – похибка установки пристрою, яка визначиться як:

$$\varepsilon_{уст} = \frac{1}{2} S, \quad (3.11)$$

де S – найбільший зазор між напрямною шпонкою пристрою і пазом стола. Болт з'єднується з пазом стола з посадкою $18 \frac{H7}{g6}$.

$$S = ES - ei \quad (3.12)$$

тут $18H7$ ($ES = 0,018$; $EI = 0$); $18g6$ ($es = -0,006$; $ei = -0,017$);

$$S = 0,018 - (-0,017) = 0,035 \text{ мм. } \varepsilon_{yctm} = \frac{1}{2} 0,035 = 0,017 \text{ мм.}$$

ε_{zn} - похибка зношування установочних елементів пристрою, $\varepsilon_{zn} = 0,02 \text{ мм}$;

ε_{in} - похибка зміщення різального інструменту, за відсутності напрямних елементів пристрою $\varepsilon_{in} = 0$;

ω - економічна точність оброблення за паспортом верстата, $\omega = 0,05 \text{ мм}$;

K - коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу окремих складових $K=1,2$ [9];

K_1 – коефіцієнт, який береться до уваги у випадку, якщо похибка базування не рівна нулю ($\varepsilon \neq 0$), в умовах серійного виробництва $K_1=0,8$ [9];

K_2 – коефіцієнт, значення якого приймають рівним $K_2=0,7$ [9].

$$\varepsilon_{np} = 0,1 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,027)^2 + 0,03^2 + 0,017^2 + 0,02^2 + 0^2 + (0,7 \cdot 0,05)^2} = 0,032 \text{ мм.}$$

Щоби витримати допуск розміру, який визначає положення поверхні 10 ($IT=8 \text{ мм}$), необхідно визначити допуск на розміри важеля пристрою l_1 і l_2 (див. рис. 3.4).

$$\varepsilon_{np} = IT_{(\Gamma_1 + \Gamma_2)} \leq IT_{10} - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_{zn}^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (3.13)$$

де ε_{δ} - похибка базування, яка рівна допуску на розмір, що визначає довжину заготовки L . Так як $IT_L=0,4 \text{ мм}$, то $\varepsilon_{\delta} = \varepsilon_L = 0,4 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_{np} = IT_{(\Gamma_1 + \Gamma_2)} \leq 0,8 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,4)^2 + 0,02^2 + (0,7 \cdot 0,05)^2} = 0,42 \text{ мм.}$$

Сумарний допуск на розміри Γ_1 і Γ_2 розподіляємо таким чином:

$$\varepsilon_{np} = 0,42 = IT_{\Gamma_1} + IT_{\Gamma_2} = 0,30 + 0,12 \text{ мм. Отже, } IT_{\Gamma_1} = 0,30 \text{ мм і } IT_{\Gamma_2} = 0,12 \text{ мм.}$$

3.1.5 Розроблення технічних умов на пристрій та описання його роботи

Пристрій для свердлування отворів на торці деталі зображений на аркуші КМР.ПМ.ФІТА.25.03.01.00 СК. На ньому на операції 025 виконується свердлування наскрізного отвору $\varnothing 10H12$ та 6-ти кріпильних отворів $\varnothing 6H12$.

При обробленні деталі в пристрої необхідно витримати допустиме радіальне биття поверхні 2 відносно осі поверхні 13 та співвісність поверхонь 13 і 23.

Перераховані вище поверхні обробляються із різною точністю і, відповідно, є різними вимоги до точності їх відносного розміщення, яке має бути забезпечене при обробленні деталі у спроектованому пристрої.

Технічні вимоги до спроектованого пристрою наступні:

- тип виробництва – серійний;
- програма випуску – 1000 штук на рік;
- установочні і приєднувальні розміри пристрою мають відповідати верстату моделі 2P135Ф2;
- регулювання конструкції не допускається;
- час закріплення пристрою не більше 0,05 хвилин;
- рівень уніфікації елементів пристрою 70%;

Вихідні дані заготовки перед операцією 025:

- зовнішній діаметр заготовки $\varnothing 95e8$
- шорсткість поверхні $R_a 1,6$ мкм;

Вихідні дані операції 025:

- діаметр центрального отвору $\varnothing 10H12 \left(\begin{smallmatrix} +0.28 \\ -0 \end{smallmatrix} \right)$;
- глибина отворів $10H12 \left(\begin{smallmatrix} +0.28 \\ -0 \end{smallmatrix} \right)$ - $45 \pm 0,8$ мм;
- діаметри 6-ти отворів $\varnothing 6H12 \left(\begin{smallmatrix} +0.28 \\ -0 \end{smallmatrix} \right)$;
- глибина отворів $\varnothing 6H12$ - $7 \pm 0,08$ мм;
- шорсткість поверхонь отворів $10H12$ і $\varnothing 6H12$ – $R_a 2,5$;
- зміщення осі отвору $\varnothing 6H12$ відносно осі зовнішньої поверхні – 0,1 мм;
- верстат обслуговує свердлувальник 3-го розряду.

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1 Призначення пристрою

Контрольно-вимірювальний пристрій призначений для контролю торцевого биття поверхні 2 відносно осі отвору $\text{Ø}55^{+0,074}$.

Конструкція пристрою зображена на рис. 3.6.

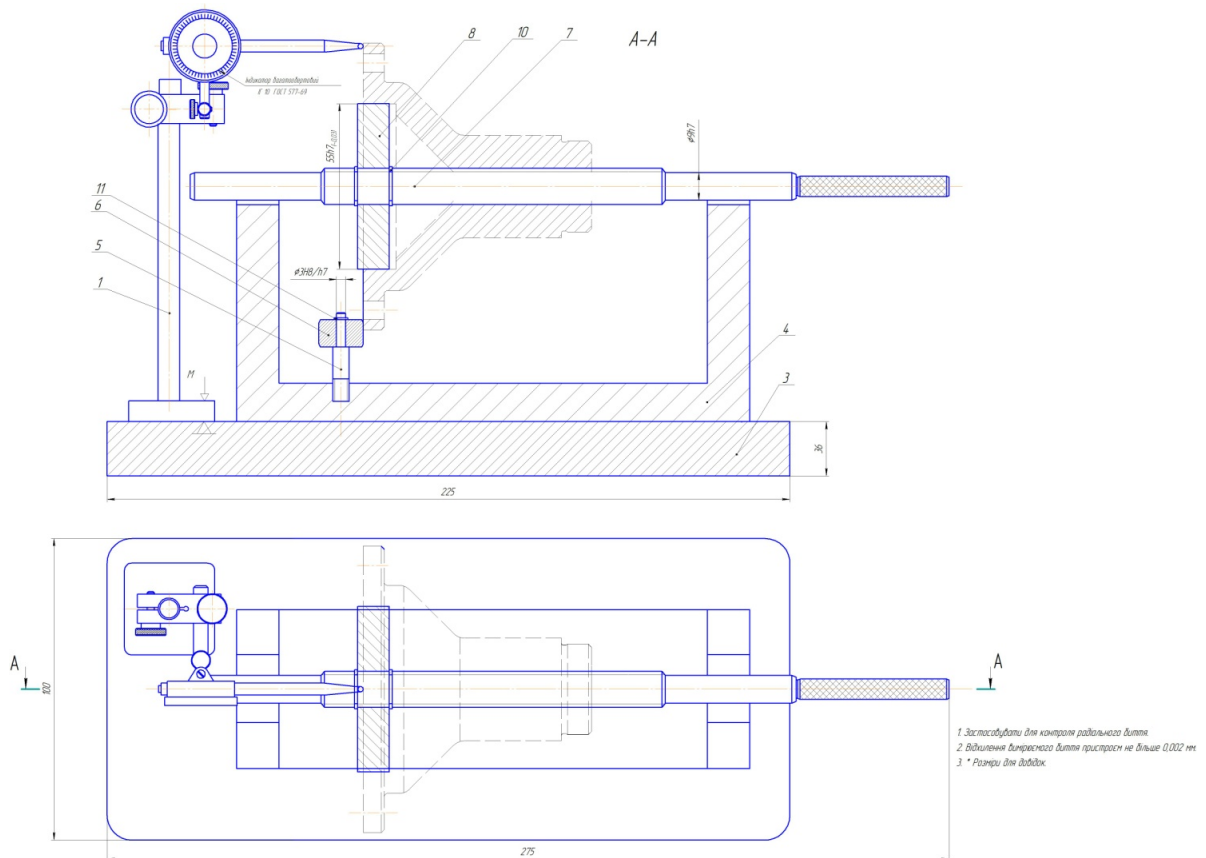


Рисунок 3.6 – Пристрій контрольний

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок контрольно-вимірювального пристрою на точність полягає в визначенні похибки виготовлення тих поверхонь, які визначають положення контрольованої деталі в пристрої, відносно вимірювального інструменту.

