

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль

450.25.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.25.15.01.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-24-1
Шифр


Підпис

Олександр РЕВТЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Катерина СОКОЛАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри
технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «25» 12 2025

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

2 . 09 .2025

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ревть Олександр Валерійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 450.25010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

керівник роботи Соколан Катерина Станіславівна, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 25 серпня 2025 р. № 65

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 грудня 2025

3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленик деталі Важіль 450.25010-СНЦ, технологічний процес та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 20000 шт.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Дослідницький розділ
5. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А3); кресленик заготовки (1 лист А3); кресленик графотехнології (1 лист А1); кресленик генерування керуючої програми (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (2 листа А2); кресленик контрольного пристрою (1 лист А4) кресленик САЕ аналізу деталі (1 лист А1)

6 Консультанти розділів дипломної роботи (за наявності)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

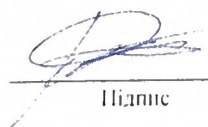
7 Дата видачі завдання

2.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2025	
2 Технологічний розділ	01.11.2025	
3 Конструкторський розділ	20.11.2025	
4 Дослідницький розділ	10.12.2025	
5 Охорона праці	15.11.2025	

Студент


Підпис

Олександр РЕВТЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Катерина СОКОЛАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

студента Ревть О.В.

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 450.25.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Тема кваліфікаційної роботи та її зміст відповідають вимогам до кваліфікаційних робіт магістрів.

Ревть О.В. вдосконалив технологічний процес механічного оброблення деталі, обґрунтував метод виготовлення заготовки, спроектував верстатний та контрольний пристрої, зробив аналіз напружено-деформованого стану деталі «важіль» із застосуванням SolidWorks Simulation.

При вдосконаленні технологічного процесу механічного оброблення деталі Ревть Олександр застосував сучасне обладнання з ЧПК, сучасні різальні інструменти провідної фірми Sandvik.

В розділі «Охорона праці» Ревть О.В. провів аналіз техніки безпеки при використанні різального інструменту при механічній обробці, аналіз умов безпечного виконання термічних операцій, аналіз умов праці при виконанні гальванічного покриття та техніку безпеки при виготовленні виливок. Також було проведено аналіз техніки безпеки на виробництві під час воєнного стану.

В якості зауважень, можна вказати на те, що вертикально-свердловальну операцію 045 можна було б замінити на свердловальну операцію з ЧПК.

В цілому кваліфікаційна робота магістра Ревть О.В. виконана на хорошому інженерному рівні. Кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «Відмінно».

РЕЦЕНЗЕНТ

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

..17... грудня..... 2025 р.

..... (підпис)

к.т.н., доц. каф. АМ
Балуріє О.В.

Завідувачу кафедри ТМ
Канд. техн.наук, доц. Ткачуку В.П.

Ревть О.В.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТА, 2 курс, групи ПМТм-24-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

17 грудня 2025р.

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ Технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі "Важіль 450.25.010-СНЦ" із застосуванням верстатів з ЧПК»

Автор О.В. Ревть

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Науковий керівник: К.С. Соколан

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка 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, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	+
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені 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 відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

...StrikePlagiat – 15,3%.....

...Anti-Plagiarism v-16.694 – 3,0 %.....

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Катерина СОКОЛАН

Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

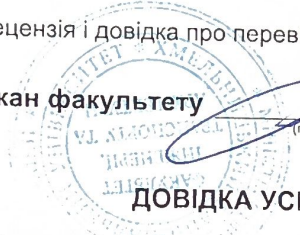
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Ревть Олександр Валерійович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 450.25.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



[Signature]
(підпис)

ОЛЕГ ПОЛІЩУК
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Ревть О.В. з 2024 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно 16,67 %, добре 50,00 %, задовільно 33,33 %.
шкалою ЄКТС: А 20,00 %, В 33,33 %, С 26,67 %, D 6,67 %, E 13,33 %.

Методист факультету

[Signature]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Ревть Олександр працював над дипломною роботою самостійно, згідно до графіка. Під час роботи показав високий рівень теоретичних знань та вміння вирішувати практичні інженерні задачі

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Відмінно

Керівник дипломного проекту

[Signature]
(підпис)

Соколан К. С.
(ім'я, прізвище)

"17" грудня 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Ревть О.В. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТМ
(назва)

[Signature]
(підпис, ім'я, прізвище)

Масарук В. П.

"17" грудня 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 450.25.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

Пояснювальна записка містить 85 сторінки та додатки, в яких містяться: специфікації креслеників, технологічна документація та програма для верстата з ЧПК. Графічна частина роботи виконана на 1 аркуші паперу формату А4, 2 аркушах паперу формату А3, 2 аркушах паперу формату А2 та 2 аркушах паперу формату А1. Згідно з завданням проведено удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 450.25.010-СНЦ» з річною програмою випуску 20000 шт.

