

Хмельницький національний університет
Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

«Удосконалення технології виготовлення деталі «Кривка 6218-51-102»
з використанням верстатів з ЧПК»
Назва роботи

Рівень вищої освіти: другий (магістр)

Галузь знань: 13

Шифр і назва галузі знань: _____

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності: _____

Спеціалізація: Технології машинобудування
Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 22400

Виконав студент 2 курсу група ДМТн-22-1
Шифр

Керівник К.Т.Н. ДОЖИТ
Підписаний студент, вища

Нормоконтролер _____

До захисту допускаю:
Завідуюч кафедрою технології
машинобудування _____
Назва

Дата _____

Володимир Галузіак
к.т.н. інженер

Катерина Соколова
к.т.н. інженер

Сергій Билий
к.т.н. інженер

Володимир Ткачук
к.т.н. інженер

Завідувачу кафедри
Віталію ТКАЧУКУ

здобувача вищої освіти (студента)
ПІБ, факультет, «курс», «група»
Вадима ГАЛУЩАКА, ФІТА, гр.
ПМТм-22-1

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 (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (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.

18.12.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ Технології машинобудування
 ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо отримання з результатами звіту/звітів про подібність щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» з використанням верстатів з ЧПК»
 Автор В.В. Галушак
 Освітня програма Технології машинобудування
 Спеціальність: 131 Прикладна механіка
 Науковий керівник: К.С. Соколан
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Помітка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Робота приймається до захисту
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розташовані в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються деталі та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відредагована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розташовані в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відредагована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить наявні тексти спотворення, перефразовані спроби уникнути запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

...UNICHECK – 16%.....

...Anti-Plagiarism v-15.257 – 5,0 %.....

Дата

Завідувач кафедри


Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ін.к. прорахунок


Гарант освітньої програми


Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ін.к. прорахунок

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Катерина СОКОЛАН

Ін.к. прорахунок

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Галушак Вадим Володимирович на захист дипломного проекту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технології виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(ПІСЬОМ)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Галушак В. В. за період навчання на факультеті Інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 33,33 %, задовільно 66,67 %.
шкалою ЕКТС: А 0,00 %, В 9,09 %, С 54,55 %, D 18,18 %, E 18,18 %.

Методист факультету

Методист
(ПІСЬОМ)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Галушак Вадим отримав завдання на ЗР власно, працював самостійно та за графіком, Артеваго детальної роботи є те, що студент розглядав ситуацію об'єкту, ситуації, різальний історичний провідних іноземних фірм та проаналізував дієві корективно-правові акти, які регулюють в певних сферах при добре

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

Вадим Соколан К.С.
(ПІСЬОМ)

20. грудня 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Галушак В. В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Технології машинобудування
(ПІСЬОМ)

Галушак В.В.
(ПІСЬОМ, ПІСЬОМ)

20. грудня 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломну роботу магістра

студента Галушчака В.В.

Тема роботи: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» з використанням верстатів з ЧПК».

Тема дипломної роботи та її зміст відповідають вимогам до дипломних робіт магістрів. Тема має прикладне значення та направлена на підвищення характеристик роботи деталі у виробі.

Галушчак В.В. проаналізував базовий (заводський) технологічний процес вказаної деталі, метод виготовлення заготовки, схеми базування заготовок на багатоцільових верстатах, схеми установки верстатних пристроїв та запропонував шляхи вдосконалення.

Розроблено сучасний технологічний процес механічної обробки деталі «кришка 6218-51-102» із застосуванням новітніх технологій, сучасного обладнання та сучасних різальних інструментів провідних закордонних фірм, спроектовано спеціальні верстатний та контрольний пристрої.

В дослідницькому розділі зроблено аналіз властивостей зміцненого шару деталей з дифузійним шаром із сірого чавуну, проведено аналіз виконаних досліджень та показано розрахунок часу нагрівання деталі під гартування.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз сучасних нормативно-правових актів та національних стандартів, гармонізованих з міжнародними та європейськими, які регулюють питання виробничої безпеки при роботі з електропечами під час термічної обробки деталей; проведено аналіз видів небезпечних факторів, що виникають при термічному оброблення металів.

В якості зауважень, можна вказати на те, що в додатку «А» - «Технологічний процес виготовлення деталі» немає титульної сторінки, операція на багатоцільовому верстаті IP500MФ4 повинна називатись не розточна, а багатоцільова.

В цілому дипломна робота виконана на хорошому інженерному рівні. Представлені розробки можливо рекомендувати до впровадження на ділянці механічного оброблення. Дипломна робота заслуговує оцінки «Відмінно».

РЕЦЕНЗЕНТ

Андрій Мартинюк, Е.Т.Н. доц. кафедри ГМА

(прізвище, ім'я по батькові, посада, місце роботи)

..18... грудня..... 2023 р.
..... (підпис)

Хмельницький національний університет
факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування

Галузь знань 13

Шифр і назва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології машинобудування
_____ . _____ . 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Галушаку В.В.

Тема роботи: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» з використанням верстатів з ЧПК»

керівник проєкту (роботи) Соколан К.С., к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 15.08.2023 р. № 30

2 Строк подання студентом проєкту (роботи) на кафедру 10.12.2023 р.

3 Вихідні дані до проєкту (роботи): Обзор літературних джерел. Кресленник деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ. Дослідницький розділ. Розділ охорони праці. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: 1 Кресленник деталі – 1 лист А1; 2 Кресленник заготовки – 1 лист А1; 3 Графотехнологія – 1 лист А1; 4 Карта наладки – 1 лист А1; 5 Складальний кресленник верстатного пристрою – 1 лист А1, 6 – Складальний кресленник контрольного пристрою – 1 лист А1, 7 Кресленник дослідницької частини – 2 листа А1.

6 Дата видачі завдання 10.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2023	
Розділ II	15.10.2023	
Розділ III	30.10.2023	
Розділ IV	15.11.2023	
Розділ V	30.11.2023	
Розділ VI	05.12.2023	

Студент

Підпис

Вадим ГАЛУШАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)

Катерина СОКОЛАН
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема роботи: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор Галушак В.В. Керівник проекту: Соколан К.С.

Об'єм пояснювальної записки 74 стор. Графічна частина 8 листів А1.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

В дипломній роботі вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» з використанням сучасного різального інструменту та сучасного металорізального обладнання.

Актуальність. Задача підвищення ефективності виготовлення деталей є однією з найважливіших задач машинобудівного виробництва. Такі задачі можуть успішно вирішуватися при раціональній організації виробництва, при якому слід враховувати сучасні вимоги до верстатів із врахуванням світового досвіду розвитку верстатобудування, а також використанням прогресивних режимів різання для обраного сучасного металорізального інструменту.

Метою магістерської роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102» шляхом використання сучасного різального інструменту та сучасного металорізального обладнання.

Об'єкт дослідження – обґрунтування ефективності запропонованого технологічного процесу, створення керуючої програми для верстату з ЧПК.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Кришка 6218-51-102».

Наукова новизна. Зроблено аналіз властивостей зміцненого шару деталей з дифузіційним шаром із сірого чавуну, проведено аналіз виконаних досліджень.

Практичне значення. Показано розрахунок часу нагрівання деталі під гартування шляхом вирішення критеріального рівняння. Розроблено технологічний процес механічного оброблення деталі «Кришка 6218-51-102». Спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі під час механічного оброблення та контрольної - вимірювального пристрій для контролювання паралельності.

Ключові слова: технологічний процес, металорізальний інструмент, режими різання, верстат з ЧПК, поверхневе зміцнення, дифузійний шар, термічне оброблення.

Автор проекту:

В.В. Галушак

_____ 2023 р.

Abstract

The topic of the work: "Improvement of the manufacturing technology of the part "Cover 6218-51-102" using CNC machines".

Author Galushchak V.V. Project manager: Sokolan K.S.

The volume of the explanatory note is 74 pages. Graphic part of 8 A1 sheets.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

In the thesis, the technological process of manufacturing the part "Cover 6218-51-102" was improved using modern cutting tools and modern metal-cutting equipment.

Topicality. The task of increasing the efficiency of manufacturing parts is one of the most important tasks of machine-building production. Such tasks can be successfully solved with the rational organization of production, which should take into account modern requirements for machine tools, taking into account the world experience of machine tool development, as well as the use of advanced cutting modes for the selected modern metal cutting tool.

The purpose The aim of the master's thesis is to improve the technological process of manufacturing the part "Cover 6218-51-102" by using modern cutting tools and modern metal cutting equipment.

The object of the research substantiation of the efficiency of the proposed technological process, creation of a control program for a CNC machine.

The subject of the study Manufacturing process of the part "Cover 6218-51-102".

Scientific novelty. An analysis of the properties of the hardened layer of parts with a diffusion layer of gray cast iron is carried out, and the results of the studies are analyzed.

Practical meaning. The calculation of the heating time of the part for quenching by solving the criterion equation is shown. The technological process of machining the part "Cover 6218-51-102" is developed. A machine tool device for fixing the part during machining and a control and measuring device for parallelism control are designed.

Key words: technological process, metal cutting tool, cutting modes, CNC machine, surface hardening, diffusion layer, heat treatment.

Author of the project:

V. V. Galuschak

2023

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

- 1.1 Стан питання та постановка задачі
- 1.2 Аналіз об'єкта виробництва
- 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі
- 1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

- 2.1 Вихідні дані для проектування
- 2.2 Аналіз кресленника та технічних умов на виготовлення деталі
- 2.3 Аналіз технологічності конструкції деталі
- 2.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва
- 2.5 Вибір виду і обґрунтування методу отримання заготовки
- 2.6 Вибір технологічних баз
- 2.7 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі
- 2.8 Вибір варіанту технологічного маршруту і його техніко-економічне обґрунтування
- 2.9 Розрахунок припусків на механічну обробку
- 2.10 Розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталі
- 2.11 Вибір режимів різання
- 2.12 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій
- 2.13 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

- 3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів $\varnothing 13$
- 3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

- 4.1 Теоретичні дослідження по визначенню умов термічного оброблення деталей з дифузіційним шаром
- 4.2 Дослідження властивостей зміцненого шару деталей із сірого чавуну

4.3 Результати та аналіз виконаних досліджень

4.4 Визначення часу нагрівання деталі під гартування

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз нормативно-правових актів, які регулюють питання охорони праці при роботі з електропечами при здійсненні термічного оброблення металів

5.2 Аналіз видів небезпечних факторів, що виникають при термічному оброблення металів

5.3 Розроблення захисних заходів

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Вступ

Інженер, який проектує дільницю верстатів з ЧПК, має приймати оптимальні рішення і в цілому по дільниці, і по детальним елементам цієї дільниці.

Такі задачі можуть успішно вирішуватися при раціональній організації виробництва, при якому слід враховувати сучасні вимоги до верстатів із врахуванням світового досвіду розвитку верстатобудування. Розвиток машинобудування на базі автоматизації виробничих процесів та впровадження сучасних технологій пов'язане з рівнем технологічної оснащеності та зменшення строків підготовки виробництва.

Технологічне оснащення на виробництві є надважливим чинником успішного здійснення виробничого прогресу в такій складній галузі, як машинобудування. Розробленням конструкції технологічного оснащення займається безліч конструкторів. Металообробна промисловість тільки за один рік оснащує понад 40 млн. технологічних операцій, при цьому витрати на технологічне оснащення становлять до 900 тисяч тон металу (4%). Можна зробити висновок, що витрати на виготовлення технологічного оснащення наближаються до витрат на виготовлення металорізальних верстатів. Тому задачу підвищення ефективності виготовлення технологічного оснащення можна вважати однією з найважливіших задач машинобудівного виробництва.

В загальному циклі підготовки виробництва нових виробів повстає необхідність скорочення термінів виготовлення технологічного оснащення. Автоматизація проектування дільниць – це один із шляхів вирішення вказаної задачі, яка значно скорочує терміни конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Задачею машинобудування є створення сучасної техніки та сучасних технологій з метою забезпечення виробництва нової техніки для інших галузей народного господарства.

В сучасному світі розширюється сфера застосування гнучких виробничих систем, автоматичних ліній, обладнання із вбудованими мікропроцесорами, верстатів з ЧПК, обробних центрів, роторних комплектів, робототехніки.

Однією із найскладніших галузей промисловості є машинобудування, в якому присутні безліч негативних факторів виробничого середовища, таких як фібронебезпечний пил, шум, вібрація, аерозолі металів, хімічні речовини (включаючи канцерогени та алергени), ультразвук, інфразвук та весь спектр електромагнітного випромінювання.

На підприємствах машинобудівної галузі має місце високий рівень травматизму. Це пояснюється складною соціально-економічною ситуацією в країні, зміною характеру виробничих відносин між підприємствами та всередині самих підприємств, старіння основних фондів та іншими факторами. Основною причиною таких негативних наслідків є незадовільна організація праці та порушення технологічної дисципліни, неадекватне мислення і ставлення до питань виробничої безпеки учасників трудових і виробничих процесів, відсутність ефективних економічних стимулів для здійснення безпечної праці, тобто всього того, що прийнято називати “людським фактором”.