Для розрахунку допустимої непаралельності ε_{np} загальної осі встановлення деталі відносно верхньої площини основи пристрою використовують формулу [9]:

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{3}IT - K \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (3.14)$$

де IT – допуск радіального биття поверхні 2 відносно осі поверхні 18, згідно кресленника деталі $IT = 0,18\text{мм}$;

ε_{δ} - похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0,027\text{мм}$;

ε_{zn} - похибка зношування установочних елементів пристрою, $\varepsilon_{zn} = 0,02\text{мм}$;

ω - точність вимірювального інструменту; для індикатора годинникового типу з ціною поділки $0,01\text{мм}$ границі допустимої похибки складають $\pm 0,001\text{ мм}$, отже, $\omega = 0,002\text{мм}$;

K - коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу окремих складових [9], $K=1,2$;

K_1 - коефіцієнт, який береться до уваги у випадку, коли похибка базування не рівна нулю ($\varepsilon \neq 0$); для умов серійного виробництва $K_1=0,8$ [9];

K_2 - коефіцієнт, який приймається $K_2=0,7$.

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{3}0,18 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,027)^2 + 0,02^2 + 0^2 + (0,7 \cdot 0,002)^2} = 0,007\text{мм}.$$

Допустима непаралельність загальної осі установочних призм відносно поверхні А дорівнює $0,007\text{мм}$, в той час коли допуск на непаралельність бокових сторін паза відносно осі призм складає $0,18\text{ мм}$.

Описання роботи пристрою

Для контролю вказаного параметра деталей розміщують на оправці $\varnothing 10\text{мм}$ (поз. 7), яка має довгий шпонковий паз, на який також встановлюють вкладку $\varnothing 55$. Оправка проводять через центральний отвір і вкладку фіксують в отворі деталі $\varnothing 55\text{Н8}$. Оправку разом із деталлю встановлюють на опорні призми так,

щоби торець деталі торкався опорного ролика (поз. 6). Зліва поряд із деталлю встановлюють індикаторну магнітну стійку із індикатором годинникового тикку з ціною поділки 0,002мм так, щоби його наконечник торкався торця деталі. Індикатор налаштовують на «0» і з допомогою рифленої ручки оправку разом із деталлю повертають на 360°. Знімають покази індикатора, які і будуть значення торцевого биття поверхні 2 відносно базового отвору Ø55H8.

3.3 Проектування різального інструменту

Оброблення внутрішніх шпонкових пазів деталі „Кришка камери шнека” виконується на операції Горизонтально-протягувальна із застосуванням спеціальної шпонкової протяжки.

Так як згідно технічних вимог на виготовлення деталі пази для розміщення в них абразивної суміші не є шліцьовими пазами із відповідними вимогами до шліцьового з'єднання, то їх виготовлення с умовах серійного виробництва може бути здійснене не шліцьовою, яка є дорогою у виготовленні, а звичайною шпонковою протяжкою при її кількарразового застосування з фіксованим поворотом деталі на потрібний кут.

Вихідні дані для проектування протяжки:

- діаметр отвору заготовки $D=10\text{мм}$;
- довжина отвору $L=47\text{мм}$;
- ширина $b=3\text{мм}$ і глибина шпонкового паза $t_l=11,5\text{мм}$;
- матеріал заготовки – сталь 40Х ДСТУ 7806.

3.3.1 Проектування шпонкової протяжки [11]

Для шпонкових протяжок приймаємо генераторну схему, за якою припуск на оброблення розподіляється між зубцями.

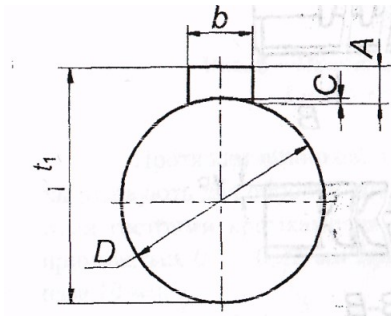


Рисунок 3.7–До визначення припуску для шпонкової протяжки

Встановлюємо загальний припуск A , який знімається протяжкою (див. рис. 3.7):

$$A = t_1 - D + C \quad (3.15)$$

де t_1 - висота шпонкового паза за ДСТ 23360-78; $t_1=11,5$ мм.

D - діаметр отвору; $D=10$ мм;

C -висота сегмента кола на ширині шпонкового паза b . $C=0,23$ мм.

$$A = 11,5 - 10 + 0,23 = 1,73 \text{ мм.}$$

Подача або підйом на зуб $s_z=0,04$ мм/зуб [11].

Попередньо визначаємо крок різальних зубців:

$$p_p = m\sqrt{L}, \text{ де } 1,25 \leq m \leq 1,5. \quad (3.16)$$

Прийmemo $m=1,3$, тоді $p_p = 1,3 \cdot 6,8 = 8,9$ мм. Остаточno $p_p = 9$ мм.

Найбільше число зубців, які беруть участь у роботі одночасно:

$$Z_{\max} = \frac{L}{p_p} + 1 = \frac{47}{9} + 1 = 6,222, \quad (3.17)$$

В отриманій величині Z_{\max} дробова частина відкидається, але у будь-якому випадку необхідно, щоби $Z_{\max} > 3$. Округляємо отриманий результат до

значення, взятого із нормального ряду числа зубців протяжок: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 18, 20, 22, 25 мм. Приймаємо $Z_{max} = 6$.

Призначаємо крок калібрувальних зубців для шпонкових протяжок:

$$p_k = p_p = 9 \text{ мм}.$$

Визначаємо розміри профілю зубів протяжки в осьовому перерізі (див. рис. 3.8):

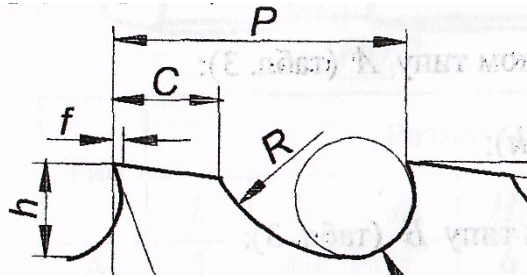


Рисунок 3.8 – Форма і розміри стружкових канавок чорнових зубців протяжки

Глибина стружкової канавки зуба h приймається в межах від $0,35p_p$ до $0,48p_p$, звідси маємо $h = 0,4 \cdot 9 = 3,6$ мм. Отримана величина має бути більшою мінімально допустимого значення h_{min} , розрахованого із умови вільного заповнення канавки стружкою:

$$h \geq h_{min} = 1,13 \sqrt{L \cdot k \cdot s_z} = 1,13 \cdot \sqrt{47 \cdot 3 \cdot 0,02} = 1,89 \text{ мм} \quad (3.18)$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

k - коефіцієнт заповнення стружкової канавки;

s_z - величина підйому на зуб або подача.

У випадку, якщо умова вільного заповнення канавки стружкою не виконується, вибирається наступне значення кроку зубців із переліку рекомендованих і розрахунок повторюється.

Ширина спинки зубця: рекомендовано $0,25p_p < C < 0,4p_p$. Приймаємо $C = 2,7$ мм. Радіус заокруглення дна канавки: рекомендовано $0,5h < r < 0,75h$, приймаємо $r = 2$ мм. Радіус спинки зубця R : рекомендовано $0,65 p_p < R < 0,70 p_p$. Приймаємо $R = 6$ мм.

Визначаємо висоту передньої напрямної частини. У шпонкової протяжки за даними [11] вона рівна висоті хвостовика H_1 . За цими даними визначаються і усі інші розміри хвостовика, включно з площею його небезпечного перерізу.

Протяжки шириною $b < 10$ мм із швидкорізальної сталі виготовляються суцільними. Площа небезпечного перерізу канавки першого зуба для плоских протяжок з хвостовиком типу А [11] розраховується згідно формули:

$$F_1 = b(H_1 - h) = 3 \cdot (9 - 3,6) = 16,2 \text{ мм}^2 \quad (3.19)$$

де b - ширина шпонкового паза, мм;

B_1 - ширина потовщеної частини тіла протяжки в мм, яка приймається із умови $b+2 < B_1 < b+6$. Приймаємо $B_1 = 7$ мм.

$$H_0 = H_1 - h_1 = 9 - 4,5 = 4,5 \text{ мм.} \quad (3.20)$$

де h_1 - висота першого зуба, $h_1 = 1,25h = 1,25 \cdot 3,6 = 4,5$ мм.

Підраховуємо найбільшу силу при протягуванні F_{max} за формулою:

$$F_{max} = p_n \cdot b \cdot Z_{max} = 136 \cdot 3 \cdot 6 = 2448 \text{ Н.} \quad (3.21)$$

тут p_n - питома зусилля на довжині різального леза в Н/мм [6];

b - ширина шпонкового паза, мм;

Z_{max} - число зубів, що працюють одночасно.

Модель горизонтально-протягувального верстата підбираємо так, щоби тягове зусилля верстата відповідало умові $F_{верст} \geq F_{max}$.