Пояснювальна записка містить усі необхідні розрахунки та розділи, виконані відповідно до вимог до кваліфікаційних робіт. У загальному розділі проведено аналіз технологічних умов котрі потрібно забезпечити при модернізації існуючого технологічного процесу. Також у даному розділі проводимо розрахунки для визначення типу виробництва та спроможність даного виробництва досягти поставлених цілей. На основі проведеного аналізу сформульовано вихідні дані для більш детального опрацювання в наступних розділах.

У даній роботі розроблено пристрій для закріплення деталі під час виконання вертикально–свердлувальної операції при свердлінні отвору та двомісний пристрій для закріплення деталі під час вертикально–фрезерної операції при обробці контуру деталі. Також розроблено контрольно–вимірвальний пристрій. Додатково проведено аналіз напружено–деформованого стану деталі «Важіль» для перевірки цієї деталі при можливих навантаженнях. Окремим розділом розглянуто заходи з охорони праці котрі найбільш відповідають в даній ситуації в сучасній Україні.

Автор роботи: Олександр Ревть

2025 р.

/Підпис/

Дата

ABSTRACT:

Topic of the Project: Improvement of the Technological Process for Manufacturing the Part “Lever 450.25.010-SNC” Using CNC Machines

The explanatory note contains 85 pages and appendices, including: specifications of drawings, technological documentation, and the program for the CNC machine. The graphical part of the project is presented on 1 A4 sheet, 2 A3 sheets, 2 A2 sheets, and 2 A1 sheets. According to the task, the technological process of manufacturing the part "Lever 450.25.010-SNC" with an annual production program of 20,000 units has been improved.

The explanatory note includes all necessary calculations and sections, performed in accordance with the requirements for qualification works. The general section contains an analysis of technological conditions that need to be ensured during the modernization of the existing technological process. Also, in this section, calculations are made to determine the type of production and the capability of this production to achieve the set goals. Based on the conducted analysis, initial data are formulated for further detailed work in the next sections.

In this work, a device for clamping the part during the vertical drilling operation for hole drilling is developed, as well as a two-position device for clamping the part during the vertical milling operation for contour processing. Additionally, a control and measuring device is developed. A separate section is dedicated to the analysis of the stress-deformed state of the “Lever” part to check this part under possible loads. An additional section covers measures for occupational safety, with the most relevant considerations for the current situation in modern Ukraine.

The author of the work

Oleksandr REVT

2025 p.

/Signature/ Date

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	17
1.1 Аналіз об'єкта виробництва.	17
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.	18
1.3 Розрахунок виробничої програми випуску виробів та деталей.	18
1.4 Попереднє визначення типу виробництва	20
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	22
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки.	22
2.2 Розрахунок припусків під обробку.	26
2.3 Вибір технологічних баз.	31
2.4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі.	34
2.4.1 Технологічний маршрут механічної обробки деталі	34
2.4.2 Вибір засобів технологічного оснащення.	36
2.5 Розрахунок режимів різання.	40
2.6 Нормування технологічного процесу механічної обробки	44
2.7 Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу	45
2.8 Розроблення в SolidCAM програми оброблення на верстаті	46
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	53
3.1 Проектування пристосування для операції	53
3.1.1 Аналіз існуючих засобів технологічного оснащення операції механічної обробки	53
3.1.2 Розрахунок зусилля закріплення заготовки	54
3.1.3 Розрахунок пристосування на точність	56
3.2 Проектування пристосування для операції	58
3.2.1 Аналіз існуючих засобів технологічного оснащення операції механічної обробки	58
3.2.2 Розрахунок зусилля закріплення заготовки	59

3.2.3	Розрахунок пристосування на точність	61
3.3	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	62
3.3.1	Розрахунок пристрою на точність	63
3.3.2	Призначення та опис роботи	64
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ		65
4.1	Аналіз напружено–деформованого стану деталі «Важіль»	65
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ		69
5.1	Техніка безпеки при використанні різального інструмента при механічній обробці	69
5.2	Умови безпечного виконання термічних операцій	71
5.3	Умови праці при виконанні гальванопокриття	74
5.4	Техніка безпеки при виготовленні виливок	76
5.5	Техніка безпеки на виробництві під час воєнного стану	78
5.6	Умови праці при очищенні деталей.	80
ВИСНОВОК		83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАННЯ		84
ДОДАТКИ		

ВСТУП

У даному розділі буде приведено статтю з результатами досліджень кандидата економічних наук, доцента кафедри технологій машинобудування Коломієць А.С. про сучасний стан технологій машинобудування в Україні та перспективи подальшого його розвитку.