Стан охорони праці на підприємстві безпосередньо залежить від його економічного стану, від наявності сучасного обладнання, яке б відповідало вимогам виробничої безпеки, культури виробництва, що має тісний зв’язок із додержанням технологічної дисципліни та належних умов праці.

Вище перераховані задачі, які повстають перед розробником, будуть, по можливості, вирішені в дипломній роботі з дотриманням всіх необхідних вимог.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задачі

В сучасній економічній ситуації підприємство має можливість функціонувати лише у випадку, коли продукція підприємства користується попитом.

Сучасне машинобудування має необхідність у нових фахівців, які здатні працювати в умовах одиничного виробництва, яке має місце в зв'язку зі зменшенням кількості великих підприємств та появою малих, власних підприємств, що мають невелику програму випуску продукції та. Як наслідок, мають часті перебудови на випуск іншої продукції.

Здатність швидкого переходу на випуск нових видів продукції в теперішніх українських умовах – це важлива умова функціонування і розвитку такого підприємства. Для забезпечення такого підходу слід оптимізувати проектні роботи, що вимагає приділяти особливу увагу підвищенню ефективності праці інженерів конструкторів та технологів.

Здатність розробити сучасний технологічний процес, який би мав підтвердження економічними розрахунками на основі одержаних теоретичних знань, видно при розроблянні дипломної роботи майбутнім фахівцем, а виконання дипломної роботи є заключним етапом навчання і є значущим у загальному процесі підготовки фахівців. При виконанні дипломної роботи велику увагу приділяють самостійній творчості студента з метою вирішення складних інженерних і організаційних задач.

Завданням даної дипломної роботи є проектування сучасного технологічного процесу механічної обробки деталі „кришка 6218-51-102” із застосуванням новітніх технологій, розробленням та конструюванням спеціальних верстатних та контрольних пристроїв.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь „кришка 6218-51-102” слугує для закривання гнізд підшипників та для кріплення в ній вала. Кришка має такі поверхні, як отвір під вал, пази та подошва.

Дана деталь виготовляється із сірого чавуну, хімічний склад якого вказано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавуну СЧ 20 ДСТУ 8833:2019

C,%	Si,%	Mn,%	Cr,%	Ni,%
			Не більше	
3,2-3,9	1,8-2,9	0,3-0,75	0,15	0,15

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Після аналізування кресленника деталі можна відзначити те, що елементи деталі відповідають своєму технічному призначенню, що дозволяє зробити висновок про раціональність конструкції кришки. З технологічної точки зору поверхні деталі є відкритими, легко обробляються.

Деталь являє собою основу із трьома колонами з отвором під вал. На підприємстві заготовка для цієї деталі виготовляється литвом в кокіль. В такому випадку конфігурація контурів деталі не викликає труднощів при отриманні заготовки.

Деталь технологічна, дозволяє застосування високотехнологічного обладнання та режимів різання, має якісні базові поверхні.

1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Тип виробництва на попередньому етапі визначаємо в залежності від маси деталі та річної програми випуску. Маса деталі 7,8 кг, річна програма випуску $N=10000$ шт., отже, виробництво серійне.

Для серійного типу виробництва обираємо перервно-потоківу форму організації. За такої форми організації обладнання розташоване за ходом технологічного процесу. Одночасно на дільниці обробляється партія деталей, що потребують застосування схожих чи однакових методів оброблення та узгодження часу виконання технологічних операцій на різних верстатах. Після завершення оброблення партії деталей верстати переналагоджуються на іншу деталь.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані для проектування

До вихідних даних для розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі відносяться:

- робочий кресленик деталі;
- технічні умови на виготовлення деталі;
- річна програма випуску $N = 10000$ шт.

2.2 Аналіз кресленика та технічних умов на виготовлення деталі

Перед розробленням технологічного процесу механічного оброблення деталі необхідно провести аналіз кресленика та технічних умов на виготовлення деталі.

Кресленик деталі „кришка” має необхідні проекції, розміри з допусками, вимоги до точності форми та взаємного розташування поверхонь. Кресленик деталі має всю інформацію, необхідну для її виготовлення та контролювання.

2.2.1 Вибір матеріалу деталі

Матеріал деталі передбачає специфікація складального кресленика – це сірий чавун СЧ 20 ДСТУ 8833:2019, хімічний склад і механічні властивості якого наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад і механічні властивості чавуну СЧ 20 ДСТУ 8833:2019

Група чавуну	Марка чавуну	Масова доля елементів, %			
		Границя міцності, кгс/мм ²		Стріла прогину, мм, при відстані між опорами, мм	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Сірий	СЧ 20	При розтягуванні	При згинанні	600	300
НВ		Не менше			
163...229		15	32	6	2,0

2.2.2 Обґрунтування допусків форми

Оскільки в деталі відповідальним елементом є отвори, розміщені на одній осі, то ці отвори обробляються з контролем допуску на паралельність 0,15 відносно поверхні *D* (див. кресленик).

На отвори $\varnothing 55H8$ встановлено допуск перпендикулярності 0,06 мм відносно поверхні *D* (див. кресленик).

В якості контролю на вісь отворів $\varnothing 40$ в кількості 3-х штук встановлено допуск на паралельність – 0,15 мм відносно поверхні *D*, його необхідно контролювати спеціальним пристроєм.

2.2.3 Обґрунтування вибору шорсткості

Призначення шорсткості базується у відповідності до допуску розміру.

Основні елементи деталі показано на рисунку 2.1, а їх характеристики наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні елементи деталі та їх характеристики

№ поз	Назва елемента	Квалітет точності <i>IT</i>	Параметр шорсткості <i>Ra</i>	Призначення поверхні
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	Площина основи	<i>h</i> 14	6,3	Основна поверхня, по якій базується кришка
2	Поверхня плити	<i>h</i> 14	6,3	Вільна поверхня
3	Поверхня плити	<i>h</i> 14	6,3	Вільна поверхня
4	Бокова поверхня фланців	<i>h</i> 14	6,3	Вільна поверхня
5	Внутрішня циліндрична поверхня	<i>h</i> 14	6,3	Допоміжна поверхня, по якій базується кришка
6	Внутрішня поверхня плити	<i>H</i> 14	6,3	Вільна поверхня
7	Внутрішня циліндрична поверхня	<i>h</i> 14	6,3	Вільна поверхня
8	Внутрішні отвори кріплення кришки	<i>H</i> 14	6,3	Вільна поверхня
9	Внутрішня різьбова конічна поверхня	<i>H</i> 14	6,3	Вільна поверхня

2.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

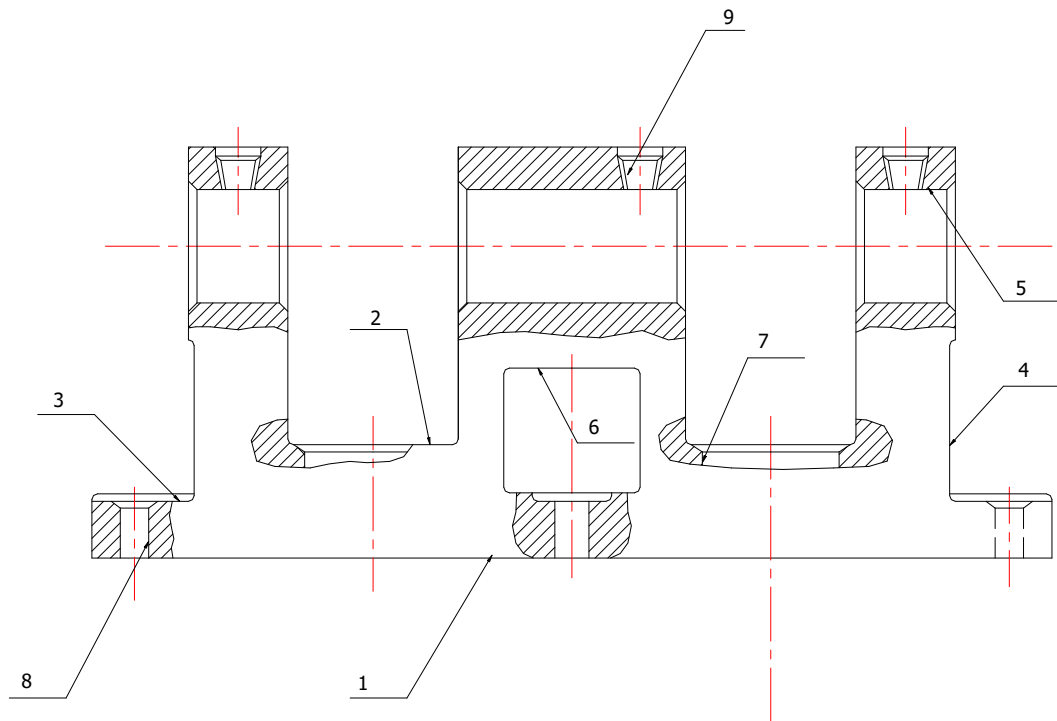


Рис. 2.1 Основні елементи деталі „кришка”

Мета проведеного аналізу – визначення недоліків конструкції, покращення технологічності конструкції деталі. Конструкція деталі вважається технологічною за умови забезпечення простого та економічного виготовлення деталі.

Дана деталь відноситься до типу корпусних деталей. Деталь „кришка” складається із простих геометричних елементів, тому її оброблення не передбачає труднощів (в основному переважає фрезерна обробка). Конструкція деталі дозволяє застосування високопродуктивних методів оброблення.

При обробленні деталі немає необхідності створювати штучні бази, для базування достатньо поверхонь, що вже є в наявності.

Кількісний аналіз.

1. Коефіцієнт точності.

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де T_{cp} - середній квалітет точності.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n}{\sum n_i},$$

де $\sum T_i$ - сумарний квалітет точності;

n - кількість поверхонь.

$$T_{cp} = \frac{126}{9} = 14.$$

Отже,

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{14} = 0,923.$$

$[K_{mч}] \leq 0,8$. Отже, кришка не є точною деталлю.

2. Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{ш} = \frac{\sum Ra_i \cdot n}{n},$$

де Ra - шорсткість поверхні;

n - кількість поверхонь.

$$K_w = \frac{56,7}{9} = 6,3.$$

По шорсткості деталь технологічна.

В цілому конструкція деталі „кришка” є технологічною.

2.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

Кінцево тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{o.i}}{P},$$

де $\sum P_{o.i}$ - число операцій за місяць на дільниці;

P - число робочих місць.

Для масового типу виробництва $K_{з.о.} \leq 1$; для багатосерійного - $1 < K_{з.о.} \leq 10$; для середньосерійного - $10 < K_{з.о.} \leq 20$; для дрібносерійного - $20 < K_{з.о.} \leq 40$

Кількість деталей в партії запуску, шт.:

$$n = \frac{N \cdot a}{F_p}$$

де a - запас деталей на складі, $a = 10$ днів;

N - річна програма випуску деталей, $N = 10000$ шт.;

F_p - кількість робочих днів на рік, $F_p = 257$ днів.

Отже,

$$n = \frac{10000 \cdot 10}{257} = 389,11 \text{ шт.}$$

Число запусків:

$$K = \frac{N}{n} = \frac{10000}{389,11} = 25,7.$$

Приймаємо $K = 25$, тоді розмір партії:

$$n = \frac{10000}{25} = 400 \text{ шт.}$$

2.5 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

На вибір способу отримання заготовки впливають: матеріал деталі, форма поверхонь та її розміри, призначення та технічні вимоги до виготовлення.

Оптимальним способом отримання заготовки є такий, що має найменшу технологічну собівартість виготовлення.

Для деталі „кришка” із чавуну СЧ 20 з досить складною конфігурацією, найбільш вірогідним методом отримання заготовки є литво. Порівнюємо два варіанти отримання виливків – в пісково-глиняні форми та в кокіль.

Проводимо розрахунок собівартості заготовки.

Вартість заготовок, отриманих методом литва в пісково-глиняні форми розраховуємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{видх}}}{1000},$$

де $S_{\text{заг}}$ - вартість заготовки, гр;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, гр. $C_i = 3600$;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 8,2$;

q - маса готової деталі, кг; $q = 5,6$;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр. $S_{відх} = 248$;

k_T, k_c, k_e, k_m, k_n - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

Отже, вартість заготовки із чавуну СЧ 20 методом литва в пісково-глиняні форми, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{3600}{1000} \cdot 8,2 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 0,76 \cdot 1,04 \right) - (8,2 - 5,6) \cdot \frac{248}{1000} = 240 \text{ гр}$$

Вартість заготовок, отриманих методом литва в кокіль розраховуємо за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де $S_{заг}$ - вартість заготовки, гр;

C_i - базова вартість 1 т заготовок, гр. $C_i = 4560$;

Q - маса заготовки, кг; $Q = 7,8$;

q - маса готової деталі, кг; $q = 5,6$;

$S_{відх}$ - вартість 1 т відходів, гр. $S_{відх} = 248$;

k_T, k_c, k_e, k_m, k_n - коефіцієнти, що залежать від точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму випуску заготовок.