Розрахунок протяжки на міцність проводимо:

- по канавці першого зуба за формулою:

$$\sigma_p = \frac{F_{\max}}{F_1} = \frac{2448}{16,2} = 151,1 \leq [\sigma]_p \quad (3.22)$$

- по хвостовику за формулою:

$$\sigma_p = \frac{F_{\max}}{F_{xв}} = \frac{2448}{14,7} = 166,5 \leq [\sigma_p] \quad (3.23)$$

тут $[\sigma_p]$ - допустиме напруження на розрив.

Шпонкова протяжка у будь якому її перерізі має відповідати:

а) вимогам міцності. При цьому навантаження на протяжку має розглядатися як несиметричне. Тому шпонкові протяжки окрім напружень на розривання зазнають ще й напружень згинання. Але такі розрахунки є достатньо складними, тому міцність протяжки забезпечується зменшенням величини допустимих напружень $[\sigma_p]$: для швидкорізальної сталі приймаємо $[\sigma_p]=200\text{МПа}$, для легованої сталі $[\sigma_p]=150\text{МПа}$.

Визначаємо висоту калібрувальних зубців:

$$H_k = H_{xв} + A = 7,2 + 1,73 = 9\text{мм} \quad (3.24)$$

де $H_{xв}$ - висота хвостовика, мм;

A - припуск на протягування, мм.

Розраховуємо висоту різальних зубців. Насправді це висота протяжки H_i . Висота першого різального зуба H_1 приймається рівною висоті хвостовика, тобто, $H_1 = H_{xв} = 9\text{мм}$. Висота наступних зубців збільшується на величину підйому на зуб s_z . Останні два різальних зуби розглядаються як перехідні, а їх висота визначається додаванням до висоти попереднього зуба. Допуск на висоту різальних зубців приймається $0,005\text{мм}$, на калібрувальних - $0,002\text{мм}$.

Визначаємо число різальних зубців:

$$Z_p = \frac{A}{s_z} + 2 = \frac{1,73}{0,04} + 2 = 44. \quad (3.25)$$

Висота різальних зубців уточнюється за таблицею розмірів зубців. Необхідно перевірити, щоб висота останнього різального зуба дорівнювала висоті калібрувальних, тобто, $H_{pi}=H_k=H_{xв} + A$. Число калібрувальних зубів приймають $z = 4$.

Слід мати на увазі, що для оброблення деталей шпонкові протяжки, зазвичай, комплектами не виготовляються. Якщо необхідно обробити шпонковий паз за декілька проходів, застосовують тільки одну протяжку і змінні розмірні підкладки, які вставляються між протяжкою і дном паза напрямної оправки.

Загальна довжина протяжки розраховується як:

$$L_n = l + l_1 + l_2 \quad (3.26)$$

де l - відстань від торця хвостовика до першого зуба, яка вибирається залежно від довжини передньої напрямної частини, довжини напрямної втулки (адаптера), довжини хвостовика, що входить у патрон, і товщини упорної плити верстата, $l=160$ мм;

l_1 - довжина робочої частини протяжки, що дорівнює сумі довжини різальної і калібрувальної частин, тобто, $L_p + L_k$.

l_2 - довжина напрямної частини протяжки, яку приймемо рівною 10мм.

Довжина різальної частини: $L_p = Z_p \cdot p_p = 6 \cdot 9 = 54$ мм.

Довжина калібрувальної частини: $L_k = Z_k \cdot p_k = 4 \cdot 9 = 36$ мм.

Тоді $l_1 = 54 + 36 = 90$ мм.

Отже, загальна довжина протяжки складе $L_n = 160 + 90 + 10 = 260$ мм.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Підвищення зносостійкості різального інструменту застосуванням охолодження його робочої зони

Застосування технологічних середовищ (ТС) вважається одним з основних напрямків удосконалювання механічного оброблення різанням. Такі види ТС як рідинні засоби охолодження (РЗО), що широко застосовуються, при їх певних перевагах мають також істотні недоліки. Для РЗО на основі мастил - це низькі охолоджувальні властивості, їх мала термічна стабільність, пожежна небезпека; для РЗО на основі води - невисокі мастильні властивості та підвищена випаровуваність. Обидва види РЗО мають невисоку стабільність властивостей у часі, що викликає необхідність встановлення на верстаті спеціальних фільтрів чи інших пристроїв для очищення і підтримування потрібних експлуатаційних властивостей РЗО.

Основний недолік РЗО – незадовільний вплив на умови праці робітника. Багато із них несприятливо впливають на організм робітника та забруднюють робоче місце. У більшості випадків застосування РЗО утруднює візуальне спостереження за станом робочої крайки інструмента і якістю поверхні деталі, що обробляється. Тому необхідне прискорене промислове розроблення принципово нових видів ТС, а також технічних засобів для їх подавання у зону оброблення.

4.1 Механічне оброблення з охолодженням іонізованим повітрям [12]

Вибір повітря в якості ТС обумовлений багатьма перевагами: цей вид ТС доступний і дешевий. Повітря може бути подане з централізованої пневмомережі у будь-яке місце цеху або безпосередньо взяте із атмосфери і стиснуте індивідуальним компресором холодильного циклу. Використання повітря як холодоагенту дозволяє застосовувати звичайне цехове компресорне устаткування, при цьому повітряно-холодильні установки усіх типів мають високу мобільність, малий час розвантажування і налагоджування на потрібний режим. Застосування в

цих умовах інших холодоагентів вимагає обов'язкового включення додаткового контуру передачі холоду від холодоагенту до холодоносія, що викликає відповідне збільшення капіталовкладень і енергетичних витрат. Повітря може бути використане як холодоносієм і холодоагент в широкому діапазоні температур (до 80°K), що охоплює практично всі температури, які характерні для використання холоду в машинобудуванні. Ефективність усіх видів газових засобів полягає також у їх підвищеній здатності виносити із зони різання дрібні частки продуктів різання, що в ряді випадків (наприклад, чистове лезове чи абразивне оброблення) є одним з найважливіших вимог до ТС. Повітряне ТС не токсичне і при цьому забезпечує добрі санітарно-гігієнічні умови на робочому місці. Так, у порівнянні із РЗО, воно не забруднює робочого місця, що полегшує спостереження за станом інструменту і поверхнею деталі в зоні різання.

Фізико-хімічний механізм дії охолодженого іонізованого повітря (ОПІ) обумовлений зміною умов взаємодії клину різального інструменту з оброблюваним матеріалом, які виражаються насамперед у зміні характеру зношування робочих поверхонь інструменту. У цьому випадку фізико-хімічний механізм зношування варто розглядати як контактування поверхонь, що супроводжується механічною, адгезійною та дифузійною взаємодією. При цьому змінюються механічні властивості, структура, фазовий склад і хімічна активність поверхневих шарів, що призводить до зміни якості обробленої поверхні, яку визначають метало-структурні процеси, а саме газовиділення і поглинання.

У процесі різання інструмент і заготовка контактують по „фізично чистих” поверхнях. При цьому відбувається взаємне притягування часток на поверхнях розділення, обумовлене силами молекулярної взаємодії. Якщо величина цих сил порівнянна із силами зв'язків у кристалічних ґратках, то спостерігається „злипання” тіл, тобто, адгезія. Окрім цього на контактних поверхнях протікають процеси адсорбції, а також активні хімічні процеси.

Адсорбція істотно впливає на активність повітряного ТС, що обумовлено формуванням поблизу поверхні сторонніх часток. Частина надлишкової енергії витрачається на зв'язування часток і поверхнева енергія зменшується, тобто,

спостерігається адсорбція. Вона буває двох видів: фізична, обумовлена силами взаємодії Ван-дер-Ваальса, і хімічна, тобто, для випадку хімічної реакції між активною частиною молекул адсорбента і молекул твердого тіла (хемосорбція). Граничні адсорбовані шари на поверхнях володіють великою механічною міцністю і здатні витримувати без руйнування високий тиск - до 10^6 МПа. Залежність адсорбції на поверхні від температури описується рівнянням Гіббса:

$$\Gamma_s = - C / RT (d\sigma / d), \quad (4.1)$$

де C - рівноважна концентрація адсорбента в обсязі фази, що межує з адсорбуючою поверхнею, моль/м³;

σ - питома поверхнева енергія адсорбенту, Дж;

R - газова постійна;

T - температура, °К.

Інертні гази, що застосовуються при обробленні металів, за частотою використання розташовуються в наступній послідовності – аргон, азот, гелій.

Активні хімічні процеси є іншою відмінною рисою контактної взаємодії ювенільних поверхонь. Це обумовлено тим, що при різанні металів активні в хімічному відношенні поверхні різця і стружки вступають у хімічну реакцію з компонентами ТС, у результаті чого утворюються захисні плівки, які екранують сили адгезії між ювенільними поверхнями. Їх захисні властивості виявляються в тих випадках, коли плівки витримують питомі навантаження не руйнуючись і, відповідно, блокують адгезійний зв'язок. Відомо, що навіть у розрідженому повітряному середовищі (за тиску біля 10^{-5} Па) для утворення мономолекулярних захисних шарів навіть незначна концентрація кисню достатня, тоді і виявляється дія окисних плівок. У результаті нерівномірного розподілу температури і питомого тиску по довжині контакту на різних ділянках передньої поверхні різця утворюються окисли, сульфідів і хлориди металів. На ділянках, що безпосередньо примикають до крайки, яка ріже, утворюються плівки сульфідів, хлоридів, а в точках відриву стружки від різця – окисли металів.