Машинобудування є базовою галуззю промисловості України, від якої залежать провідні галузі економіки і стабільність їх функціонування. Не підлягає сумніву необхідність забезпечення стійкого розвитку машинобудування для розвитку всієї промисловості. Для цього необхідно, в першу чергу, підвищувати конкурентоздатність продукції на світовому ринку, що неможливо без застосування нових технологій і інноваційних рішень.

Інноваційні процеси, що відбуваються у машинобудуванні мають неоднозначну оцінку з боку вчених. Так, Савченко С. М., Колесов С. В. вважають, що стан розвитку є незадовільним, а Тарасова Н. В., Клименко Л. П., Ємельянов В. М. вважають, що останнім часом намітились значні тенденції до покращення. Таким чином, виникає необхідність аналізу стану інноваційного машинобудування в Україні на базі достовірних статистичних даних, з'ясування тенденцій та перспектив його розвитку.

В Україні інноваційну діяльність у 2011 році проводили 1679 підприємств, і одну з провідних позицій з розробки інноваційних продуктів займали підприємства машинобудування (24, 5 %). Саме цей напрямок разом з приладобудуванням було визначено Верховною Радою України одним з найважливіших стратегічних пріоритетних напрямків розвитку інноваційної діяльності в 2011 - 2021 рр.

Проаналізувавши сучасний стан підприємств, що займаються інноваційною діяльністю в машинобудуванні та промисловості, загалом можна сказати, що з 2006 року кількість підприємств, що використовують інновації поступово зростає, але темп приросту таких підприємств в машинобудуванні є нижчим ніж у промисловості в цілому (Рис. 1).

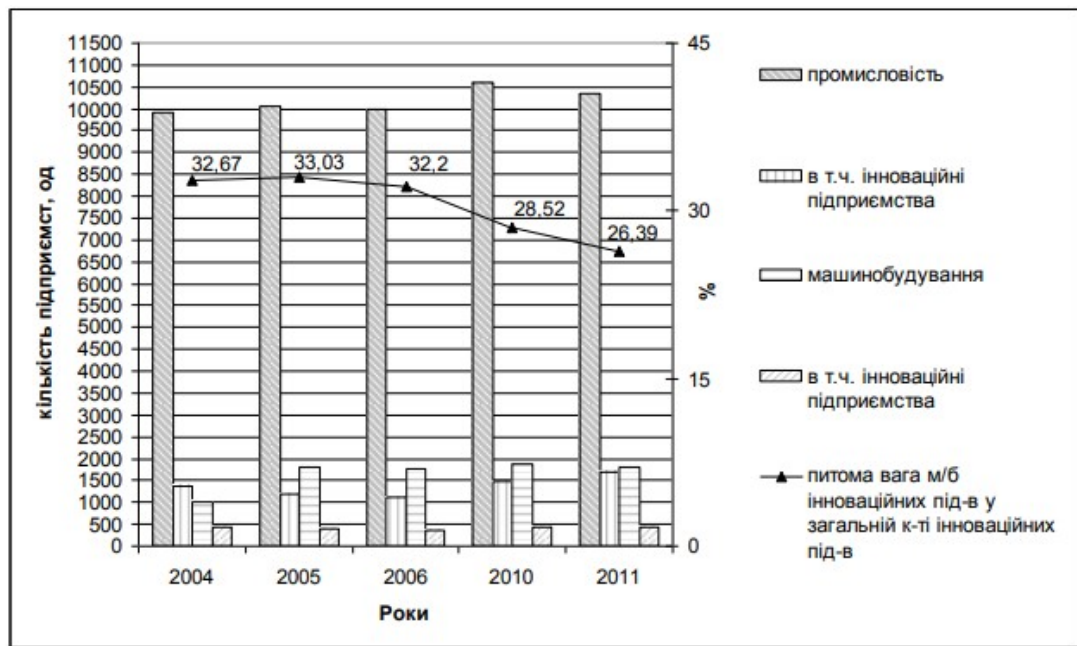


Рисунок 1 – Кількість інноваційно-активних підприємств у промисловості та машинобудуванні України [2].

Проте, машинобудування залишається однією з провідних галузей, що використовують інновації і займає другу позицію за часткою інноваційних підприємств в Україні (після підприємств з виробництва коксу та нафтопереробки). У 2011 році 24,5 % машинобудівних підприємств використовували інновації (рівень застосування інновацій для промисловості в цілому становив 16,2%), але цей показник потребує покращення, оскільки є досить низьким у порівнянні з розвинутими країнами світу. Так, у Японії та Німеччині його значення становить 35 % від загальної кількості підприємств; у Франції, Австрії – 41 - 43 %; Данії, Фінляндії – 51 - 55 %...