Отже, вартість заготовки із чавуну СЧ 20 методом литва в кокіль, становить:

$$S_{заг} = \left(\frac{4560}{1000} \cdot 7,8 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 0,88 \cdot 1,03 \cdot 1,1 \right) - (7,8 - 5,6) \cdot \frac{248}{1000} = 392 \text{ гр}$$

Знаходимо коефіцієнти використання матеріалу для двох методів отримання заготовки і порівнюємо їх.

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, отриманої методом литва в пісково-глиняні форми:

$$K_{в.м.}^1 = \frac{5,6}{8,2} = 0,68.$$

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, отриманої методом литва в кокіль:

$$K_{в.м.}^2 = \frac{5,6}{7,8} = 0,72.$$

В результаті проведеного аналізу видно, що коефіцієнт використання матеріалу за другим методом кращий, тому застосовуємо литво в кокіль.

2.6 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз визначає точність лінійних розмірів і відносного розташування поверхонь, отриманих в процесі оброблення, вибір різальних та вимірювальних інструментів, верстатних пристроїв, та продуктивність оброблення.

При виконанні аналізу точності технологічного процесу механічного оброблення заготовки технологічні бази показують із використанням умовних позначень за ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні.

В якості чистової бази вибираємо площину основи. При базуванні по цій поверхні буде забезпечуватись більш висока жорсткість технологічної системи.

2.7 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі

Вибір технологічного маршруту оброблення деталі залежить від конфігурації деталі, її габаритних розмірів, точності та якості оброблених поверхонь, методу отримання заготовки. Кінцеве формоутворення, розміри та якість оброблених поверхонь досягається обробленням різанням.

Технологічний маршрут механічного оброблення деталі „кришка” покажемо у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технологічний маршрут механічного оброблення деталі
“кришка”

№ п/п	Найменування операції і зміст технологічного переходу	Кваліте т точнос ті <i>IT</i>	Параме тр шорстк ості <i>Ra</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	1. Фрезерувати підшву заготовки, витримуючи розмір 20.	<i>h 14</i>	6,3
2	1) Базуючись на вісь симетрії фрезерувати бокові сторони 3-х бобишок, витримавши розміри 270, 35, 60, 175, 35. 2) Фрезерувати 3 пониження 30x28, витримавши розмір 2 мм.	<i>h 14</i>	6,3
3	1) Фрезерувати пониження в вилитому вікні, витримавши розмір 2 мм. 2) Свердлувати з двох сторін отвори $\varnothing 39,5 \pm 0,1$. 3) Зенкерувати 3 отвори $\varnothing 40H8$.	<i>h 14</i>	6,3
4	1) Свердлувати 2 отвори $\varnothing 54,6 \pm 0,1$ і розмір $140 \pm 0,4$. 2) Розточити 2 фаски 2×45^0 . 3) Свердлувати по програмі 6 отв. $\varnothing 13$. 4) Свердлувати по програмі 2 отв. $\varnothing 8$. 5) Свердлувати по програмі 3 отв. під різьбу $K 1/8''$. 6) Розточити 3 фаски. 7) Свердлувати 3 отв. під різьбу M5.	<i>H 14</i>	6,3
5	1) Свердлими отвори $\varnothing 14$.	<i>H 14</i>	6,3
6	1) Нарізати різьбу $K 1/8''$ в 3 отв. 2) Нарізати різьбу M5 в 3-х отворах. 3) Нарізати різьбу M12x1,5 в 2-х отворах.		
7	Зачистити всі заусенці, гострі кромки притупити фасками $0,5 \times 45^0$.	<i>h 14</i>	6,3

2.8 Вибір варіанту технологічного маршруту і його техніко-економічне обґрунтування

При виборі варіанту технологічного маршруту механічного оброблення деталі “кришка” розглянемо технологічну собівартість двох методів.

Проведемо розрахунок собівартості операцій механічного оброблення, що відрізняються між собою.

Варіант 1. Свердлування отворів $\varnothing 13H14$ на свердлувально-фрезерно-розточному верстаті з ЧПК IP500MФ4.

Собівартість операції визначаємо за формулою:

$$C_{on} = C_{n.v.} \cdot \frac{T_{um}}{60 \cdot \kappa_g},$$

де $C_{n.v.}$ - норматив часових зведених витрат для даного типу верстата, грн/год;

T_{um} - штучний час на операцію, хв;

κ_g - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_g = 1,3$.

Норматив часових зведених витрат визначаємо за формулою:

$$C_{n.v.} = C_z + C_{ч.в.} + E_n \cdot (\kappa_g + \kappa_c),$$

де C_z - основна і додаткова зарплата з нарахуваннями, грн/год;

$C_{ч.в.}$ - часові витрати по експлуатації робочого місця, грн/год;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (в машинобудуванні $E_n = 0,15$);

κ_g, κ_c - часові вкладення відповідно в верстат і споруду, грн/год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{mp} \cdot \kappa \cdot y,$$

де ε – коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату 9%, нарахування на соцстрах 7,6%, приробіток до основної зарплати 30%.

$$\varepsilon = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,3 = 1,53;$$

$C_{т.ф.}$ часова тарифна ставка верстатника, $C_{т.ф.} = 60,6$ коп;

κ - коефіцієнт, який враховує зарплату наладчика, $\kappa = 1$ [1, ст.39];

y - коефіцієнт, який враховує зарплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $y = 1$;

$$C_3 = 1,53 \cdot 60,6 \cdot 1 \cdot 1 = 92,7 \text{ коп/год.}$$

Часові витрати по експлуатації робочого місяця:

$$C_{ч.в.} = C_{ч.в.}^{б.п.} \cdot \kappa_M,$$

де $C_{ч.в.}^{б.п.}$ - практичні часові витрати на базовому робочому місці,

$$C_{ч.в.}^{б.п.} = 36,3 \text{ грн/год};$$

κ_M - коефіцієнт, який показує, в кільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати базового верстата $\kappa_M = 1,5$;

$$C_{ч.в.} = 36,3 \cdot 1,5 = 54,45 \text{ грн/год.}$$

Капітальна вкладення в верстат:

$$K_{\epsilon} = \frac{Ц \cdot 100}{F_{\delta} \cdot \eta_3},$$

де $Ц$ - балансова вартість верстата, грн; $Ц = 107710$ грн;

F_{δ} - дійсний річний фонд часу роботи верстата, $F_{\delta} = 3987$ год;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, в серійному виробництві $\eta_3 = 0,8$.

$$K_{\epsilon} = \frac{107710 \cdot 100}{3987 \cdot 0,8} = 5505,2 \text{ грн/год.}$$

Капітальні вкладення в споруду:

$$K_c = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_{\delta} \cdot \eta_3},$$

де F - виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів та проїздів, м^2 ;

$$F = f \cdot k_f = 2,0 \cdot 3 = 6,0 \text{ м}^2,$$

де f - площа верстата в плані, м^2 ;

k_f - коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу $k_f = 3$.

$$K_c = \frac{6 \cdot 78,4 \cdot 100}{3987 \cdot 0,8} = 14,7 \text{ грн/год.}$$

Отже, зведені витрати для 1-го варіанту технологічного маршруту обробки деталі:

$$C_{н.в.}^1 = 92,7 + 23,51 + 0,15 \cdot (5505,2 + 14,7) = 5519,9 \text{ грн/год.}$$

Основний технологічний час визначаємо за наближеними нормативами.

Штучний час: хв,

$$T_{шт} = 12,843 \text{ хв,}$$

де φ - поправочний коефіцієнт на допоміжний і додатковий час.

Технологічна собівартість операції:

$$C_{он}^1 = 5519,9 \cdot \frac{10,423}{60 \cdot 1,3} = 737 \text{ грн.}$$

2-й варіант. Свердлування отворів \varnothing 13H14 на координатно-розточному верстаті 2421.

Собівартість операції визначаємо за формулою:

$$C_{он} = C_{н.в.} \cdot \frac{T_{шт}}{60 \cdot \kappa_{\theta}},$$

де $C_{н.в.}$ - норматив часових зведених витрат для даного типу верстата, грн/год;

$T_{шт}$ - штучний час на операцію, хв;

κ_6 - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_6 = 1,3$.

Норматив часових зведених витрат визначаємо за формулою:

$$C_{н.в.} = C_з + C_{ч.в.} + E_n \cdot (\kappa_6 + \kappa_c),$$

де $C_з$ - основна і додаткова зарплата з нарахуваннями, коп/год;

$C_{ч.в.}$ - часові витрати по експлуатації робочого місця, коп/год;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (в машинобудуванні $E_n = 0,15$);

κ_6, κ_c - часові вкладення відповідно в верстат і споруду, коп/год.

$$C_з = \varepsilon \cdot C_{тр} \cdot \kappa \cdot y,$$

де ε – коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату 9%, нарахування на соцстрах 7,6%, приробіток до основної зарплати 30%.

$$\varepsilon = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,3 = 1,53;$$

$C_{т.ф.}$ часова тарифна ставка верстатника, $C_{т.ф.} = 60,6$ грн;

κ - коефіцієнт, який враховує зарплату наладчика, $\kappa = 1$;

y - коефіцієнт, який враховує зарплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $y = 1$;

$$C_3 = 1,53 \cdot 60,6 \cdot 1 \cdot 1 = 92,7 \text{ грн/год.}$$

Часові витрати по експлуатації робочого місця:

$$C_{ч.в.} = C_{ч.в.}^{б.н.} \cdot K_M,$$

де $C_{ч.в.}^{б.н.}$ - практичні часові витрати на базовому робочому місці, $C_{ч.в.}^{б.н.} = 36,3$ грн/год;

K_M - коефіцієнт, який показує, в кільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати базового верстата $K_M = 12,1$;

$$C_{ч.в.} = 36,3 \cdot 12,1 = 439,23 \text{ грн/год.}$$

Капітальна вкладення в верстат:

$$K_6 = \frac{Ц \cdot 100}{F_0 \cdot \eta_3},$$

де $Ц$ - балансова вартість верстата, грн; $Ц = 524600$ грн;

F_0 - дійсний річний фонд часу роботи верстата, $F_0 = 3987$ год;

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, в серійному виробництві $\eta_3 = 0,75$.

$$K_6 = \frac{524600 \cdot 100}{3987 \cdot 0,75} = 19298 \text{ грн/год.}$$

Капітальні вкладення в споруду:

$$K_c = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_0 \cdot \eta_3},$$

де F - виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів та проїздів, м²;

$$F = f \cdot k_f = 17,4 \cdot 2 = 34,8 \text{ м}^2,$$

де f - площа верстата в плані, м²;

k_f - коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу $k_f = 2$.

$$K_c = \frac{34,8 \cdot 78,4 \cdot 100}{3987 \cdot 0,75} = 91,24 \text{ грн/год.}$$

Отже, зведені витрати для 2-го варіанту технологічного маршруту обробки деталі:

$$C_{n.в.}^2 = 92,7 + 439,23 + 0,15 \cdot (1929 + 91,24) = 6740 \text{ грн/год.}$$

Технологічна собівартість операції:

$$C_{on}^2 = 6740 \cdot \frac{12.843}{60 \cdot 1,3} = 1109,8 \text{ грн.}$$

2.9 Розрахунок припусків на механічну обробку

2.9.1 Аналітичний розрахунок припусків

Для зручності результати розрахунків представимо в вигляді таблиці

2.4.

Таблиця 2.4 - Карта розрахунку припусків на оброблення та граничних розмірів по технологічних переходах $\varnothing 40H8$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 40H8$	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{zp}$	$2z_{\max}^{zp}$
Заготовка	200	250	1867	-	-	37,60	2400	37,6	36,21	-	-
Розточування чорнове.	50	50	112	-	$2 \cdot 2317$	39,49	300	37,9	36,49	2200	3576
Розточування чистове.	25	25	6	-	$2 \cdot 212$	40,066	120	40,1	40,066	900	280

Технологічний маршрут оброблення поверхні $\varnothing 40H8$ складається із чорнового, чистового розточування.

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2},$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення заготовки:

$$\rho_{кор.} = \Delta_k \cdot l,$$

де Δ_k - питома кривизна заготовки, мкм на 1 мм довжини;

l - довжина заготовки в мм.

$\rho_{ц}$ - похибка поковки, мкм:

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1};$$

де - допуск на базовий діаметр, $\delta = 2,4$ мм.

Отже, значення просторової похибки:

$$\rho = \sqrt{(0,005 \cdot 350)^2 + (0,25 \cdot \sqrt{2,4^2 + 1})^2} = 1,867 \text{ мм} = 1867 \text{ мкм}.$$

Залишкова величина просторових відхилень:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1867 = 112,02 \text{ мкм},$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 1867 = 93,35 \text{ мкм}$$

Похибка установки ε_y при встановленні заготовки в центрах в радіальному напрямку дорівнює нулю (ε_y) = 0.