Газова атмосфера сприяє інтенсифікації хімічних процесів, тому що вона містить багато активних молекул і радикалів, які взаємодіють із контактними поверхнями металів. Газова і паро-повітряна атмосфери є найбільш сприятливими з точки зору прискорення хімічних реакцій і утворення захисних плівок. З повітря в першу чергу адсорбується кисень, що має більш високу температуру кипіння (90°K), а потім азот (77°K). Атоми кисню утворюють з атомами металу міцні хімічні зв'язки. Відповідно до гіпотези Кабрера і Мотта іони та електрони в хімічно адсорбованій плівці рухаються незалежно один від одного. Механізм росту тонких окисних плівок полягає в переході через тонкий мономолекулярний шар електронів металу до кисню. Критична товщина тонких плівок за розрахунками Кабрера складає $2 \cdot 10^{-3}$ мм.

Вплив температури на швидкість хімічних реакцій дуже великий. Середній час перебування молекули на поверхні різця в залежності від температури різання можна визначити за формулою:

$$\tau = \tau_0 e^{Q/RT}, \quad (4.2)$$

де τ - час молекулярного коливання, ($\tau = 10^{-13} \dots 10^{-12}$ с);

e - підстава натурального логарифма;

Q - теплота при фізичній адсорбції, яка складає 8000...42000 Вт/моль.

Активация повітря електричним розрядом (безперервним розрядом коронного типу) призводить до іонізації повітря і насичення його озоном. Озон (O_3), будучи сильним окислювачем, коли потрапляє на поверхню металу, призводить до утворення окисної плівки. Роль коронного розряду в здійсненні реакції на поверхні полягає в перенесенні до неї нових порцій газу і надання молекулам додаткової енергії, необхідної для подолання активаційного бар'єру. Захисними властивостями володіють тільки щільні оксиди, що мають коефіцієнт обсягу α (фактор Піалінга–Бедвортса) у межах 1...2,5:

$$\alpha = \frac{M_{Mex} Q_y \rho_{Me}}{x A_{Me} \rho_{Mex} Q_{me}}, \quad (4.3)$$

де M_{Mex} - молекулярна маса плівки;

O_y – теплота хімічної адсорбції окислу;

ρ_{Mv} - щільність окислу;

A_{Me} - атомна маса металу;

ρ_{Mex} - щільність металу;

O_{me} – теплота хімічної адсорбції металу;

x - число атомів металу, які входять у молекулу окислу.

Активна захисна роль оксидних плівок на контактних поверхнях у більшій мірі визначається контактною температурою. Між товщиною плівки і температурою існує визначена залежність. При низьких температурах товщина δ плівки змінюється за логарифмічним законом і асимптотично наближається до деякої постійної величини:

$$\delta = \delta_0 (1 - e^{-KSt}), \quad (4.4)$$

де δ_0 - постійна гранична величина

K - константа швидкості гетерогенної реакції;

S - поверхня розділу, в см^2 ;

t – час, с.

При високих температурах, коли плівка оксиду така, що кисень як головний компонент у ній володіє високою дифузійною здатністю і градієнт концентрації кисню по товщині плівки (grad C) можна вважати величиною постійною, товщина плівки зростає за лінійним законом:

$$\delta = \frac{M}{\rho} D_T \text{ grad C}, \quad (4.5)$$

де D_T - коефіцієнт дифузії;

ρ - щільність оксиду;

M - молекулярна маса оксиду.

Поняття активації ТС включає будь-які впливи на неї, спрямовані на

підвищення її ефективності при різанні. Розрізняють декілька видів активації: електрична, електрохімічна, магнітна, електромагнітна (випромінюванням), термічна, механічна і фізична. Для газоподібних ТС застосовують, в основному, електричну активацію і електромагнітне випромінювання. Безперервний розряд коронного типу застосовують тільки для повітряних ТС. Він іонізує повітря і сприяє насиченню його озоном, забезпечує подолання атомами і молекулами середовища потенційного бар'єру, що перешкоджає їх взаємодії з поверхнею металу в зоні контакту при різанні. Кінетична і потенційна енергія часток ТС при активації може досягати величин, при яких послабляються або розриваються внутрішні молекулярні зв'язки в молекулі ТС. Внаслідок цього утворюються компоненти, які підсилюють ефект хімічного змащування при різанні. ТС переходить у деякий метастабільний стан (активізований комплекс), що характеризується підвищеною здатністю проникати на контактні поверхні та утворювати змащувальні хімічні плівки.

Охолоджене іонізоване повітря, яке подається у зону різання замість РЗО під тиском, дозволяє підвищити захисну роль плівок, а самому середовищу забезпечити деяку універсальність. Змінюючи температуру, тиск, концентрацію іонів та молекул завжди можна домогтися позитивного ефекту для будь-якого поєднання оброблюваного та інструментального матеріалів і параметрів режиму різання.

Наступним позитивом застосування даного виду охолодження зони різання є конвективний теплообмін газу з нагрітою поверхнею. Будь-яка зміна температури і тиску в зоні різання призводить до значної зміни теплоємності газу, а, отже, і до збільшення або зниження ефективності охолодження зони різання. Залежність теплоємності звичайних газів від температури описується емпіричними рівняннями виду:

$$C_{Pm} = a + bT + c, \quad (4.6)$$

де a , b , c – постійні, залежні від природи газу.

Регулюючи тиск ОП, можна у визначеному діапазоні керувати теплоємністю

газу, що особливо ефективно в області високих температур. Проходження під тиском повітряної маси над пластиною різального інструменту збільшує коефіцієнт масової передачі внаслідок заміни молекулярної дифузії на конвективну, що призводить, у результаті, до інтенсивнішого охолодження зони різання.

Лабораторні випробування оброблення різанням із застосуванням ОПП, в охолоджену повітрі (ОП) та в звичайній атмосфері (В) проводили на токарному верстаті мод.16К20 з приводом плавного регулювання швидкості різання. Для отримання порівняльних даних досліди проводили в однакових умовах оброблення. Тиск повітря на вході в патрубок-іонізатор пристрою охолодження та іонізації повітря складав 0,4МПа, напруга мережі – 220В. Досліди проводили за методиками класичного однофакторного експерименту, а також із застосуванням багатофакторного експерименту типу 2⁴.

Іонізоване охолоджене повітря підводили через державку різця; при цьому ОПП подавали безпосередньо в зону різання з боку передньої поверхні різця з пластининою зі сплаву Т15К6. При проведенні дослідів обробляли корозійностійку сталь 10Х32Н8 із режимами різання: $v = 100...300\text{м/хв}$; $s = 0,15...0,47\text{мм/об}$; $t = 0,2...1\text{мм}$. Характер зношування інструмента, а також розміри лунки зношування на передній грані і площадки зношування на його задній поверхні визначали за допомогою інструментального мікроскопа, а також фіксацією фотографуванням.

Було встановлено, що вплив ОПП на коефіцієнт усадки стружки і енергетичних показників процесу різання (складових сил різання), зміна стану газоподібного холодоагенту (повітря - В, ОП, ОПП) і параметри режиму різання дещо підвищують коефіцієнт усадки стружки. Особливо істотно вони впливають на величину складових сили різання і вид їх залежностей. Традиційне співвідношення складових сил різання $P_x < P_y < P_z$ зберігається при будь-якій комбінації параметрів режимів різання і застосовуваного холодоагенту і значно змінюється при роботі з пластиною з покриттям Ті: різко зростає значення складової P_y , що у 1,5...2 рази перевищує значення складових P_x і P_z , а при значних глибинах різання і малих величинах подачі складові P_z і P_x практично порівнянні. За будь-яких співвідношень швидкості v і подачі s при значних глибинах різання перехід від П до

ОП, а потім до ОПІ супроводжується зменшенням складової P_y 2...3 рази, чого не спостерігається при роботі з пластиною Ті. Слід зазначити також, що при значних глибинах і малих швидкостях різання в порівнянні з різанням за малих глибин, зміна холодоагенту від П до ОП і ОПІ призводить до зміни характеру залежності складової P від висхідної до такої, що спадає.

Швидкість різання в усьому дослідженому діапазоні практично не впливає на зміну складових сили різання. У порівнянні з глибиною різання величина подачі на 20...30% впливає менше, а при роботі з пластиною Ті вплив величини подачі і глибини практично порівнянний. Тому для зростання продуктивності оброблення варто працювати на підвищених швидкостях різання. Максимальні зміни складові сили різання в даному дослідженні склали: $P_x = 90...430\text{Н}$; $P_y = 120...680\text{Н}$; $P_z = 160...740\text{Н}$; для пластин із напилюванням відповідно: $P_x = 80...540\text{Н}$; $P_y = 440...900\text{Н}$; $P_z = 130...720\text{Н}$.