Для даного аналізу важливим є показник проведення науково-дослідних розробок (далі НДР), проведення яких виділяє підприємство серед конкурентів, даючи можливість впроваджувати нові досягнення науки, на відміну від тих підприємств, що купують закордонні, найчастіше вже застарілі, технології. Згідно з даними, наведеними в Табл. 1, відзначається тенденція до зменшення

підприємств, що проводять зовнішні НДР, та спостерігається незначна тенденція до збільшення підприємств, що ведуть внутрішні НДР. Так, у 2011 році 32, 7% підприємств, віднесених до інноваційних, займалися проведенням внутрішніх НДР.

Таблиця 1 – Кількість підприємств, що впроваджували інновації в машинобудуванні за напрямками у 2005–2011 рр. [2,3], од.

Показники	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Кількість підприємств	1793	1809	1888	1925	1881	1811
Здійснювали інноваційну діяльність	394	421	400	406	417	443
У тому числі витрачали кошти на						
внутрішні НДР	169	161	152	142	139	145
зовнішні НДР	н/д	57	56	54	53	48
придбання машин, обладнання та програмного забезпечення	174	224	230	208	209	248
інші зовнішні знання	н/д	46	42	31	37	38
навчання та підготовку персоналу	н/д	н/д	81	99	83	99
ринкове запровадження інновацій	н/д	н/д	63	54	51	61
інші цілі	73	171	88	70	70	84

Порівнюючи з 2010 р. кількість підприємств, що витрачали кошти на інноваційну діяльність в машинобудуванні зросла на 6 %, а обсяг інноваційних витрат становив 2,7 млрд. грн. проти 2,5 млрд. грн. у 2010 р. (Рис. 2).

Варто зауважити, що майже половину цих коштів було витрачено на закупівлю машин, обладнання та програмного забезпечення, а на проведення НДР було витрачено 0,75 млрд. грн., понад 87 % яких були проведені за власний рахунок підприємств.

Причиною такої ситуації є недостатній обсяг фінансування, спрямований на науково-дослідні розробки, в тому числі низький рівень залучення коштів з держбюджету та зі сторони інвесторів.

За даними держкомстату за період 2005 - 2011 рр., основну частину коштів, що витрачаються на інновації, становили власні кошти підприємств (87 - 91 %). Фінансування з бюджету було надзвичайно низьким і знаходилося на рівні 0, 5 - 4 % від загального обсягу. Фінансування з боку вітчизняних та іноземних інвесторів мало тенденцію до зниження і становило 0, 24 - 5 %, а

також спостерігалися проблеми при видачі кредитів, частка яких становила лише 0,4 - 4,2 % (Рис. 3).

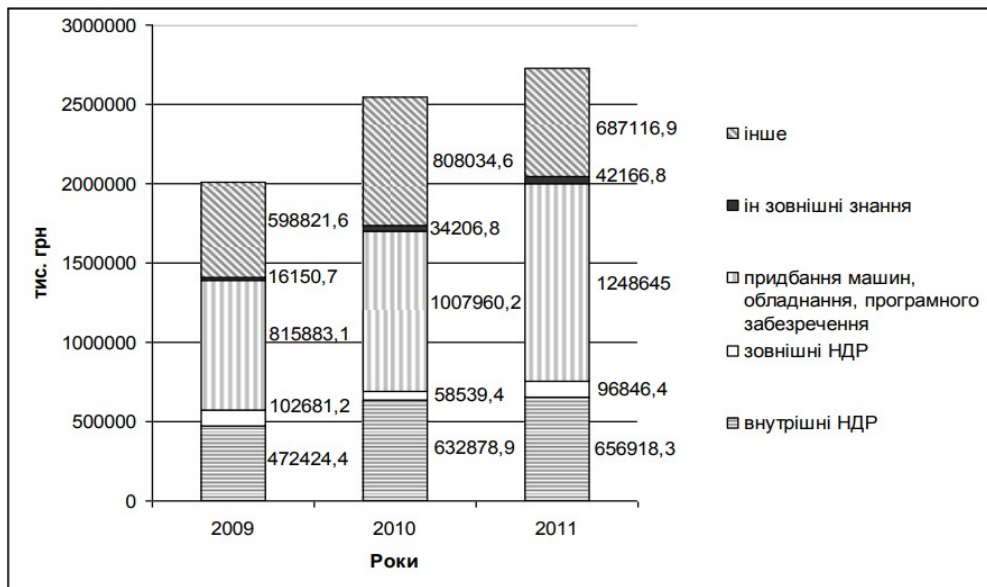


Рисунок 2 – Розподіл фінансування на проведення інноваційної діяльності на машинобудівних підприємствах у 2009–2011 рр. [4].