Найменші граничні розміри визначаємо відніманням технологічного допуску по переходах від округленого до точності допуску найбільшого граничного допуску.

Граничні значення припусків $2z_{\max}$ визначаємо як різницю найменших граничних розмірів, а значення $2z_{\min}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів заготовки переходу, що виконується, та попереднього.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4.

Загальні припуски $z_{o_{\min}}$ та $z_{o_{\max}}$ визначаємо, сумуючи проміжні.

Перевіримо вірність розрахунків:

$$2z_{1\max} - 2z_{1\min} = \delta_3 - \delta_1;$$

$$7524 - 5170 = 2400 - 46$$

$$2354 = 2354$$

Розрахунки проведені правильно.

2.9.2 Табличний розрахунок припусків

На всі інші розміри припуски і допуски призначаємо табличним методом і представляємо їх в вигляді таблиці 2.5.

Розмір деталі, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	Розмір заготовки, мм
∅5	1,2	1,2x2	4,4±0,6
∅8	1,4	1,4 x2	2,2±0,7
∅12	1,4	1,4 x2	7,8±0,7
∅13	1,6	1,6 x2	4,8±0,8
∅16	1,8	1,8 x2	8,4±0,9
2	1,8	1,8 x2	9,4±0,9
5	1,8	1,8 x2	12,4±0,9
25	2,0	2,0 x2	29±1,0
36,5	2,2	2,2 x2	40,9±1,1
37,5	2,2	2,2 x2	41,9±1,1
40	2,4	2,4 x2	44,8±1,2
50	2,4	2,4 x2	54,8±1,2
60	2,4	2,4 x2	64,8±1,2
70	2,8	2,8 x2	75,6±1,4
73	2,8	2,8 x2	78,6±1,4
80	2,8	2,8 x2	85,6±1,4
85	2,8	2,8 x2	90,6±1,4
95	2,8	2,8 x2	100,6±1,4
110	3,2	3,2 x2	116,4±1,6
140	3,2	3,2 x2	146,4±1,6
145	3,2	3,2 x2	151,4±1,6
175	3,6	3,6 x2	181,4±1,8
220	3,6	3,6 x2	226±1,8
245	3,6	3,6 x2	251,4±1,8
295	4,0	4,0 x2	303±2,0
325	4,0	4,0 x2	333±2,0

2.10 Розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталі

Таблиця 2.6 – Технологічний процес механічного оброблення деталі „кришка”

№ операції	Найменування операції і зміст технологічного переходу	Обладнання (модель верстата)	Інструмент		Пристрій
			Різальний	Контрольний	
1	2	3	4	5	6
010	Фрезерна 1. Фрезерувати підшву заготовки, витримавши розмір 20.	Вертикально-фрезерний 6Н13П	Фреза торцева 419-040A32L-14М, торцева пластина 419R-1405M-PM 4330	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Пристрій спеціальний
015	Фрезерна 1. Базуючись на вісь симетрії фрезерувати бокові сторони 3-х бобишок, витримавши розміри 270, 35, 60, 175, 35. 2. Фрезерувати 3 пониження 30x28, витримавши розмір 2 мм.	Свердлуваль но-фрезерно-розточний верстат з ЧПК IP500MФ4	Фреза кінцева Ø16 мм 100/16 R4 Sandvik, свердло спеціальне, зенкер чистовий	Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Пристрій спеціальний
020	Багатоцільова 1. Фрезерувати пониження в вилитому вікні, витримавши розмір 2 мм. 2. Свердлувати з двох сторін отвори Ø39,5±0,1. 3. Свердлувати 2 отвори Ø54,6±0,1 і розмір 140±0,4. 4. Зенкерувати 2 отвори Ø55H8.	Свердлуваль но-фрезерно-розточний верстат з ЧПК IP500MФ4	Фреза торцева 419-040A32L-14М, торцева пластина 419R-1405M-PM 4330; Свердло спіральне Ø39,5; Ø54,6 WCMX 050308R-53 235 SANDVIK; Зенкер чистовий	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; шаблони	Пристрій спеціальний
025	Розточна 1. Розточити 2 фаски	Свердлуваль но-	Різець DSONN	Штангенциркуль ШЦ-I-	

	<p>2x45⁰. Свердлувати по програмі 6 отв. Ø13. 2. Свердлувати по програмі 2 отв. Ø8. 3. Свердлувати по програмі 3 отв. під різьбу К 1/8^{//}. 4. Розточити 3 фаски. 5. Свердлувати 3 отв. під різьбу М5.</p>	<p>фрезерно-розточний верстат з ЧПК IP500MФ4</p>	<p>2525M15, пластина SNMG 15 06 24-PR 4425; Свердла спіральні Ø13, Ø16, Ø12, Ø5, Ø6, Ø54,6 WCMX 050308R-53 235 SANDVIK</p>	<p>125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; шаблони</p>	
030	<p>Свердловальна 1. Свердлити отвори Ø14.</p>	<p>2Н135</p>	<p>Свердло спіральне Ø14 WCMX 050308R-53 235 SANDVIK</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018</p>	<p>Кондуктор</p>
035	<p>Різьбонарізна 1. Нарізати різьбу К 1/8^{//} в 3 отв. 2. Нарізати різьбу М5 в 3-х отворах. 3. Нарізати різьбу М12x1,5 в 2-х отворах.</p>	<p>Радіально-свердловальний верстат 2М57</p>	<p>Мітчик М12, М5 CoroTap® 1002-2,5 x D</p>	<p>Калібр різьбовий</p>	<p>Пристрій спеціальний</p>
040	<p>Слюсарна Зачистити всі заусенці, гострі кромки притупити фасками 0,5x45⁰.</p>		<p>Слюсарний інструмент</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; штангенглибині номір ШГ-160, ДСТУ EN ISO 13385-1:2018</p>	<p>Пристрій спеціальний</p>
045 050	<p>Контрольна Здача на склад</p>	<p>Стіл ВТК</p>			

2.11 Вибір режимів різання

Результати покажемо у вигляді таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Режими різання

Ном ер опер ації	Назва і зміст операції	Режим різання						
		t , мм	S_{xe} , мм/хв мм/об	n , об/х в	V , м/хв	P , Н	N , кВт	T_o , хв
010	Фрезерна 1. Фрезерувати підошву заготовки, витримавши розмір 20.	0,8	1,0	1400	120	2,4	0,9	3,42
015	Фрезерна 1.Базуючись на вісь симетрії фрезерувати бокові сторони 3-х бобишок, витримавши розміри 270, 35, 60, 175, 35.	0,35	1,2	1620	115	2,25	0,85	0,75
	2.Фрезерувати 3 пониження 30x28, витримавши розмір 2 мм.	0,35	1,2	1620	115	2,25	0,85	1,062
020	Багатоцільова 1.Фрезерувати пониження в вилитому вікні, витримавши розмір 2 мм.	0,25	0,9	1200	95	2,5	0,8	0,665
	2.Свердлувати з двох сторін отвори $\varnothing 39,5 \pm 0,1$.	19,75	0,9	850	34	1,7	0,4	3,081
	3.Свердлувати 2 отвори $\varnothing 54,6 \pm 0,1$ і розмір $140 \pm 0,4$.	27,3	0,8	850	38	1,6	0,35	1,206
	4.Зенкерувати 2 отвори $\varnothing 55H8$.	20	0,7	740	26	1,2	0,25	0,49

025	<i>Розточна</i>							
	1.Розточити 2 фаски 2х450.	0,8	0,9	450	24	1,2	0,21	0,0136
	2.Свердлувати по програмі 6 отв. Ø13.	6,5	0,7	840	35	1,4	0,27	0,811
	3.Свердлувати по програмі 2 отв. Ø8.	4,0	0,7	780	25	1,25	0,24	0,166
	4.Свердлувати по програмі 3 отв. під різьбу К 1/8//.	3,0	0,7	640	22	1,1	0,18	0,312
	5.Розточити 3 фаски.	1,0	0,9	450	24	1,2	0,2	0,0576
	6.Свердлувати 3 отв. під різьбу М5.	6,0	0,8	830	32	1,3	1,28	0,125
	7.Розточити 2 фаски Ø26х2.	13	0,9	870	37	1,5	0,34	0,0936
8.Свердлити отв. під різьбу М5.	2,5	0,7	450	24	1,2	0,2	0,078	
030	<i>Свердлувальна</i>							
	Свердлити отвори Ø14.	7,0	0,5	560	37	1,1	0,38	0,146
035	<i>Різьбонарізна</i>							
	1.Нарізати різьбу К 1/8// в 3 отв.	1,0	0,05	135	7,5	0,025	0,025	0,08
	2.Нарізати різьбу М5 в 3-х отворах.	1,082	0,07	170	8,007	0,03	0,034	0,04
	3.Нарізати різьбу М12х1,5 в 2-х отворах.	1,1	0,09	184	9,3	0,04	0,05	0,096

2.12 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

На всі операції проводимо розрахунок технічних норм часу, а результати зводимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Зведена відомість норм штучно – калькуляційного часу по операціях

Ном ер опер ації	Назва операції	T_o , хв	$T_{п.з.}$ хв	$T_{обвн}$ хв		$T_{від}$ хв	$T_{шт}$	$T_{дон}$, хв			$T_{шт.к.}$ хв
				$T_{тех}$	$T_{орг}$			$T_{зак.}$	$T_{кер}$	$T_{вим}$	
010	Фрезерна	3,42	8	0,36	0,47	0,3	9,63	0,06	0,03	0,24	9,64
015	Фрезерна	1,812	12	0,54	0,64	0,4	3,82	0,05	0,04	0,31	3,82
020	Багатоцільова	5,006	16	0,79	0,83	0,5	11,3	0,05	0,5	0,38	11,36
025	Багатоцільова	3,33	24	0,94	0,97	0,8	6,8	0,04	0,07	0,65	6,85
030	Свердлувальна	0,146	6	0,61	0,70	0,2	1,88	0,04	0,01	0,15	1,88
035	Різьбонарізна	0,216	13	0,8	0,87	0,5	4,75	0,25	0,39	0,53	4,77

2.13 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

Багатоцільовий спеціальний верстат моделі IP500ПМФ4 (рис. 2.2) з контурною системою програмного керування, автоматичною зміною інструменту і столів-супутників призначений для високопродуктивного оброблення корпусних деталей з різних матеріалів.

Широкі діапазони частоти обертання шпинделя і швидкостей подач, наявність поворотного столу, високий ступінь автоматизації допоміжних робіт розширюють технологічні можливості верстатів і дають змогу використовувати їх у складі гнучких виробничих систем.

Технічні характеристики верстата IP500ПМФ4 наведемо у вигляді таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики верстата IP500ПМФ4

Максимальний діаметр свердлування	40 мм
Кількість кріпильних отворів на поверхні стола	25
Відстань між кріпильними отворами	100 мм
Максимальний діаметр отвору, що розточується	125 мм
Кількість інструментів в магазині	30
Кількість частот обертання шпинделя	89
Діапазон частот обертання шпинделя	21-3000 об/хв
Швидкість переміщень рухомих механізмів	До 1000 мм/хв
Діапазон подач	1-3600 мм/хв
Потужність головного приводу	16 кВт
Габаритні розміри	6000/3750/3100 мм



Рисунок 2.2 Багатоцільовий верстат моделі IP500ПМФ4

Керуючу програму для операції 020 «Багатоцільова» покажемо у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів $\varnothing 13$.

3.1.1 Опис конструкції пристрою

Для проектування верстатного пристрою обираємо операцію свердлування шести отворів $\varnothing 13$.

Схема базування деталі показана на рис. 3.1.

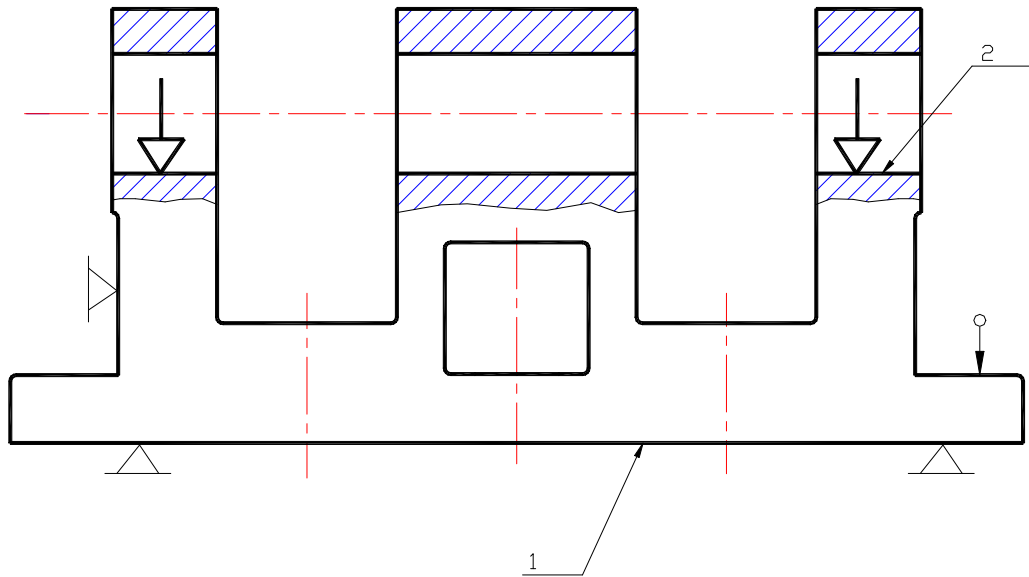


Рис.3.1 Схема базування

В якості базових елементів використовується площина кришки (нижньої частини) – 1 і внутрішня частина отворів $\varnothing 40H8 - 2$.