Цікавим є той факт, що спільний вплив великих значень подачі і глибини різання на складові сили різання усього лише на 15...30 % більший роздільного їхнього впливу. Отже, для забезпечення відповідних технологічних вимог для прийнятних умов експлуатації із врахуванням складових сил різання оброблення варто вести при максимально припустимій комбінації ($s \cdot t$).

Спосіб оброблення з ОПІ застосовується насамперед для чистових операцій. У цьому випадку критерій затуплення різців визначається з урахуванням допуску на розмір деталі:

$$h_3 = \frac{(T_D - \delta_{\text{вим}})}{\text{tg } \alpha} (1 - \text{tg } \alpha \cdot \text{tg } \tau). \quad (4.7)$$

де h_3 - зношування інструменту по задній поверхні, мм;

T_D - табличне значення допуску на оброблення деталі (приймається за СТ СЭВ 145-75 і СТ СЭВ 177-75 для розмірів до 500 мм);

$\sigma_{\text{вим}}$ - припустима похибка вимірювання (межі припустимих похибок вимірювання лінійних розмірів 1...500 мм встановлюються ДСТ 8.051-81);

γ , α – передній і задній кути (визначаються в залежності від властивостей оброблюваних матеріалів).

З огляду на викладене при порівняльних дослідах як критерій зношування приймали технологічний критерій, що визначає вихід розміру оброблюваної деталі за встановлене поле допуску. При цьому після зняття інструмента вимірювали величину h_3 фаски зношування різця.

Дослідження токарних різців зі змінними твердосплавними пластинами на зносостійкість показали, що для режимів різання $v=4,2\dots 4,7\text{ м/с}$; $s = 0,27\dots 0,34\text{ мм/об}$ характерне канавкове зношування на допоміжній крайці. Наріст на допоміжній крайці визначається співвідношенням глибини різання і радіуса заокруглення вершини пластини, головного φ і допоміжного φ_1 кутів у плані, величиною подачі і розміром стружколомної канавки. Такий процес оброблення призводить до того, що стружка сходить у зазор між обробленою поверхнею і допоміжною різальною крайкою. Даний вид зношування трохи превалює в порівнянні зі зношуванням по лунці на передній поверхні. Відмова інструменту, як правило, настає у момент злиття зношування по лунці з канавковим зношуванням. У результаті відбувалося відпадання, викришування допоміжної крайки, що різє, і, як наслідок, втрата точності, стрибкоподібний розвиток зношування по задній поверхні, різке зростання сили різання і параметра шорсткості обробленої поверхні. В міру наростання канавкового зношування частота налипання часток наросту збільшується і у момент відпадання допоміжної різальної крайки набуває суцільного характеру.

При обробленні корозійностійкої сталі даний вид зношування визначався температурою в зоні різання. При високих температурах, що характерно для оброблення даної сталі, превалювало адгезійне і дифузійне зношування. При температурі різання менш 600°C адгезійне зношування проявляється в більшій мірі. З підвищенням температури різання адгезійне зношування поступається місцем дифузійному, котре переважає при температурі $800\dots 900^\circ\text{C}$. При цьому припустиму глибину лунки зношування визначали як $h_3 = 0,06^{+0,3S}$.

Максимальна глибина лунки, будучи величиною змінною, знаходилася в межах $h_3 = 0,1\dots 0,18\text{ мм}$. При зношуванні лунки $h_{\text{л}} = 0,15\dots 0,18\text{ мм}$ спостерігалось відпадання різальної крайки і її сколювання. Однак, оцінювання зношування і

затуплення інструменту по передній поверхні тільки глибиною лунки є недостатньо ефективним, тому що динаміка утворення лунки неоднозначна. Так, для режимів різання: $v = 3...3,7\text{м/с}$, $s = 0,15...0,23\text{мм/об}$ характерно, що ширина лунки зношування $b_{\text{л}}$, збільшується інтенсивніше убік різальної крайки. Для режимів різання $v = 2,5...3,5\text{м/с}$, $s = 0,35...0,47\text{мм/об}$ навпаки, характерне повільне переміщення ближнього до краю різальної крайки лунки та інтенсивним видаленням її дальнього краю. Максимальна стійкість інструмента має місце у тому випадку, коли середня відстань від центра лунки складає $l_{\text{л}} = 0,2 + S$.

Після оброблення результатів дослідів отримані залежності стійкості інструменту, що визначають раціональні області застосування звичайного оброблення без МОР та різання з ОП і ОПП. Аналіз наведених формул показує, що при обробленні з подаванням в зону різання ОПП спостерігається значне зниження граничного зношування інструменту в порівнянні з обробленням ОП і П.

Слід зазначити, що швидкість різання істотно не впливає на граничне зношування, вирішальний вплив має лише величина подачі і глибина різання. В усіх випадках при обробленні з подаванням ОП зношування задньої поверхні значно менше, ніж при обробленні без МОР. Треба також відзначити особливу ефективність ОПП при різанні важкооброблюваних матеріалів типу корозійностійких: подавання в зону різання ОПП помітно підвищує стійкість інструменту в порівнянні з обробленням із ОП і оброблення без МОР.

Залежності шорсткості обробленої поверхні від стійкості інструмента і параметрів режиму різання мають вигляд:

$$Ra = \frac{3,88T^{0,123}}{v^{0,125}S^{0,66}}, \quad (4.8)$$

Механічне оброблення із впливом ОПП знайшло ефективне впровадження на ряді підприємств, успішно замінивши традиційні масляні РЗО при виготовленні наконечників з порошкового матеріалу ПЖВ2.160, а також деталей з алюмінієвого сплаву АЛ2. Застосування на цих операціях токарних різців, оснащених твердим сплавом ВК8, у тому числі з напилюванням їх робочих поверхонь, забезпечувало

параметр шорсткості Ra0,63...1,25мкм і квалітет точності Н6...Н9 (0,022...0,052мм). При впровадженні була відзначена простота компонування системи за схемою „пневмомагістраль-пристрій ОПП”, а також відсутність необхідності конструкторсько-технологічних змін верстата. Інший приклад освоєння цього методу - оброблення деталі типу «корпус» з корозійностійкої сталі 12Х18Н9, при якому стійкість інструмента підвищилася у 1,5...2 рази, а продуктивність у 1,3...2 рази.

Наведений вище метод був успішно випробуваний на заводах Чехії при поздовжньому точінні сталевих кілець підшипників, підрізуванні їх торців і уступів, а також при обробленні бронзових втулок. Продуктивність при виготовленні деталей першого виду зросла з 45...50 до 60 деталей/рік. В усіх наведених прикладах впровадження відзначено, що застосування ОПП на відміну від зливної „плутаної” стружки, що формується при традиційних методах оброблення, призводить до стійкого подрібнення стружки. При цьому на стружці, яка сходить, відсутні кольори мінливості, що свідчить про менші температури різання, у тому числі на поверхні виготовленої деталі.

Економічна ефективність даного методу оброблення обумовлена скороченням витрат на інструмент і експлуатацію устаткування. При цьому слід зазначити, що різання з ОПП докорінно поліпшує санітарно-гігієнічні умови для обслуговуючого персоналу.

4.2 Інші способи охолодження робочої зони різальних інструментів

Одне з головних завдань в сучасному обробленні металів різанням – це охолодження різального інструмента і швидке видалення стружки із зони різання. Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) при їх застосуванні в зоні різання знижують температуру елементів технологічної системи, зменшують тертя, попереджають появу автоколивань, утворення наросту, підвищують якість обробленої поверхні, збільшують ресурс різального інструменту. При належній увазі до цього питання можна значно скоротити собівартість механічного

оброблення.

Із збільшенням потужності приводів верстатів, інтенсифікацією режиму різання, застосування високих частот обертання робочих органів, задача подавання МОР до різального клину інструменту виявилася не таким простим питанням.

На верстатах використовують декілька способів охолодження різальних інструментів: охолодження рідинами, що подаються на передню поверхню інструменту; рідиною, що подається під високим тиском; охолодження рідинами, розпиленими в струмені стисненого повітря; охолодження рідинами низької температури; охолодження рідинами, що подаються до зони різання через інструмент; одночасне охолодження зони різання двома рідинами; внутрішнє охолодження різальної частини інструменту; охолодження зони різання стисненим повітрям; охолодження зони різання холодним повітрям; охолодження зони різання іонізованим повітрям; охолодження рідкою вуглекислою або вуглекислим газом. Оптимальне використання МОР продиктоване не тільки їх високою вартістю, а й екологічними нормами, які посилюються з кожним роком.

Виробники верстатів намагаються ефективно вирішувати зазначені проблеми, для чого розробляються різні конструкції систем охолодження робочої зони при різанні. Розглянемо деякі конструкторські рішення, які застосовуються у верстатах фірми Haas (США) [13]. Кільцевий механізм подавання мастильно-охолоджувальної рідини Haas (див. рис. 4.1), який є стандартним пристроєм для фрезерувальних верстатів фірми Haas серії VM і VF, забезпечує подавання охолоджувальної рідини в зону різання методом поливання з одночасним видаленням стружки, що утворюється при різанні.