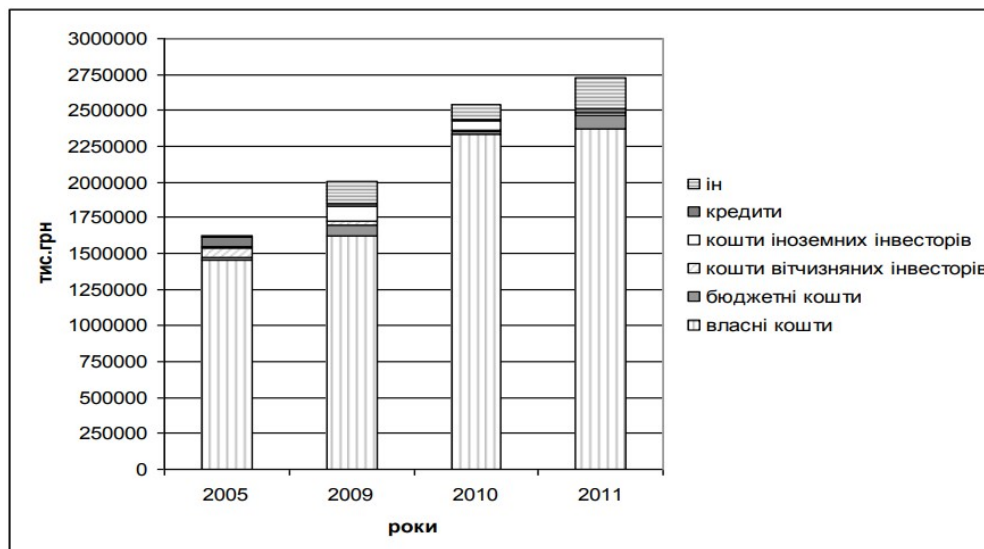


Рисунок 3 – Розподіл джерел фінансування на проведення інноваційної діяльності у машинобудуванні у 2005–2011 рр. [4].

Для визначення місця України серед інших країн по рівню витрат на НДР в галузі машинобудування проаналізуємо наступну статистику (Табл. 2).

Явними світовими лідерами у галузі машинобудування є США та Японія. Серед країн ЄС лідером у даній галузі є Німеччина. Крім того, останнім часом, позиції решти країн учасників ЄС погіршились у зв'язку з тим, що кількість коштів, що були вкладені в країни, що розвиваються європейськими інвесторами, є більшою ніж інвестиції, вкладені в країни ЄС.

Проте, важливим є не тільки кількість підприємств, що проводить інноваційну діяльність та обсяг фінансування, а практичний результат від такої діяльності. Тобто кількість підприємств, що реалізує інноваційну продукцію та частка нової продукції на ринку представлена такими підприємствами (Рис. 4). Так, у 2011 році 75 % українських підприємств реалізовували продукцію, що була новою для них та 40 % підприємств реалізовували інноваційну продукцію, що була абсолютно новою для ринку

Таблиця 2 – Інвестування у НДР в галузі машинобудування за 2012 р. [2,5].

Країна	млрд. євро
Європейський союз	8.76
Сполучені штати Америки	6.25
Японія	5
Україна	0.273

Протягом звітнього періоду успішними новаторами (ті підприємства, що впроваджували у виробництво нові види продукції та інноваційні процеси) стали 389 підприємств, що на 4 % більше ніж у попередньому періоді.

У 2011 р. 60 підприємств впровадило 1527 найменувань інноваційної продукції, що на 31% більше ніж у 2010 р. З них 756 становили нові види машин, устаткування, приладів та апаратів. Новими, виключно для ринку, були 643 найменувань, або 42 % від загальної кількості, а інноваційні процеси

впроваджували 178 підприємств, з яких 161 - впровадили 1599 нових або вдосконалених методів обробки та виробництва продукції, в т.ч. маловідходних і ресурсозберігаючих - 222 процесів.