3.1.2 Розрахунок пристрою для свердлування на точність

Розрахунок точності оброблення виконується як підтвердження умови, що похибка оброблення не перебільшує величину поля допуску на розмір, який виконується на механічній операції.

Допустима сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \cdot \omega ,$$

де $\delta=200$ мкм – допуск на розмір, що виконується;

$k=0,6$ – коефіцієнт, який враховує точність оброблення;

$\omega=5$ мкм – коефіцієнт економічної точності оброблення.

Отже, допустима похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = 200 - 0,5 \cdot 5 = 197 \text{ мкм}.$$

Похибка установки деталі в пристрої, мкм:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.z.}^2},$$

де ε_{δ} – похибка базування. Оскільки деталь базується по зовнішній циліндричній поверхні, яка є базовою, відносно якої повинен витримуватись розмір отворів, то похибка базування $\varepsilon_{\delta}=0$ (використовується принцип суміщення вимірювальної бази розміру, що виконується, з технологічною базою);

ε_3 - похибка закріплення. Оскільки силове замикання проходить в напрямку, перпендикулярному напрямку витримування розміру, то можна прийняти $\varepsilon_3 = 0$;

$\varepsilon_{n.z.}$ - похибка положення заготовки.

Похибка положення заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_{n.z.} = \sqrt{\varepsilon_{op.e}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{op.np}^2},$$

де $\varepsilon_{op.e} = 0,01$ - похибка орієнтації базових елементів;

$\varepsilon_{zn} = 0,01$ мм - похибка зношування базових елементів;

$\varepsilon_{op.np} = 0$ - похибка орієнтації пристрою на верстаті.

Отже, похибка установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,014^2} = 0,014 \text{ мм} = 14 \text{ мкм}$$

Таким чином, з точки зору точності дану схему базування можна признати раціональною, оскільки умова, що похибка оброблення не перебільшує величину поля допуску на розмір, виконується:

$$\varepsilon_{np} < \varepsilon_y,$$

$$197 < 14.$$

3.1.3 Визначення і розрахунок сил при свердлуванні, що діють на елементи конструкції при різанні

Деталь „кришка” встановлюється на площину поршня своєю нижньою частиною 1. За допомогою затискних прихватів деталь позиціонується і закріплюється за допомогою пневматичного циліндра.

Сила закріплення деталі залежить від сил різання, які намагаються зсунути (в даному випадку це крутний момент M) деталь з місця. В даному випадку сила закріплення деталі повинна протистояти прокручуванню деталі.

Розрахуємо силу різання при свердлуванні отворів $\varnothing 13$ (див. технологічний процес обробки деталі).

момент від сил тертя повинен бути більшим від моменту різання:

$$M_m = k \cdot M_{кр},$$

де k - коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

$M_{кр}$ - крутний момент при свердлуванні, $M_{кр} = 18,77 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

В зв'язку з цим умова статичної рівноваги в просторі описується рівнянням:

$$P_z \cdot l_1 \cdot k = 4 \cdot R \cdot f \cdot \frac{D}{2},$$

де f - коефіцієнт тертя, $f = 0,15$;

R - реакція, яка виникає від дії сил тертя;

D - діаметр зовнішньої циліндричної поверхні, $D = 40$ мм;

l_1 - плече між силою різання P_z і центром деталі:

$$l_1 = \sqrt{58^2 + 58^2} + \frac{13}{2} = 88,52 \text{ мм};$$

κ - поправочний коефіцієнт, $\kappa = 1,5$;

P_z - сила різання, яка визначається із рівняння:

$$M = P_z \cdot \frac{D}{2}.$$

Звідси сила різання P_z :

$$P_z = \frac{2 \cdot M}{D} = \frac{2 \cdot 18,77}{0,040} = 938,5 \text{ Н}.$$

Визначаємо реакцію R :

$$R = P_z \cdot l_1 \cdot \frac{\kappa}{2} \cdot f \cdot D = 938,5 \cdot 88,32 \cdot \frac{1,5}{2} \cdot 0,15 \cdot 40 = 10361,04 \text{ Н}.$$

Силу затискання визначаємо з рівняння:

$$R = \frac{W}{2 \cdot \sin \alpha/2}.$$

Отже, сила затискання W :

$$W = R \cdot 2 \cdot \sin \alpha/2 = 10361,04 \cdot 2 \cdot \sin 45^\circ = 14650,04 \text{ Н.}$$

Оскільки $W = Q$, то звідси випливає, що $Q = 14650,51 \text{ Н}$.

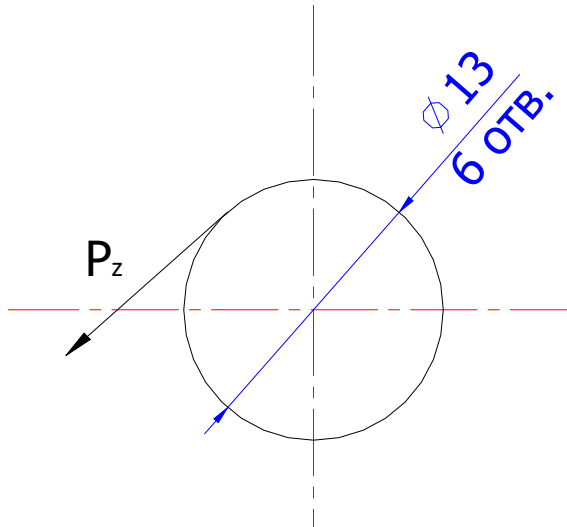


Рис. 3.2 Схема сил, що діють на елементи конструкції при різанні

3.1.4 Розрахунок розмірів пневматичного циліндра верстатного пристрою для свердлування

Визначаємо діаметр поршня при встановленні діаметру штока ($d_{шт} = 16 \text{ мм}$):

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{шт}^2},$$

де Q - зусилля затискання, $Q = 14650,51 \text{ Н}$;

p - тиск в робочій порожнині, $p = 0,4 \text{ МПа}$;

η - коефіцієнт корисної дії (ККД), $\eta = 0,85$.

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 14650,51}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 16^2} = 234,83 \text{ мм.}$$

Приймаємо більше значення $D_n = 322$ мм і $d_{um} = 78$ мм.

Визначаємо фактичну силу затискання:

$$Q_\phi = \frac{(D_n^2 - d_{um}^2) \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{(322^2 - 78^2) \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}{4} = 26049,44 \text{ Н.}$$

3.1.5 Розрахунок пристрою на міцність

Розрахунок на міцність виконуємо для різьбового з'єднання між рухомою планкою і штоком пневматичного циліндра:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_\phi \cdot 1,3}{\pi \cdot [\tau_p]}}, \text{ мм}$$

де $[\tau_p]$ - допустиме напруження при розтягуванні, $[\tau_p] = 125$ МПа;

Q_ϕ - фактичне зусилля затискання, $Q_\phi = 26049,44$ Н.

Отже,

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 26049,44 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 125}} = 18,57 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр різьбового з'єднання $d_1 = 18$ мм за ДСТУ 2497-94 «Основні норми взаємозамінності. Різьба і різьбові з'єднання». Тоді діаметр різьби становить – М18х1,5.

3.1.6 Принцип роботи пристрою

Працює пристрій наступним чином. Деталь встановлюється на верхню поверхню поршня. Стисле повітря подається в порожнину циліндра і під впливом тиску поршень починає рухатись і притискає деталь, яка попередньо затиснута прихватами. Відповідно деталь із поршнем з'єднана за допомогою різьбового з'єднання M18x1,5.

Розкріплюється деталь при зворотному рухові поршня, робочий хід якого становить 32 мм. Стисле повітря подається через другий отвір системи.

3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

3.2.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Для даної деталі вирішено розробляти контрольно-вимірювальний пристрій, який буде контролювати паралельність трьох отворів деталі відносно встановленої бази, якою є нижня поверхня кришки.

3.2.2 Вибір схеми контролю заданого параметру

Обираємо схему контролювання, в якій вимірювальна база – це внутрішня циліндрична поверхня. Схема контролювання зображена на рис.

3.3.

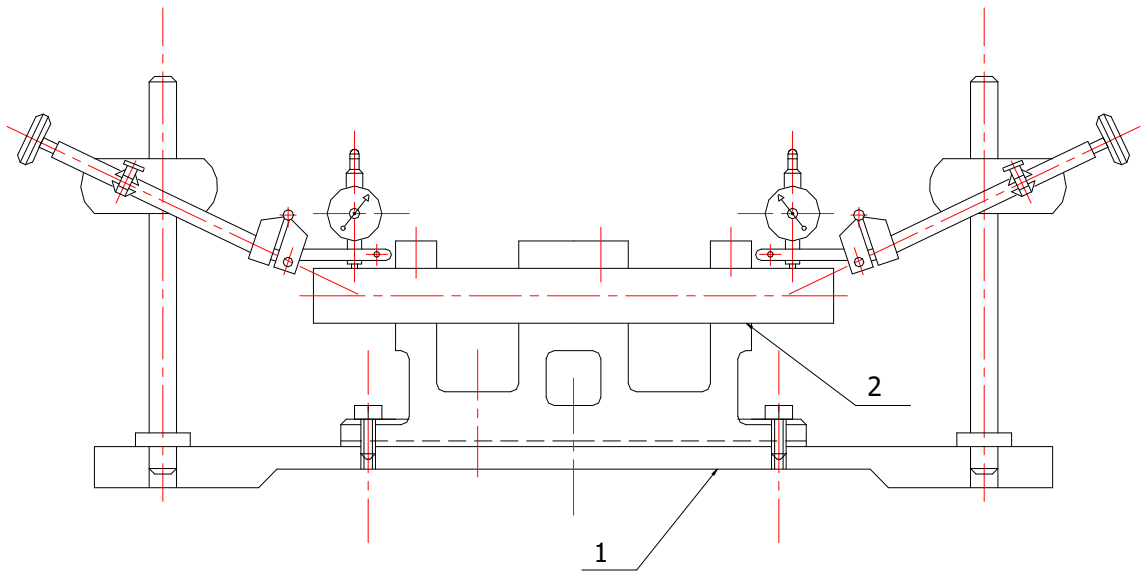


Рис. 3.3 Схема контролю

3.2.3 Розрахунок пристрою на точність

Точність вимірювання:

$$\sigma_{\text{вим}} = T - (\kappa \cdot w),$$

де T - допуск на розмір, що контролюється, $T = 0,08$ мм;

κ - поправочний коефіцієнт, $\kappa = 1,2$;

w - похибка пристрою:

$$w = \sigma_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{np}^2},$$

де ξ_{δ} - похибка базування, $\xi_{\delta} = 0$;

ξ_3 - похибка закріплення, $\xi_3 = 0$;

ξ_{np} - похибка пристрою:

$$\xi_{np} = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{10}\right) \cdot T_d = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{10}\right) \cdot 0,08 = 0,02 \dots 0,008 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\xi_{np} = 0,01$. Тоді похибка вимірювання:

$$\sigma_{вим} = 0,08 - (1,2 \cdot 0,01) = 0,068 \text{ мм.}$$

Згідно рекомендацій вибираємо:

$$\xi_{np} = \sigma_{вим} \cdot (0,5 \dots 0,75) = (0,034 \dots 0,06) \text{ мм.}$$

Приймаємо $\xi_{np} = \sigma_{вим} = 0,05 \text{ мм.}$

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Теоретичні дослідження по визначенню умов термічного оброблення деталей з дифузіційним шаром

Основною метою теоретичних досліджень є визначення умов проведення гартування чавуну після термодифузійного легування.

Для реалізації цієї мети було виконано наступні задачі:

1. Обґрунтовано робочу гіпотезу дослідження, яку положено в основу технологію поверхневого гартування після термодифузійного легування з отриманням мартенситної структури.
2. Проведено аналіз методів нагрівання деталей під гартування та обрано варіант, який має оптимальні характеристики.
3. Визначено режими нагрівання деталі під гартування на підставі вирішення питання теплопровідності в критеріальній формі.

4.2 Дослідження властивостей зміцненого шару деталей із сірого чавуну

Матеріал деталі - сірий чавун СЧ 20 ДСТУ 8833:2019, хімічний склад і механічні властивості якого наведені в таблицях 1.1 та 2.1.