Концепція кільцевого механізму подавання МОР значно покращена у порівнянні з традиційними системами, у яких подавання охолоджувальної рідини відбувається з допомогою шлангів. Точно відрегульовані наконечники форсунок кільця направляють струмінь охолодженої рідини на інструмент під різними кутами.



Рисунок 4.1 - Кільцевий механізм подавання мастильно-охолоджувальної рідини фірми Haas

Така система подавання мастильно-охолоджувальної рідини є основною у верстатах даної фірми, але існує ще декілька методів охолодження інструменту. Наприклад, програмована форсунка подавання мастильно-охолоджувальної рідини “P-Cool” може встановлюватися в різних положеннях в залежності від довжини вибраного інструменту.

Ще одним ефективним методом подавання охолоджувальної рідини в зону різання є надходження мастильно-охолоджувальної рідини під високим тиском через наконечник інструменту. Система фірми Haas подавання мастильно-охолоджувальної рідини через шпиндель (Through-Spindle Coolant – TSC), ефективність якої особливо висока при свердлуванні глибоких отворів або при фрезеруванні глибоких пазів, в залежності від тиску 2МПа чи 7МПа існує у двох конфігураціях.

В механічних цехах, які використовують сучасні твердосплавні інструменти з покращеним покриттям для оброблення металів без використання MOP, існує суттєва ймовірність повторного різання стружки, яка не була своєчасно видалена із зони різання, що є основною причиною передчасного зношування інструменту. Для вирішення цієї проблеми фірма Haas як доповнення до системи TSC пропонує додаткову систему подавання струменя повітря через інструмент (див. рис. 4.2), яка видаляє стружку із зони оброблення перед тим, як вона може знову потрапити під

різальний край інструменту. Це особливо важливо при обробленні глибоких порожнин.



Рисунок4.2 - Додаткова система подавання струменя повітря через інструмент

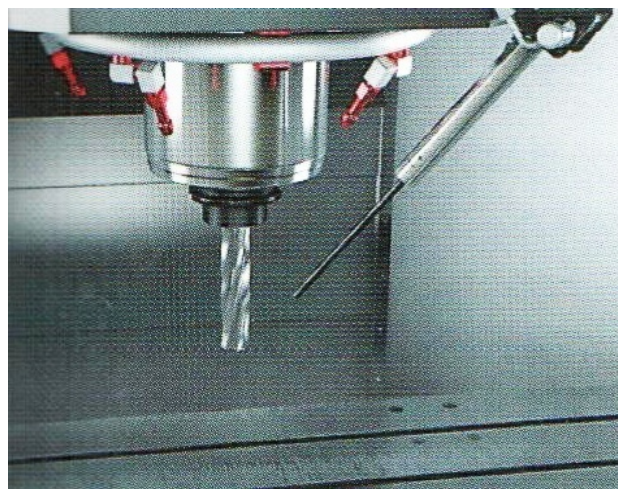


Рисунок4.3 - Автоматична повітряна пушка фірми Haas

Аналогічну функцію виконує автоматична повітряна пушка Haas [13] (див. рис. 4.3). Ця система є ідеальною при використанні інструментів невеликих розмірів, які непридатні для подавання повітря через отвір в інструменті.

Для випадків, коли МОР використовувати не можна, але необхідно забезпечувати змащування інструменту, підходить система подавання мінімальної кількості мастила фірми Haas. Ця інноваційна система розпилює чітко відміряну кількість мастила за допомогою повітряного струменя і подає його на різальні крайки інструменту. Нанесена кількість МОР в цьому випадку буде мала настільки, що її неможливо побачити. Основною перевагою системи подавання мінімальної кількості мастила є те, що вона витрачає незначну частку мастильного матеріалу в порівнянні із традиційними методами використання МОР. Окрім того, управління струменем повітря і охолоджувальною рідиною здійснюється окремо. Це означає, що користувачі можуть самостійно регулювати пропорцію мастильно-охолоджувальної рідини для оптимального охолодження на конкретних режимах різання.

Окрім базових можливостей на будь-якому верстаті можна легко встановити

інші зразки механізмів подавання мастильних середовищ (рис. 4.4).

Технологія охолодження і змащування «InSpray» різального інструменту розпорошеними МОР при механічному обробленні лезовим інструментом (див. рис. 4.4, а) полягає в створенні високошвидкісного потоку дрібнодисперсного струменя МОР і подавання його в зону різання за допомогою пристрою розпилення. Розпорошена МОР, потрапляючи в зону різання, випаровується і відбирає велику кількість тепла від інструменту і заготовки, тим самим охолоджує зону їх контакту. Окрім того, висока швидкість потоку дозволяє видаляти із зони різання стружку.

Технологія охолодження різального інструменту охолодженням іонізованим повітрям «InAir» (див. рис. 4.4, б) полягає у створенні потоку іонізованого повітря з температурою до -15°C і подавання його в зону різання. Мінусова температура через наявність в повітрі сконденсованих частинок рідин забезпечує іонізацію повітря (баллоелектричний ефект) і змащувальну функцію. Іонізація повітря сприяє появі окисних плівок з оксидів та гідроксидів на поверхнях, що труться, які при руйнуванні забезпечують ефект змащування і електричної поляризації, що зменшує адгезійний вплив в контактній зоні різання.

Технологія охолодження різального інструменту охолодженням іонізованим повітрям з можливістю подавання МОР «InAirS» (див. рис. 4.4, в) забезпечує створення потоку іонізованого повітря з температурою до -10°C із одночасним розпилюванням МОР і подавання його в зону різання.

Отже, при проектуванні технологічної операції механічного оброблення необхідно призначити метод охолодження різального інструмента у відповідності із поставленим завданням. Від цього значною мірою буде залежати собівартість її виконання. Н жаль наразі не існує розроблених правил і алгоритмів, які б давали чіткі відповіді на ці питання, тому потрібно враховувати тип обладнання. Яке використовується на операції і конкретні умови виробництва.



а) розпилювач «InSpray» з магнітною основою і управлінням



б) пристрій «InAir»



в) пристрій «InAirS» з магнітною основою і управлінням

Рисунок 4.4. - Змінні пристрої для подавання мастильно-охолоджувальних середовищ

Висновки за розділом

1. Охолоджене іонізоване повітря, якому притаманна значно більша, в порівнянні з МОР, проникаюча здатність, істотно впливає на процеси контактної взаємодії інструменту і оброблюваного матеріалу, особливо, при обробленні важкооброблюваних матеріалів. Універсальність ОП, що використовується як ТС, полягає в одночасному його впливові як на окисні процеси, так і на хімічну кінетику реакцій у зоні різання за рахунок можливості варіювання витратою, тиском і системою підведення газового середовища.

2. Застосування ОП у якості ТС забезпечує підвищення стійкості різального інструменту в усьому діапазоні параметрів режиму різання в 1,3...4 рази в порівнянні з обробленням без МОР.

Викладене дослідницькому розділі магістерської роботи дозволяє рекомендувати спосіб механічного оброблення з ОП для широкого промислового впровадження, особливо, для процесів оброблення важкооброблюваних матеріалів, до яких можна умовно віднести і сталь 40Х, з якої виготовляється деталь „Кришка камери шнека 375-4511026”.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Характеристика основних небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу

В технологічному процесі виготовлення деталі „Кришка камери шнека 375-4511026”, що розробляється, застосовується наступне металорізальне обладнання: на заготівельній операції - кривошипний гаряче-штампувальний прес, на операціях механічного оброблення - токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3, вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2, горизонтально-протягувальний верстат мод. 7502 і кругло-шліфувальний верстат мод. 3Б153Т. Також використовуються при цьому верстатні пристрої для закріплення деталі при обточуванні і свердлуванні отворів. При роботі на металорізальних верстатах можуть мати місце небезпеки, що пов'язані з наступними факторами:

1) різальний інструмент, як правило, не передбачає наявності захисного огородження. В цьому випадку можливе захоплення деталлю, яка обертається, на токарному верстаті 16К20Ф3, при свердлуванні на верстаті 2Р135Ф2 можливе захоплення інструментом, що обертається, одягу робітника, що може призвести до нещасного випадку;

2) може виникнути небезпека нещасного випадку при руйнуванні інструменту. Уламки, які при цьому розлітаються, можуть нанести травму робітнику, якщо не будуть використані огорожувальні пристрої та засоби індивідуального захисту;

3) при налагоджуванні верстатів можуть бути завдані травми приводними механізмами верстатів;

4) зливна стружка при точінні матеріалу сталь 40Х може нанести травму (порізи рук, ніг та інших частин тіла), інколи з важкими наслідками. Травми верстатник може отримати в процесі експлуатації верстата і при

прибиранні робочого місця. Для зливної стружки бажано використовувати при обробленні деталі різці із стружколомами;

5) при невірному розрахунку сил закріплення може відбутися виривання заготовки з пристрою при свердлуванні на верстаті мод. 2P135Ф2;

б) рухомі частини верстатів (супорт токарного верстата 16К20Ф3, стіл вертикально-свердлувального верстата 2P135Ф2, протяжка при роботі горизонтально-протягувального верстата 7502, стіл круглошліфувального верстата 3Б153Т) можуть призвести до травми у разі, якщо робітник не помітить їх руху.