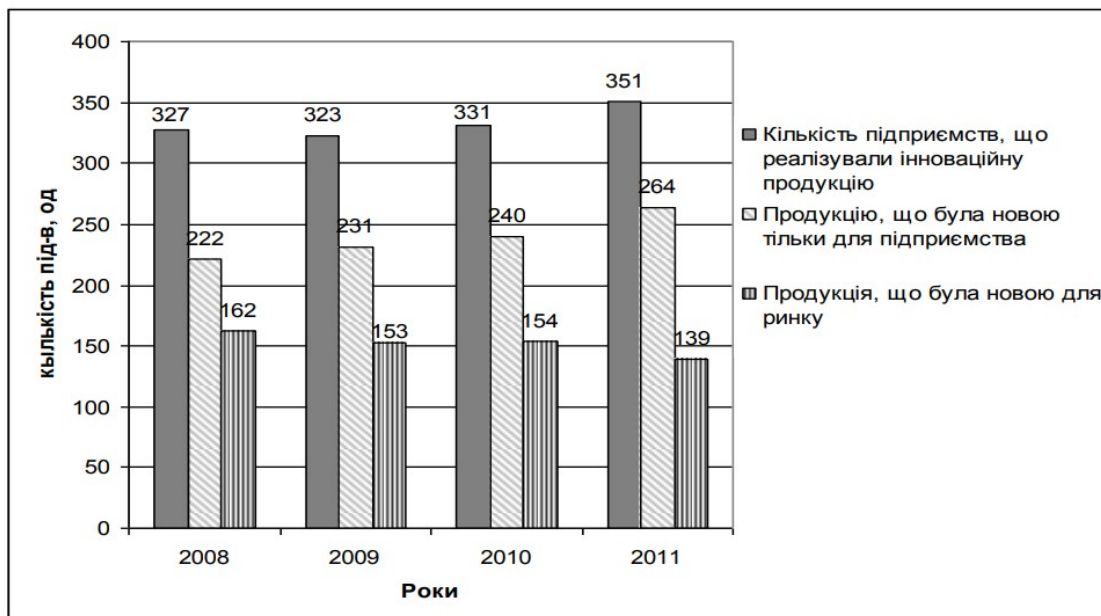


Рисунок 4 – Кількість підприємств, що реалізували інноваційну продукцію [2].

Проаналізувавши дані щодо обсягу реалізованої інноваційної продукції в машинобудуванні можна сказати про зростання попиту на вітчизняну продукцію на світовому ринку, що говорить про перспективність і конкурентоспроможність напрямку інноваційного машинобудування (Табл. 3).

Так, 66, 8 % інноваційної продукції, створеної в промисловості, йшла на експорт і 74, 8 % інноваційної продукції, що була реалізована, складалася з продукції створеної завдяки машинобудуванню.

На експорт інноваційну продукцію поставляли 169 підприємств в обсязі 8, 4 млрд. грн. (проти 8, 1 млрд. грн. у 2010 р.) та частка реалізованої інноваційної продукції, що була новою для ринку України, становила 49, 8 % загального обсягу реалізованої інноваційної продукції (Табл. 4).

Таблиця 3 – Обсяг реалізованої інноваційної продукції підприємств машинобудування, млрд. грн. [2, 4].

Показники	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Обсяг інноваційної продукції	9,2	8,8	13,4	17,8	9,7	10,8	11,3
у % до реалізованої промислової продукції	18,2	14,8	15,6	16,8	13,0	10,5	8,2
Продукція реалізована за межі України	6,3	3,4	5,62	8,2	6,5	8,1	8,4
Питома вага інноваційної продукції, реалізованої за межі України по промисловості, % загального обсягу інноваційної продукції промисловості	50,0	41,4	36,5	51,6	42,0	58,7	66,8
Питома вага інноваційної продукції, реалізованої за межі України по машинобудівному комплексу, % загального обсягу інноваційної продукції машинобудівного комплексу	68,4	38,6	41,9	46,1	66,4	74,7	74,8

Оскільки, важливою умовою розвитку підприємств є наявність об'єктів інтелектуальної власності (патентів, промислових зразків і т.д.), проаналізуємо даний аспект відносно підприємств машинобудівного комплексу України та порівняємо зі світовим досвідом.

У 2011 році 350 підприємств використовували високі технології та 27 займалися їх створенням. Було створено 76 нових високих технологій (2 з яких за державним замовленням). З них 6 є принципово нові для світу, та 63 є новими для України. Також, 195 підприємств придбали 355 нових технологій (що на 51 % більше, ніж у 2010 р.), 79 з яких – за межами України.

Таблиця 4 – Кількість машинобудівних підприємств, що впроваджували інновації [2], од.

	2005	2010	2011
Впроваджували нові технологічні процеси	1273	1428	1599
В т. ч. маловідходні, ресурсозберігаючі	429	241	222
Освоєно виробництво інноваційних видів продукції	1223	1047	1527
В т. ч. машин, устаткування, апаратів, приладів	628	598	756

З них нові для ринку	н/д	284	332
----------------------	-----	-----	-----

За цей же період було отримано 64 охоронних документів на винахід, 83 - на корисну модель. У порівнянні з іншими країнами це досить низький показник (Табл. 5).