Процес зміцнення проводили в печі із графітовим нагрівачем (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 Піч з графітовим нагрівачем

Характеристики печі наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристики печі із графітовим нагрівачем

Максимальна робоча температура	2000 ⁰ С
Маса деталей	400 г

Для гартування використовували піч марки СНОЛ 10/14 (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 Піч СНОЛ 10/14

Таблиця 4.2 - Характеристики печі СНОЛ 10/14

Зовнішні розміри, мм	850-850-900
Внутрішні розміри, мм	340-170-200
Максимальна температура, ⁰ С	1400
Потужність, кВт	6
Вага, кг	130

В подальшому із зразка (рис. 4.3) вирізались частини.

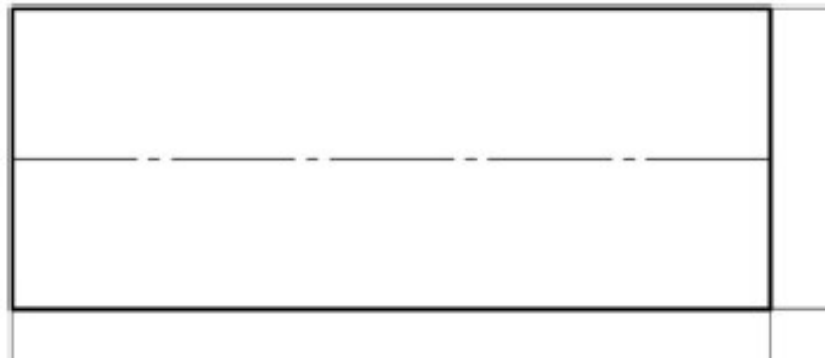


Рисунок 4.3 Конфігурація зразка

Дослідження товщини шару, а також металографічні дослідження виконувались з використанням мікроскопу Neophot-21 (рис. 4.4) при збільшенні 200, 400, 500, 1000 разів.



Рисунок 4.4 Мікроскоп Neophot-21

Твердість зразків виміряли за допомогою портативного твердоміра марки ТН-130 (рис. 4.5), який дозволяє оцінити твердість по шкалі Роквелла та Віккерса.



Рисунок 4.5 Портативний твердомір ТН-130

Мікротвердість структурних складових визначали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 (рис. 4.6) з навантаженням 0,2 – 0,5 Н за ДСТУ ISO 6508-1:2013 «МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ Визначення твердості за Роквеллом Частина 1. Метод випробування» та ДСТУ ISO 6507-1:2007 «Матеріали металеві. Визначення твердості за Вікерсом. Частина 1. Метод випробування».



Рисунок 4.6 Мікротвердомір ПМТ-3

Хімічний аналіз виконували за допомогою спектрометра іскрового ARTUS 8 (рис. 4.7).

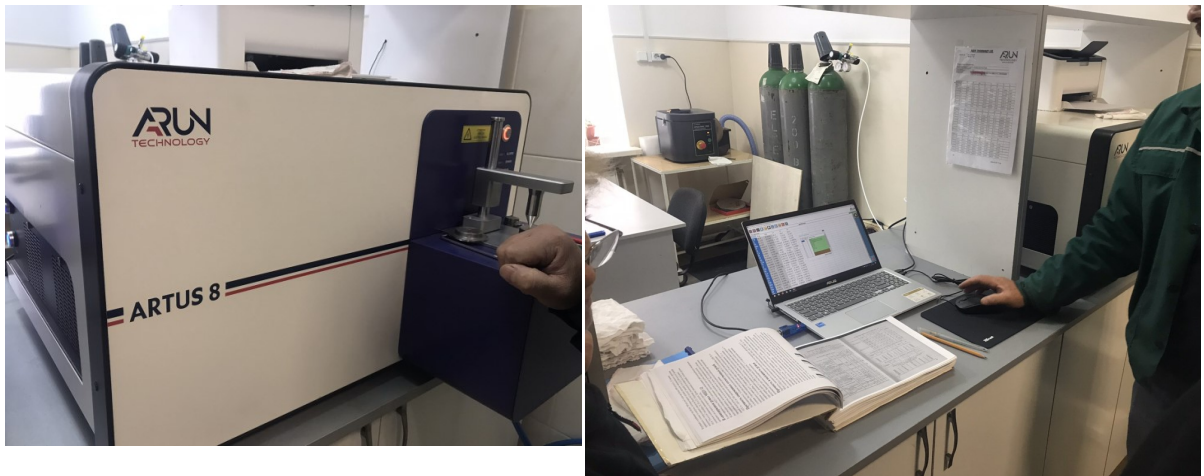


Рисунок 4.7 Проведення хімічного аналізу за допомогою спектрометра іскрового ARTUS 8

Масу зразків до та після досліджень проводили на електронних вагах з точністю 0,0001 г та на технічних вагах з точністю 0,01 г.

Зразки піддавались електрополіруванню на глибину 0,01...0,04 мм в електролітові наступного складу: 860 мл фосфорної кислоти, 100 г хромового ангідриду, 5 мл сірчаної кислоти.

4.3 Результати та аналіз виконаних досліджень

Порошок чавуну (розмір часточок менше 63 мкм) змішувався з порошком оксиду легуючого елементу (розмір часточок менше 63 мкм), суміш розміщувалась в корундовий тигель, нагрівалась до температури 1100⁰С та витримувалась при цій температурі протягом 8 годин. Хімічний склад наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Хімічний склад часточок чавуну після витримки 8 годин

	<i>C, %</i>
Cr_2O_3	0,15
TiO_2	0,08
V_2O_3	0,05

Таким чином, експериментально була доведена можливість окислення оксидами хрому, титану та ванадію вуглецю основи чавуну.

В результаті досліджень взаємодії оксидів із чавуном в твердому зразку був отриманий шар, відмінність якого видно «на око», без додаткового обладнання.

На рисунках 4.8 та 4.9 наведено структуру шару після взаємодії з оксидами хрому та титану.



Рисунок 4.8 Мікроструктура шару: зміцнення шляхом взаємодії з оксидом хрому, x400



Рисунок 4.9 Мікроструктура шару: зміцнення шляхом взаємодії з оксидом титану, x100

При проведенні досліджень було встановлено, що при взаємодії з оксидами титану та ванадію шароподібні включення графіту в зміцненому шарі відсутні.

Визначення часу на гартування проводили на основі рішення рівняння теплопровідності, використовуючи гіпотезу, суть якої полягає в тому, що під час реалізації процесу загартування деталей після термодифузійного загартування після термодифузійного легування ферито - перлітного сірого чавуну в умовах ремонтного виробництва доцільно використовувати

нагрівання в електропечі, тривалість якого можна визначити на основі розв'язання рівняння теплопровідності в критеріальній формі.

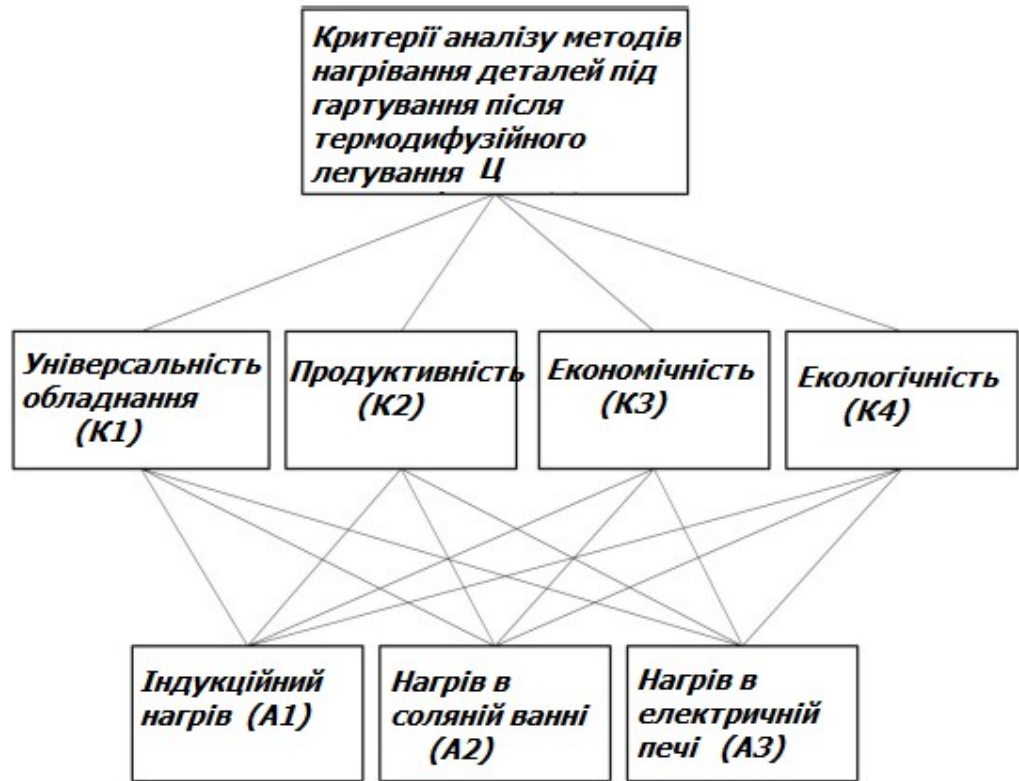


Рисунок 4.10 Критерії комплексного техніко-економічного аналізу методів нагрівання деталей

Матриці парних порівнянь для рівня критеріїв наведені в таблицях 4.4 – 4.8.

Таблиця 4.4 Матриця парних порівнянь для рівня цілей

	К1	К2	К3	К4
К1	1	4	¼	3
К2	¼	1	1/3	1/3
К3	4	3	1	1/3
К4	1/3	3	3	1

Таблиця 4.5 Матриця парних порівнянь для рівня критеріїв «Універсальність обладнання»

K1	B1	B2	B3
B1	1	1/5	1/5
B2	5	1	1/3
B3	5	3	1

Таблиця 4.6 Матриця парних порівнянь для рівня критеріїв «Продуктивність»

K2	B1	B2	B3
B1	1	5	5
B2	1/5	1	1/3
B3	1/5	1/4	1

Таблиця 4.7 Матриця парних порівнянь для рівня критеріїв «Економічність методу»

K3	B1	B2	B3
B1	1	3	1/5
B2	1/3	1	1/6
B3	5	6	1

Таблиця 4.8 Матриця парних порівнянь для рівня критеріїв «Екологічність методу»

K4	B1	B2	B3
B1	1	5	1
B2	1/5	1	1/5
B3	1	5	1

На рисунку 4.11 наведено результати комплексного техніко-економічного аналізу методів нагрівання під гартування деталей після термодифузійного легування.

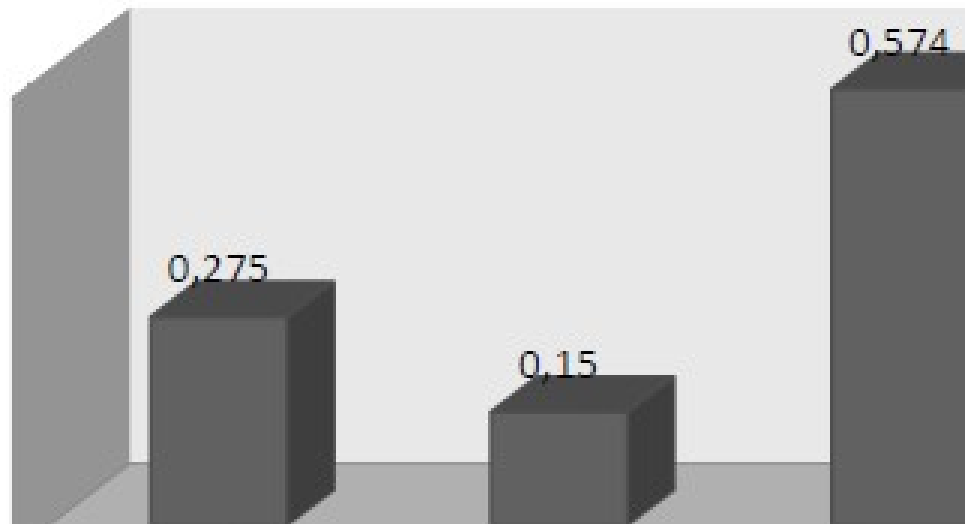


Рисунок 4.11 Результати комплексного техніко-економічного аналізу методів нагрівання під гартування деталей після термодифузійного легування

Як видно із рисунку 4.11, найкращим поєднанням критеріїв володіє альтернатива А3: нагрівання в електропечі. Однак при використанні даного методу до гартування деталей із феррито - перлітного сірого чавуну після термодифузійного легування виникає проблема визначення часу нагрівання під гартування. Вирішенням цієї проблеми може стати використання теплотехнічних розрахунків, як рішення рівняння теплопровідності в критеріальній формі.

4.4 Визначення часу витримки деталі під час гартування

Рішення поставленої задачі полягає у визначенні залежності температури від часу витримання в печі (будування кривої нагрівання). Одним із найбільш ефективних способів визначення даної залежності є рішення рівняння теплопровідності. Параметри нагрівання та охолодження тіл залежать від теплопровідності λ та температуропровідності α .