Так як усі верстати, що застосовуються в технологічному процесі, живляться від електромережі, то виникає небезпека ураження електричним струмом. Для того, щоби ушкодження електричним струмом були зведені до мінімуму, усі з'єднання, через які протікає електричний струм у даному обладнанні, мають бути надійно ізольовані.

Основні заходи захисту від ураження струмом наступні: недоступність струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику; електричний розподіл мережі; усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, що досягається застосуванням захисного заземлення, організація безпечної експлуатації верстатів.

Негативним явищем є також шум, який виникає внаслідок роботи робочих органів верстатів 16К20Ф3, 2P235Ф2 та 3Б153Т. Шум, особливо сильний, шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності працівників [14]. Людина, працюючи в умовах шуму, звикає до нього, але тривала дія сильного шуму викликає загальне стомлення і може призвести до глухоти. Впливаючи на кору головного мозку, шум спричиняє також подразливу дію, прискорює процес стомлюваності, послаблює увагу і сповільнює психічні реакції. З цих причин сильний шум в умовах виробництва може сприяти виникненню травматизму.

Звукові коливання сприймаються не лише вухом, але й безпосередньо через кістки черепа (так звана кісткова провідність), що при високих рівнях

збільшує шкідливу дію шуму. При виникненні шуму більш 145дБ можливий розрив барабаних перетинок. Вплив шуму різного спектрального складу теж різниться. Це пов'язано з тим, що органи слуху мають неоднакову чутливість до різних частот. З погляду їх характеристик розрізняють шуми постійні (їх зміна за робочу зміну в межах 5дБ) і непостійні (їх зміна за робочу зміну більш ніж 5дБ). Останні впливають на людину сильніше, так як адаптація органів слуху до змінного звукового подразнення утруднена. Найбільш несприятливо впливають імпульсні шуми, які є послідовністю звукових імпульсів дуже малої тривалості. Усі зазначені обставини знайшли своє відображення при нормуванні шуму на виробництві.

На машинобудівній дільниці необхідно також встановлювати правильне освітлення, яке б забезпечувало можливість нормальної виробничої діяльності. Оскільки збереження зору людини, стан її центральної нервової системи і безпечної роботи у значній мірі залежить від умов освітлення. Від рівня освітлення також залежать продуктивність праці і якість продукції, що випускається [14].

Кожен робітник зобов'язаний суворо виконувати усі правила безпеки, вимагати від адміністрації проведення інструктажів з техніки безпеки, обов'язково користуватися спецодягом, спеціальними рукавицями, індивідуальними засобами захисту, а при виявленні можливої небезпеки негайно попередити колег і сповістити адміністрацію, дотримуватись чистоти та порядку на робочому місці, не мити руки в мастилі, емульсії, гасі тощо. Необхідно також постійно слідкувати за справністю верстатів та верстатних пристроїв, так яку разі виходу їх із ладу різко підвищується небезпека виникнення нещасних випадків.

5.2 Організація інструктажів з техніки безпеки [14]

Закон України "Про охорону праці" вимагає, щоби усі працівники при прийманні на роботу і в процесі трудової діяльності проходили на підприємстві

навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці (ОП). Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання і перевірки знань з питань ОП, забороняється. Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, мають проходити попереднє спеціальне навчання і один раз у рік перевірку знань відповідних нормативних актів про охорону праці.

Для перевірки знань працівників з охорони та безпеки праці у навчальному закладі утворюється постійно діюча комісія. Допуск до самостійної роботи дозволяється тільки після проходження вступного інструктажу, навчання, перевірки теоретичних знань, первинного інструктажу на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів праці.

Навчально-виховний процес як система організації навчально-виховної та навчально-виробничої діяльності включає лекції, лабораторні заняття, час відпочинку між заняттями, навчальну практику, заняття з трудового, професійного навчання і професійної орієнтації, виробничу практику, роботу у трудових об'єднаннях, науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, походи, екскурсії, спортивні змагання, перевезення чи переходи до місця проведення заходів тощо.

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці учнів та студентів під час трудового та професійного навчання, виробничої практики проводиться відповідно до типових планів і програм з предметів і дисциплін "Охорона праці", "Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» та типового положення з охорони праці. Окрім навчання з техніки безпеки праці в закладах освіти проводиться навчання з питань охорони життя, здоров'я, пожежної, радіаційної безпеки, безпеки дорожнього руху, попередження травматизму тощо. У закладах освіти, які надають загальну середньою освіту, та вищих навчальних закладах ці питання входять до курсу предметів і дисциплін з безпеки життєдіяльності.

Обсяги, зміст та форми перевірки знань з питань безпеки життєдіяльності визначаються навчальними планами і програмами, затвердженими

Міністерством освіти і науки України. Порядок виконання вимог безпеки навчання і праці для учасників навчально-виховного процесу в закладі освіти визначається інструкцією з безпеки життєдіяльності.

Інструктаж з питань безпеки праці в закладах освіти проводиться з учнями та студентами відповідно до «Типового положення з охорони праці».

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяють на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться:

- з усіма працівниками, яких приймають на постійну або тимчасову роботу, незалежно від освіти, стажу роботи та посади;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики;
- у разі проведення екскурсії на підприємство;
- з усіма вихованцями, учнями, студентами та іншими особами, які навчаються в середніх, позашкільних, професійно-технічних та вищих закладах освіти при оформленні або зарахуванні до закладу освіти.

Первинний інструктаж проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником:

- новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство;
- який переводиться з одного цеху виробництва до іншого;
- який буде виконувати нову для нього роботу;
- з відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві.

Первинний інструктаж проводиться із вихованцями, учнями та студентами середніх, позашкільних, професійно-технічних, вищих закладів освіти:

- на початку занять у кожному кабінеті, лабораторії, де навчальний процес пов'язаний з небезпечними або шкідливими хімічними, фізичними, біологічними чинниками, у гуртках, перед уроками трудового навчання, фізкультури, перед спортивними змаганнями, вправами на спортивних снарядах, при проведенні заходів за межами території закладів освіти;
- перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів;
- на початку вивчення кожного нового предмета (розділу, теми) навчального плану (програми) із загальних вимог безпеки, пов'язаних з тематикою і особливостями проведення цих занять.

Повторний інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці в терміни, визначені відповідними чинними галузевими нормативними актами або керівником підприємства з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою - 1 раз у три місяці;
- для решти робіт - 1 раз у шість місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших чинників, що впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативних актів про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж;

- при виявленні особами, які здійснюють державний нагляд і контроль за охороною праці, незнання вимог безпеки стосовно робіт, що виконуються працівником;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів - для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт - понад 60 днів;
- з вихованцями, учнями, студентами - в кабінетах, лабораторіях, майстернях при порушеннях ними вимог нормативних актів про охорону праці, що можуть при звести або призвели до травм, аварій, пожеж.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- при виконанні разових робіт, непередбачених трудовою угодою;
- при ліквідації аварії, стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які оформлюється наряд-допуск, розпорядження або інші документи.

Цільовий інструктаж проводиться з вихованцями, учнями, студентами закладу освіти в разі організації масових заходів (екскурсії, походи, спортивні заходи).

Порядок проведення інструктажів для працівників [14]

Усі працівники, яких приймають на постійну чи тимчасову роботу і при подальшій їх роботі, мають проходити на підприємстві навчання в формі інструктажів з питань охорони праці, подання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці, а в разі відсутності на підприємстві такої служби - іншим фахівцем, на якого наказом по підприємству покладено ці обов'язки.

Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнано, з використанням сучасних

технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства. Орієнтовний перелік питань для складання програми вступного інструктажу визначений «Типовим положенням».

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу, який зберігається в службі охорони праці або в працівника, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у документі про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до виконуваних робіт, а також з урахуванням вимог орієнтовного переліку питань первинного інструктажу визначених «Типовим положенням».

Повторний інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників одного фаху. Обсяг і зміст позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або із групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, що виконуватимуться.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник виробництва, цеху, ділянки, майстер) і завершуються вони перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці. Знання перевіряє особа, яка проводила інструктаж.

При незадовільних результатах перевірки знань, умінь і навичок щодо безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового

інструктажів для працівника протягом 10 днів додатково проводяться інструктаж і повторна перевірка знань. При незадовільних результатах і повторної перевірки знань питання щодо працевлаштування працівника вирішується згідно з чинним законодавством.

При незадовільних результатах перевірки знань після цільового інструктажу допуск до виконання робіт не надається. Повторна перевірка знань при цьому не дозволяється.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та про допуск до роботи особою, якою проводився інструктаж, вноситься запис, до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці. При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував. Сторінки журналу реєстрації інструктажів повинні бути пронумеровані, журнали прошнуровані і скріплені печаткою.