Таблиця 5 – Кількість заявок на отримання міжнародних патентів у галузі машинобудування у 2006-2008 рр. [5], од.

Країна	Кількість заявок
Великобританія	1500
ЄС-27	22065
США	9044
Японія	7808
Китай	798
Усього у світі	45202

Однією з причин такого стану є ціна та складність оформлення міжнародних патентів. Рівень рентабельності машинобудівних підприємств за період 2005-2011 рр. наведено на Рис. 5.

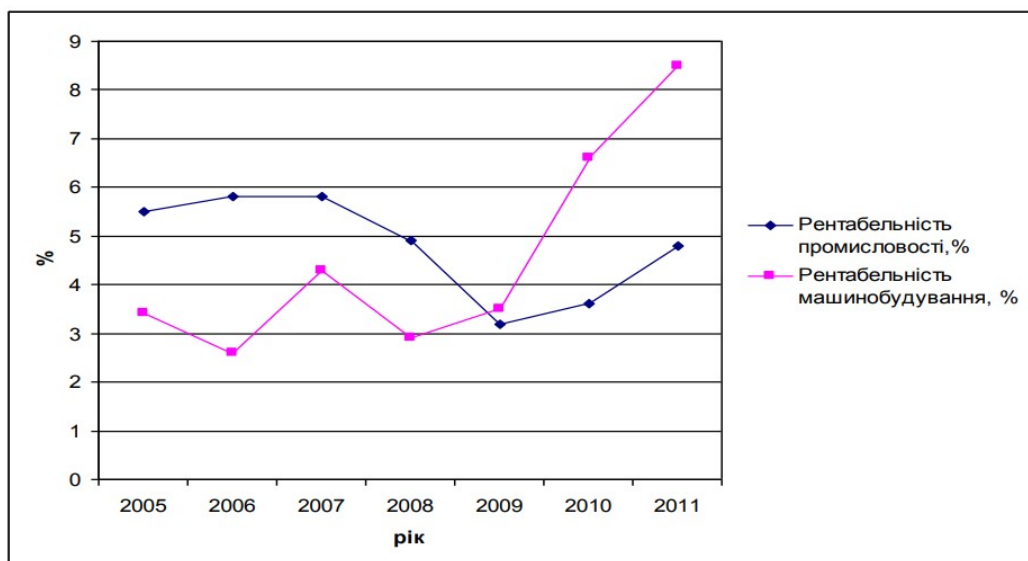


Рис. 5 – Динаміка рентабельності промисловості та машинобудування України у 2005-2011рр. [4]

Висновки. Отже, провівши аналіз статистичних даних можна зробити висновки, що напрямок інноваційного машинобудування є перспективним, про це свідчить постійне зростання попиту на продукцію інноваційного машинобудування на світовому ринку. На українських підприємствах існує база для проведення НДР та створення високих технологій, проте, на даний момент напрямок розвинутий недостатньо і для забезпечення конкурентоспроможності даної галузі та вихід її продукції на нові ринки необхідним є збільшення фінансування НДР галузі, в першу чергу, з боку держави, а також залучення інвесторів, оскільки, на даний момент такі розробки здійснюються за власний рахунок підприємств, що сповільнює розвиток галузі. Наступним етапом для створення перспектив розвитку та виходу з кризи підприємства машинобудування має бути пошук нових стратегій існування, зокрема, такою стратегією може виступити стратегія злиття і поглинання компаній в різних варіантах вертикальної, горизонтальної, діагональної чи змішаної інтеграції.

До основних елементів наукової новизни даного дослідження можна віднести наступне: визначення основних тенденцій розвитку підприємств інноваційного машинобудування України; аналіз та узагальнення причин, що заважають розвитку напрямку; визначення передумов розвитку таких підприємств в сучасних економічних умовах.