Теплопровідність залежить від складу матеріалу та від температури. При збільшенні концентрації вуглецю та легуючих домішок теплопровідність знижується. Збільшення температури також призводить до зниження теплопровідності.

Температуропровідність визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma},$$

де c - теплоємність;

λ - коефіцієнт теплопровідності;

γ - одиниця об'єму матеріалу.

Також важливим фактором є тепловіддача, яка залежить від:

- Природи середовища нагрівання чи охолодження;
- Температури середовища;
- Циркуляції середовища;
- Температури поверхні виробу, що нагрівається чи охолоджується.

Для нагрівання із використанням електропечі, коефіцієнт тепловіддачі визначається наступним чином:

$$\alpha_{\text{випром}} = \frac{C \cdot \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{нов}}}{100} \right)^4 \right]}{T - T_{\text{нов}}},$$

де C - коефіцієнт випромінювання, ккал/м²год град⁴;

T - абсолютна температура випромінених газів;

$T_{\text{нов}}$ - абсолютна температура поверхні виробу.

Будування кривої нагрівання виконується на підставі вирішення рівняння Фур'є:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2},$$

де T - температура;

τ - час;

α - температуропровідність.

Але в критеріальній формі вирішення даного рівняння є більш зручним:

$$\frac{T_{серед} - T}{T_{серед} - T_0} = F \cdot \left(\frac{x}{S}; \frac{\alpha\tau}{S^2}; \frac{aS}{\lambda} \right),$$

де a - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні тіла до зовнішнього середовища;

T_0 - початкова температура тіла;

S - половина товщини пластини, радіус циліндра (рис. 4.3);

x - відстань від середини тіла до даної точки;

T - поточна температура тіла в даній точці;

λ - коефіцієнт теплопровідності;

α - коефіцієнт температуропровідності;

τ - час.

Величини, що входять в функціональну залежність, є критеріальними функціями:

$\frac{x}{S}$ - відносна довжина, яка характеризує положення розрахункового січення;

$F_0 = \frac{\alpha\tau}{S^2}$ - критерій Фур'є, який характеризує стадію процесу нагрівання чи охолодження;

$Bi = \frac{aS}{\lambda}$ - критерій Біо, який характеризує відношення теплового опору тіла інтенсивності теплообміну на поверхні.

Важливим питанням, яке слід вирішити на даному етапі, є те, чи деталь є тонкостінним тілом чи масивним.

Щоб встановити межу між тонкими та масивними виробами, слід задатись стелінню точності розрахунків. Чим з більшою точністю мають бути виконані розрахунки, тим більш вузькою буде область тонких деталей, тобто тим меншим має бути переріз виробів, які можна розраховувати спрощеними методами, які не враховують різницю температури по перетину деталей. Надточні розрахунки нераціональні не тільки внаслідок трудомісткості, але й тому, що вихідні дані (коефіцієнти тепловіддачі, теплопровідність тощо) зазвичай відомі тільки наближено, що робить розрахунок з великою точністю недоцільним. Для конкретної задачі можна прийняти в якості граничного значення критерію Біо числа, що дорівнює 0,1.

Задача побудови кривої нагрівання полягає у вирішенні рівняння теплопровідності:

$$T_i = T_{сер} + \Theta_S \cdot \Theta_R \cdot (T_0 - T_{сер}),$$

де Θ_S та Θ_R - значення критеріальних функцій (Bi, F_0) для поверхні та середини зразка відповідно.

В якості вихідних даних для розрахунку приймемо наступні значення коефіцієнтів:

- $\lambda = 14$ ккал/м год $^{\circ}\text{C}$ - коефіцієнт теплопровідності;
- $a = 150$ ккал/м² год $^{\circ}\text{C}$ - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні тіла до зовнішнього середовища (відповідно до нагрівання в електропечі);
- $\alpha = 0,025$ м²/год - коефіцієнт температуропровідності;
- $T_0 = 25^{\circ}$ - початкова температура тіла;
- $T_{сер} = 930^{\circ}$ - середня температура тіла.

Розміри зразка показані на рисунку 4.3, тобто це циліндр з діаметром 20 мм та довжиною 50 мм.

Значення критерію Біо для поверхні S з віссю R відповідно становлять:

$$Bi_R = \frac{a \cdot R}{\lambda} = \frac{150 \cdot 0,5 \cdot 0,02}{14} = 0,11$$

$$Bi_S = \frac{a \cdot S}{\lambda} = \frac{150 \cdot 0,5 \cdot 0,05}{14} = 0,26.$$

Висновок: дана деталь відноситься до масивних тіл. В подальшому визначення критеріальних функцій будемо проводити саме для таких тіл.

Значення критерію Фур'є визначаються в залежності від часу витримки. Для зручності розрахунків дані зведемо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Значення критеріїв Фур'є та Біо

Час τ , год	Критерій Біо по радіусу Bi_R	Критерій Біо по осі Bi_S	Критерій Фур'є по радіусу F_R	Критерій Фур'є по осі F_S
0,01	0,11	0,26	2,5	0,4
0,03	0,11	0,26	7,5	1,2
0,06	0,11	0,26	15	2,4
0,08	0,11	0,26	20	3,2

Значення критеріальних функцій в залежності від часу витримки наведемо у вигляді таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Значення критеріальних функцій

Час τ , год	Критеріальна функція по радіусу Θ_R	Критеріальна функція по осі Θ_S
0,01	0,64	0,75
0,03	0,25	0,6
0,06	0,03	0,35
0,08	0	0,24

Далі розраховуємо температуру зразка в кожній конкретній часовій точці. Результати покажемо у вигляді таблиці 4.11 та рисунку 4.12.

Таблиця 4.11 – Параметри теоретичної кривої нагрівання

Час τ , год	Температура зразка T , $^{\circ}\text{C}$
0,01	495
0,03	794
0,06	920
0,08	930

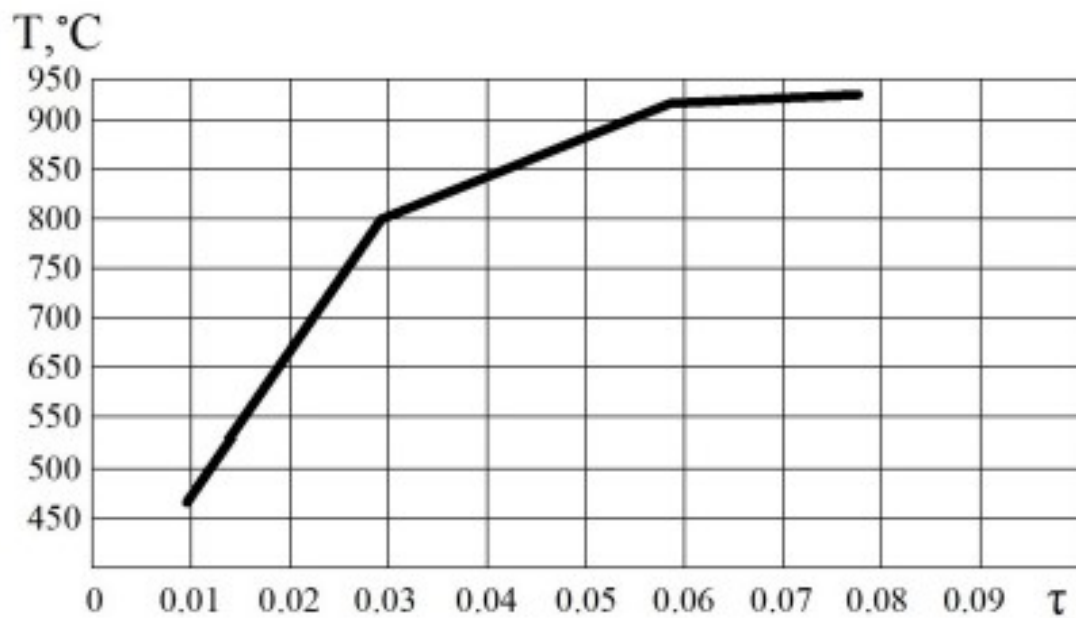


Рисунок 4.12 Теоретична крива процесу нагрівання

Як видно із таблиці 4.11, розрахунковий час нагрівання у печі складає приблизно 5-6 хвилин.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз нормативно-правових актів, які регулюють питання охорони праці при роботі з електропечами при здійсненні термічного оброблення металів

В Україні існує нормативно-правова база, яка регулює питання охорони праці при термічному оброблення металів. Розглянемо деякі із них.

1. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України „28” січня 2008 р. за № 66/14757.
2. ДСТУ EN 14387:2021 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробовування, маркування (EN 14387:2021, IDT)».
3. ДСТУ 7288:2012 «Пожежна безпека. Вогнегасні речовини. Регенеровані галогеновані вуглеводні. Загальні технічні умови».
4. ДСТУ 2816-94 «Матеріали магнітні. Методи визначення статичних магнітних характеристик зразків магнітотвердих матеріалів».
5. ДСТУ EN ISO 7010: 2019 «Евакуаційний вихід» та ДСТУ EN 50172:2019 «Системи евакуаційного освітлення (EN 50172:2004, IDT)».
6. ДСТУ EN 54-24:2012 «Системи пожежної сигналізації. Частина 24. Компоненти систем мовленнєвого оповіщення. Гучномовці (EN 54-24:2008, IDT)».

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

«Ці Правила поширюються на всі суб'єкти господарювання (далі - організації), які здійснюють термічну обробку або проектують у будівництві, реконструкцію та експлуатацію термічних цехів і ділянок, а також при конструюванні, виготовленні, монтажі і налагодженні нового обладнання; експлуатації, технічному обслуговуванні, ремонті і модернізації діючого устаткування для термічної обробки металів.

При організації та експлуатації на підприємствах цехів і ділянок термічної обробки металів, крім цих Правил, необхідно дотримуватися вимог діючого законодавства стосовно охорони праці.

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи проходять перевірку знань відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15, зареєстрованого в

Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за №231/10511 (НПАОП 0.00-4.12-05).

Чинні інструкції з охорони праці за професіями, окремими видами робіт, технологічні та експлуатаційні документи щодо термічної обробки металів повинні бути розроблені (або переглянуті знову) з урахуванням вимог Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 29.01.98 № 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за № 226/2666 (НПАОП 0.00-4.15-98), та цих Правил.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори класифікуються відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартів безпеки труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».» [3]

«При термічній і хіміко-термічній обробці металів можливий вплив на працівників різних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, у тому числі:

- незахищені рухливі елементи виробничого устаткування;
- заготовки, готові вироби або деталі, що пересуваються (далі - деталі);
- транспортні засоби, що рухаються;
- аерозолі фіброгенної дії (пилу);
- несприятливий мікроклімат робочої зони;
- підвищена температура поверхонь устаткування і матеріалів;
- знижена температура при обробці деталей холодом;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання (ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного, лазерного, мікрохвильового, радіочастотного);
- підвищена напруженість магнітного поля; підвищений рівень шуму на робочому місці; знижена освітленість робочого місця; пожежо- і вибухонебезпека;
- хімічні фактори загальнотоксичного, дратівного, канцерогенного впливу на організм працівника;
- важкість і напруженість праці.

Роботодавець при провадженні робіт з впливом небезпечних і шкідливих виробничих факторів зобов'язаний вжити заходів щодо обмеження їх дії на працівника.

В організаціях необхідно організувати розслідування і вести облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій згідно з вимогами постанови Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 № 1112 «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» (НПАОП 0.00-6.02-04)» [3].

ВИМОГИ ДО ВИРОБНИЧИХ БУДИНКІВ І ПРИМІЩЕНЬ

«Виробничі будинки термічних цехів, що стоять окремо, а також термічних цехів і ділянок у загальному комплексі з іншими цехами слід розміщати відносно житлової забудови з підвітряної сторони для вітрів переважного напрямку і будувати з вогнестійкого матеріалу на відстані від житлової забудови, визначеній розрахунком розсіювання шкідливих речовин, але не менше 50 м.

Термічні цехи, як правило, повинні розташовуватися в одноповерхових будинках із заксленими вікнами і світлоаераційними ліхтарями і відповідати вимогам СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания» [3].

5.2 Аналіз видів небезпечних факторів, що виникають при термічному оброблення металів

Термічне оброблення деталі «кришка 6218-51-102», виготовленої із сірого чавуну, пов'язане зі споживанням електроенергії, природного газу, що вимагає особливої уважності до роботи, а також знань та суворого дотримання правил роботи. На виробництві, що розглядається, існують наступні виробничі небезпечні фактори:

- Вибухонебезпечність;
- Електронебезпечність;
- Радіаційна небезпечність;
- Пожежна небезпечність.

Виділення оксиду карбону – дуже отруйного газу, що викликає задуху та отруєння, відбувається при неповному згорянні природного газу та інших видів палива, а також при витоку біля дверей (кришки) печі. У відповідності до НПАОП 28.5-1.02-07 вміст окису карбону не повинно перевищувати 20 мг/м³. В нагрівальних печах втрати газу іноді досягають 11% загального споживання газу. При необережному поводженню це може призвести до загоряння чи вибуху. Також виділення тепла понижує тиск повітря, що шкідливо діє на людину.