У разі виконання робіт, що потребують оформлення наряду-допуску, цільовий інструктаж реєструється в цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів - не обов'язково.

Перелік професій та посад працівників, які звільняються від первинного, повторного та позапланового інструктажів; затверджується керівником підприємства за погодженням з державним інспектором по нагляду за охороною праці. До цього переліку можуть бути зараховані працівники, участь у виробничому процесі яких не пов'язана з безпосереднім обслуговуванням обладнання, застосуванням приладів та інструментів, збереженням або переробкою сировини, матеріалів.

Порядок проведення інструктажів для вихованців, учнів і студентів [15]

Вступний інструктаж проводиться на початку занять працівником служби охорони праці, а за відсутністю такого - особою, на яку наказом керівника закладу освіти покладено ці обов'язки. Програма вступного інструктажу розробляється службою охорони праці закладу освіти або

призначеною особою і затверджується керівником закладу освіти. Орієнтовний перелік питань вступного інструктажу наведений у додатку до Типового положення. Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу, який зберігається в службі охорони праці або в працівника, що відповідає за проведення вступного інструктажу.

Первинний інструктаж проводиться з групою вихованців позашкільних закладів освіти, учнів середніх та професійно-технічних закладів освіти чи студентів вищих закладів освіти. Тематика інструктажу та порядок його проведення визначаються відповідними положеннями Міністерства освіти та науки України.

Позаплановий інструктаж проводиться при виявленні порушень вимог безпеки вихованцями, учнями, студентами під час навчально-виховного процесу, при зміні умов виконання навчальних завдань з професії, лабораторних робіт, інших видів занять, передбачених навчальними планами.

Цільовий інструктаж з питань охорони праці проводять з групою вихованців, учнів, студентів. Обсяг і зміст інструктажу визначаються залежно від виду масових заходів. Облік проведення цільових інструктажів здійснюється відповідно до чинних положень Міністерства освіти та науки України в журналах обліку теоретичного і виробничого навчання.

Первинний, позаплановий, цільовий інструктажі проводять відповідні вчителі, вихователі, керівники гуртків, інструктори, тренери, майстри виробничого навчання або завідувачі кабінетів (лабораторій) за відповідними інструкціями чи програмами.

Відмітка про проведення первинного та позапланового інструктажів робиться в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктажі з питань безпеки життєдіяльності з учнями та студентами проводяться одночасно з інструктажами з питань охорони праці і містять питання охорони здоров'я, пожежної, радіаційної безпеки, безпеки дорожнього руху, реагування на надзвичайні ситуації, безпеки в побуті тощо. Починаючи з 9-го класу учні, які інструктуються, розписуються в журналі.

Перед початком навчальних занять один раз на рік, а також при зарахуванні або оформленні до закладу освіти учні (студенти) прослуховують вступний інструктаж з безпеки життєдіяльності. Такий інструктаж проводять працівники служби охорони праці. В перелік питань цього інструктажу варто включити такі питання:

- загальні відомості про заклад освіти, його структуру (кабінети, лабораторії, майстерні, спортзали;
- види та джерела небезпеки в навчальних приміщеннях, на спортивних майданчиках, на навчально-дослідних ділянках;
- загальні правила поведінки під час навчально-виховного процесу;
- обставини та причини найбільш характерних нещасних випадків, що сталися в навчальних закладах; вимоги пожежної безпеки в навчальному закладі;
- знайомство з «Правилами пожежної безпеки» для закладів, установ, організацій і підприємств системи освіти України;
- радіаційна безпека, дії у разі надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру;
- безпека дорожнього руху, поведінка на вулиці, знайомство з правилами дорожнього руху;
- побутовий травматизм, попередження та дії у разі нещасних випадків у побуті. Перша долі карська допомога у разі нещасних випадків, надзвичайних подій тощо.

За умови чисельності учасників навчально-виховного процесу в закладах понад 200 вищезазначеними службами проводиться навчання з вихователями, класоводами, класними кавниками, майстрами, кураторами груп тощо, які в свою чергу інструктують вихованців, учнів студентів, курсантів, слухачів перед початком навчального року.

Програма вступного інструктажу розробляється в закладі освіти на основі орієнтовного переліку питань вступного інструктажу з безпеки життєдіяльності. Програма та порядок вступного інструктажу з безпеки життєдіяльності

затверджуються наказом керівника закладу освіти. Запис про вступний інструктаж робиться на окремій сторінці журналу обліку навчальних занять.

5.3 Розрахунок повітрообігу за надлишками повного тепла для теплого періоду року [14]

Машинобудівна дільниця відноситься до категорії приміщень з незначними надлишками явного тепла.

Кількість тепла, яка надходить від електродвигунів:

$$Q = 10^3 Nk \quad (5.1)$$

N - установлена потужність двигуна, кВт;

k - коефіцієнт режиму роботи двигуна, який приймають в межах $k=0,25\dots 0,4$ в залежності від режиму роботи двигуна.

$$Q=10^3 \cdot 64,3 \cdot 0,3=19290 \text{ Вт.}$$

При визначенні необхідної кількості вентиляційного повітря для цехів з виділенням надлишкового тепла кількість припливного повітря визначається із умови асиміляції цього тепла.

$$L = \frac{Q_{над}}{C \cdot \gamma \cdot (t_g - t_n)}; \quad (5.2)$$

де $Q_{над}$ – інтенсивність надлишкового тепла в цеху, $Q_{над} = 200 \text{кДж/год}$;

C – питома теплоємність повітря при постійному тиску, приймають $C=1 \text{кДж/кгК}$;

γ - густина припливного повітря, $\gamma = 1 \text{ кг/м}^3$;

t_g - температура повітря, що виходить з цеху, $t_g = 28 \text{ } t_g^\circ\text{C}$;

t_n - температура припливного повітря, $t_n = 32 \text{ } t_n^\circ\text{C}$;

$$L = \frac{2000}{1 \cdot 1 \cdot (32 - 28)} = 500 \text{ м}^3 \quad (5.3)$$

Кратність повітрообміну визначається як:

$$k = \frac{L}{V_n} \quad (5.4)$$

де V_n – об'єм дільниці цеху, $V_n = 145 \text{ м}^3$.

$$k = \frac{500}{145} = 3,44.$$

Таким чином, розрахунок показує, що повітря в обмеженому приміщенні потрібно замінювати більше, ніж 3 рази за годину, тобто, кожні 20...25 хвилин.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі магістра розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка камери шнека 375-4511026». В технологічному процесі її механічного оброблення, що розроблявся, як технологічне обладнання були використані верстати з числовим програмним керуванням, що забезпечує підвищення точності оброблення деталі, зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з оброблення однієї поверхні на іншу, зміною інструменту, що зазвичай має місце при обробленні на універсальних верстатах.

Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору типу заготовки, проведені розрахунки припусків на механічне оброблення для раціонального використання металу, розраховані та призначені режими оброблення, які забезпечують потрібну точність і продуктивність оброблення.

В конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для встановлення та закріплення деталі на свердлувальній операції 025, контрольно-вимірювальний пристрій для контролю биття торцевої поверхні, спроектовано спеціальну шпонкову протяжку для протягування пазів на операції 030.

В дослідницькому розділі розглянуті аспекти підвищення зносостійкості різального інструменту застосуванням охолодження його робочої зони шляхом подавання мастильно-охолоджувальних середовищ, в тому числі іонізованого охолодженого повітря за рекомендаціями фірми HAAS (США).

В розділі «Охорона праці» наведена характеристика основних небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу виготовлення деталі на машинобудівній дільниці та методи їх усунення, висвітлені особливості організації інструктажів з техніки безпеки на підприємстві і в освітній організації.

Усі перераховані вище розробки можна кваліфікувати як удосконалення базового технологічного процесу виготовлення даної деталі, що і ставилось за мету кваліфікаційної роботи магістра.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кваліфікаційна робота: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / А. І. Гордєєв, В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 40 с.
2. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування. Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882 с.
3. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 353с., іл.
4. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. - 528 с.
5. Родін П.Р. і ін. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1.226 с., іл.
6. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. - 600 с.
7. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ,1995. - 465 с.
8. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ, 2013. - 159 с., іл.
9. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. - 222 с., іл.

10. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
11. Шпонкові протяжки. Методичні вказівки з розрахунку і конструювання. М.П.Мазур, Л. М. Кузьма. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – 19
12. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.
13. Міжнародний інформаційно-технічний журнал «Металообробка. Обладнання. Інструмент» - №3. - 2011. Зниження собівартості оброблення оптимальним вибором системи охолодження. Брухаль А. В., студ., Бецко Ю. М., ст. викл. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського».
14. 2. Офіційний сайт «Haas Automation Inc» www.haascnc.com/
15. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. - 248 с.
16. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. - 345 с.

ДОДАТКИ

3D-моделі деталі і заготовки

**Технологічна документація на процес
механічного оброблення деталі “Кришка камери шнека”**

Специфікації до складальних креслеників