При виділенні таких газів, як метан, ендогаз, аміак в повітряний простір термічної дільниці необхідно організувати захист персоналу від їх

дії. Температура загоряння та межі вибухонебезпечності наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Температура загоряння та межі вибухонебезпечності на дільниці

Гази та газові суміші	Температура загоряння	Межі вибухонебезпечності	Гранично допустимі концентрації, мг/м ³	
			Верхня межа	Нижня межа
Пропан-бутан	530-400	2,1	9,5	20
аміак	780	14	33	20
Ендогаз	588	85	80,0	-
метан	632	5	15,0	-
СО	650-690	7,5	13,5	20

Вплив електричного струму на людину може викликати небезпечні для здоров'я наслідки та навіть привести до смерті, причому вірогідність смертельного наслідку надзвичайно висока.

Джерелом ушкодження слугує безпосередній тепловий, хімічний та інші види впливу електричного струму на людину чи вплив через фізіологічні реакції, що виникають як відповідь на ураження, такі, наприклад, як судоми.

Причинами є вплив електричного струму через дугу, безпосередній контакт з відкритою частиною дроту, контакт з деталями чи елементами конструкції, які знаходяться під напругою.

Іонізуюче опромінювання має сильний вплив на кров людини та на її судини, може вплинути на появу злоякісної пухлини та інші шкідливі наслідки.

Радіоактивні речовини за характером впливу на людський організм бувають трьох видів:

1. Елементи, що накопичуються в кісткових тканинах людини.
2. Елементи, що накопичуються в печінці.
3. Елементи, які рівномірно накопичуються в організмі людини.

Норма опромінювання для робітників термічного цеху не повинна перебільшувати 0,01 мр/год, опромінювання на поверхнях установок ТВЧ не повинно перебільшувати 0,03 мр/год, а на поверхнях будівель, в яких знаходяться такі установки – не більше 0,02 мр/год.

В багатьох технологічних процесах, наприклад, при гартуванні відпалюванні, відпуску деталей використовується паливо, яке утворюється в ході технологічних операцій. Це ендогаз, природний газ, деякі мастила.

Ендогаз – основа контрольованої атмосфери при здійсненні термічної та хіміко-термічної обробки. Це ендотермічна атмосфера, яка є продуктом крекінгу природного газу з 75% -ю нестачею повітря в присутності спеціального каталізатора. Склад ендогазу: 40% H_2 , 20% CO , $CH_4 + CO_2 + H_2$ до 1,5%, решта N_2 .

До переваг такого середовища відносять простоту виготовлення, невисоку вартість, значну універсальність та можливість регулювання вуглецевого потенціалу шляхом змінення вологості. Основним недоліком такого середовища є вибухонебезпечність.

При необережному поводженні з ендотермічною атмосферою можуть виникати пожежі, причинами яких є:

1. Неправильне проведення робіт;
2. Порушення режимів технологічного процесу;
3. Необережність чи недостатня кваліфікація персоналу.

Джерелами пожеж слугують печі нагрівальні, відкритий вогонь при проведенні ремонтних робіт, тепло нагрітого обладнання чи нагрітих деталей, механічний розігрів, електричні та механічні іскри тощо.

5.3 Розроблення захисних заходів

У всіх випадках експлуатації печей передбачено дотримання загальних правил роботи з електроустановками, а також систематичні перевірки справності лінії, постачання печей електроенергією, особливо на ділянках між трансформаторами і печами, справності електроізоляції та наявності огорожі на лініях електропередач.

Рекомендується футеровку і теплову ізоляцію печей піддавати систематичному контролю і ремонту, з тим, щоб підтримувати встановлену температуру на поверхні кожуха, яка не перевищує 45°C.

Проектом передбачається поміщення електропечей у сталевий кожух завтовшки 10-15 мм, а в установках ТВЧ - захисні дверцята, які перегороджують шлях електромагнітних променів від індуктора в навколишній простір.

Для створення нормальних умов роботи на ділянці передбачається наступне:

- для персоналу, що обслуговує електроустановки, передбачено видачу захисних засобів і пристосувань, гумові рукавички і гумові килимки;

- індивідуальні засоби захисту органів дихання, зору, а також компенсація шкідливих умов праці, передбачені ДСТУ EN 14387:2021 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробовування, маркування (EN 14387:2021, IDT)». Норми на спецодяг і взуття передбачають під час укладення колективного договору, знижені норми, передбачені в ДСТУ EN 14387:2021 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробовування, маркування (EN 14387:2021, IDT)», наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Засоби індивідуального захисту

Професія	Засоби індивідуального захисту	Компенсація шкідливих умов праці
Терміст	Куртка х/б Брюки х/б Черевики Рукавиці брезентові та суконні	Мило та знежирюючі речовини Додаткова відпустка
Токар, шліфувальник	Куртка х/б Брюки х/б Черевики Рукавиці брезентові та суконні Захисні окуляри	Мило та знежирюючі речовини Додаткова відпустка

Проектом передбачається таке санітарно-побутове обслуговування:

- гардеробні - чоловічий і жіночий;
- душові - чоловічий і жіночий;
- умивальні, туалети, пральня;
- буфет або кімната для приймання їжі;
- приміщення сушіння, знежирення та ремонту спецодягу;
- здоровпункт.

З метою запобігання нещасним випадкам, пов'язаним з електричним струмом, у проекті передбачено захисні заземлювачі всіх видів корпусів, електродвигунів, розподільчі щити і пускові пристрої.

Згідно з правилами влаштування електричних установок при напрузі 1000 В допустимий опір заземлювальних пристроїв не вище 4 Ом.

Проектом передбачається виготовлення контурного щита заземлювача зі смугових електродів перерізом 4 x 40 м, стрижні діаметром 6 см і довжиною 2,5 м.

Електричне обладнання фарбують у зелений колір, що має не тільки розпізнавальне значення, а й унеможлиблює утворення електричного кола через тепло або знижує величину струму.

Для запобігання вибухонебезпечності ділянка термообробки відділяється від цеху вогнетривкою газонепроникною розділовою стіною. Проектом передбачається обладнання ділянки газовідводом і вентиляційним пристроєм. Біля місць завантаження і розвантаження деталей у піч передбачено відсмоктування газів, шкідливих для здоров'я людини.

Біля нагрівальних індукторів з високочастотними генераторами допускається напруженість поля до 20 В/м. Межа для магнітної складової напруженості поля згідно із ДСТУ 2816-94 «Матеріали магнітні. Методи визначення статичних магнітних характеристик зразків магнітотвердих матеріалів» та ДСТУ EN 14387:2021 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробовування, маркування (EN 14387:2021, IDT)» приймається 5 А/м. Генератор струмів високої частоти встановлюється в окремій звуконепроникній кабіні.

Надійний спосіб захисту від електромагнітних полів - екранування. Електромагнітне поле послаблюється екраном, внаслідок створення в товщі його поля з протилежними напрямками. Для екранування використовують матеріал з хорошою електричною провідністю (сталь, мідь, алюміній, латунь) у вигляді листів завтовшки не менше 0,5 мм або сітки з осередками не більше 4 x 4 мм. У цьому проєкті взято листи з міді.

Пожежонебезпека. Для локалізації наслідків короткого замикання на ділянці, внаслідок якого може виникнути пожежа, встановлюються швидкодіючі вимикачі. На проєктованій ділянці термообробки як вогнегасні засоби застосовують такі засоби - ОУ-5 і ОХП-10, ППП-50 згідно ДСТУ 7288:2012 «Пожежна безпека. Вогнегасні речовини. Регенеровані галогеновані вуглеводні. Загальні технічні умови».

Відповідно до ДСТУ EN ISO 7010: 2019 «Евакуаційний вихід» та ДСТУ EN 50172:2019 «Системи евакуаційного освітлення (EN 50172:2004, IDT)» у разі пожежі слід передбачити два запасні евакуаційні виходи з відповідним освітленням. Ширина проходу, дверей і коридору приймається:

- ширина коридору - 2,5 м
- ширина дверей - 1,0 м
- ширина проходу - 2,0 м.

Для оповіщення пожежі згідно до ДСТУ EN 54-24:2012 «Системи пожежної сигналізації. Частина 24. Компоненти систем мовленнєвого оповіщення. Гучномовці (EN 54-24:2008, IDT)» передбачено телефонний зв'язок, організовано ДПД із числа ІТП. Рекомендується встановити внутрішній пожежний водопровід і встановити чотири пожежні крани.

Стічні води забруднюються маслами, солями, лугами, мийними засобами тощо. Забруднюється повітряний басейн унаслідок відкидів газу та пилу. Для зменшення і повної ліквідації забруднення повітряного середовища і стічних вод слід передбачити:

- 1) Заміну сухих способів очищення мокрими.
- 2) Заміну твердого та рідкого палива для печей на газове або електричне.
- 3) Застосування пальників і свічок, що забезпечують повне спалювання окису вуглецю;
- 4) Автоматичну сигналізацію про перебіг операцій, пов'язаних із можливістю виділення шкідливостей;
- 5) Герметизацію обладнання та апаратури.
- 6) Повне уловлювання та утилізацію шкідливостей.
- 7) Очисні споруди з нейтралізації та повного очищення стічних вод.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті розроблено технологічний процес оброблення деталі «кришка 6218-51-102», матеріал деталі - СЧ 20 ДСТУ 8833:2019.

В пояснювальній записці показано технологічний процес механічної обробки вище вказаної деталі, обрано метод отримання заготовки, використано сучасне обладнання та металорізальний інструменту для розробленого технологічного процесу.

В дипломній проєкті було виконано розрахунки припусків на механічне оброблення, обрані режими різання.

Також виконано проектування спеціального пристрою для закріплення деталі на свердлувальній операції при виготовленні отворів $\varnothing 13$ мм та контрольний пристрій для контролювання паралельності трьох отворів деталі відносно встановленої бази, якою є нижня поверхня кришки для відхилень від циліндричності.

В дослідницькому розділі зроблено аналіз властивостей зміцненого шару деталей з дифузиційним шаром із сірого чавуну, проведено аналіз виконаних досліджень та показано розрахунок часу нагрівання деталі під гартування.

В розділі «Охорона праці» проведено аналіз сучасних нормативно-правових актів та національних стандартів, гармонізованих з міжнародними та європейськими, які регулюють питання виробничої безпеки при роботі з електропечами під час термічної обробки деталей; проведено аналіз видів небезпечних факторів, що виникають при термічному оброблення металів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8833:2019 Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні.
3. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
4. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи за освітньо-професійною програмою – 131 Технології машинобудування; / Укладачі: А. І. Гордєєв, В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 39 с.
5. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
6. ДСТУ EN 1550:2018 Безпечність металорізальних верстатів. Вимоги щодо безпеки у разі проектування та виготовлення патронів для оброблюваних деталей (EN 1550:1997 + A1:2008, IDT).
7. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/STZVO-HPI-2.01-2018-SSONP.-Diplomni-proekti-ta-diplomni-roboti.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>.
8. СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Текстові документи у сфері навчального процесу <http://web.kpi.kharkov.ua/business/wp-content/uploads/sites/176/2018/03/STVUZ-HPI-3.01-2010.pdf>.
9. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
10. Гордєєв А.І. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник /

- А.І. Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносів, В.Г. Мігаль. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294 с.
11. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000 " , 2012 . - 358 с.
12. Добрянський, С.С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ : 2020. — 379 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32136/1/2020_Dobrianskyi_Malafieiev_TOM.pdf
13. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
14. Кириченко Л. С., Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології, управління якістю : навч. посіб. Київ: Київ. нац. торг-екон. ун-т, 2011. 446 с.
15. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
16. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
17. 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 - 353 с., іл.

18. Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
19. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
20. Basics of mechanical engineering: integrating science, technology and common sense / Paul D. Ronney Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Southern California – 2021; 142 p. / <http://ronney.usc.edu/ame101/>
21. Fundamentals of CNC Machining / A Practical Guide for Beginners/ Copyright 2014 Autodesk, Inc. https://academy.titansofcnc.com/files/Fundamentals_of_CNC_Machining.pdf
22. Офіційний сайт групи компаній HAAS [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.HaasCNC.com
23. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker. – Springer Science + Business Media, 2019. – 459 p.
24. SECO. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <http://www.secotools.com>
25. Sandvik. Coromant. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <http://www.sandvik.coromant.com>
26. Iscar. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <https://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx?lang=HK>

27. TaeguTec. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <https://taegutec.com.ua/uk/>
28. Okuma. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <https://www.okuma.eu/>
29. Waldrich-coburg. Каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу до каталогу: <https://www.waldrich-coburg.de/>
30. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
31. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.
32. Приходько В.П. РОЗМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» – Електронні текстові дані (1 файл: pdf.- 15.2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38826>.