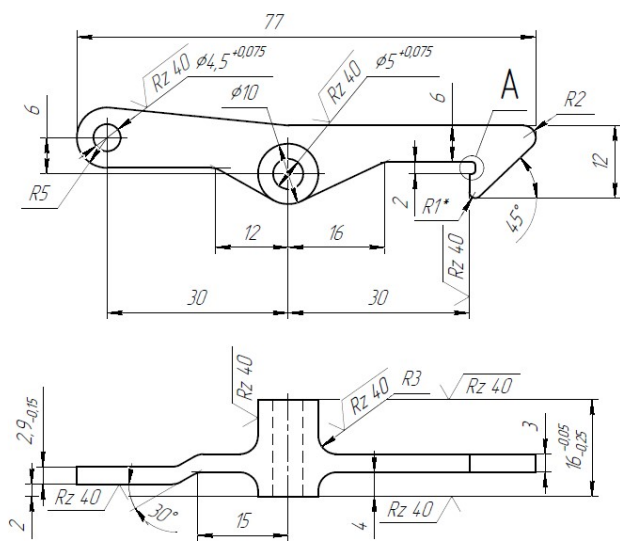
Вважаємо доцільним більш глибоке дослідження наступних питань: формування інтеграційних комплексів на базі підприємств інноваційного машинобудування – їх переваги, недоліки та перспективи.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Важіль» яка відображена на рисунку 1.1 виконує передавальну роль в виробі «Котел-1220», а саме при активації виробу на місце А почне передаватися зусилля щоб підняти клапан який кріпиться до важеля в отворі $\varnothing 4.5^{+0.075}$, отвір $\varnothing 5^{+0.075}$ в свою чергу виконує роль осі для виробу.

Так як на деталь діють дві протидіючі зусилля, метод виготовлення заготовки обмежується штампуванням або литтям для зменшення шансу поломки деталі.



1. HRC3 35..40, група контролю 3 ДСТУ ОСТ 1 00021-78
2. Точність відліжки 7-8 по ДСТУ ГОСТ 2664-85.
3. Ливарні ухили 1° .. $1^{\circ}30'$
4. Невказані граничні відхилення ДСТУ ОСТ 00022-80
4. Невказані ливарні радіуси 1.2 мм.
5. Покриття Хім. Пласт.
6. Магнітний контроль по ДСТУ EN 1369
7. Клеїти деталі партиями на вірці.

Рисунок 1.1 Ескіз деталі «Важіль 450.25.010-СНЦ»

Додатково для того щоб унеможливити ржавіння під несприятливими умовами а надалі поломки деталі, додатково виконують операцію гальванопокриття, що збільшить час роботи цієї деталі.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Розміри деталей, допуски та посадки відповідають стандарту ДСТУ 8981:2020, що в свою чергу дає можливість проводити вимірювання розмірів стандартними та спеціальними вимірювальними інструментами.

Для збільшення жорсткості деталі приймається виготовлення заготовки методом лиття а також додаткові термічні операції.

Дефекти лиття контролюють методом магнітного контролю по ДСТУ EN 1369.

При виготовленні деталі використовують стандартні та спеціальними різальними інструментами.

Деталь має шорсткості поверхонь досяжних за допомогою універсальних верстатів.

Конструкція деталі допускає можливість використання як універсальних так і верстатів з ЧПК.

Звертаючи увагу на всі вище перераховані ознаки можна вважати деталь «Важіль 450.25.010-СНЦ» технологічною.

1.3 Розрахунок виробничої програми випуску виробів та деталей

Спочатку потрібно визначити кількість виготовлення виробів на наступний рік враховуючи необхідний запас виробів на випадок негайних замовлень або ж на випадок нештатних ситуацій:

$$N_p = N_n + Z_k - Z_n = 20000 + 400 - 200 = 20200 \text{ шт.}$$

Де: N_n – замовлення виробів на рік, 20000 шт;

Z_n – залишок з запасу деталей минулого року, 200 шт;

Z_k – запас деталей на кінець року, 2% від річного замовлення:

$$Z_k = 0.02 * N_n = 0.02 * 20000 = 400 \text{ шт.}$$

Так як деталь «Важіль 450.25.010-СНЦ» використовується у відношенні 1:1 для виготовлення виробу «Котел-1220», то виходячи з цієї інформації бруutto-потреба у деталях важіль рівна кількості у потребі виробів на поточний рік.

Також, у зв'язку з тим що при виготовленні деталей можливий брак, розраховуємо додатково бруutto-потребу у деталях з урахуванням браку:

$$N_{\text{нетто}} = \frac{N_{\text{брутто}}}{1 - \gamma} = \frac{20200}{1 - 0.01} = 20405 \text{ шт.}$$

Де: $N_{\text{брутто}}$ – бруutto-потреба у деталях, 20200 шт;

γ – відсоток браку деталей при виготовленні, у зв'язку з досвідом виготовлення деталей в минулих роках передбачено брак у кількості 1%.

Розраховуємо трудомісткість виготовлення деталі «Важіль» для кожної операції:

$$T_{\text{виг.025}} = N_{\text{нетто}} * T_{\text{ш025}} = 20405 * 1.026 = 20936 \text{ н/год};$$

$$T_{\text{виг.030}} = N_{\text{нетто}} * T_{\text{ш030}} = 20405 * 3.038 = 61990 \text{ н/год};$$

$$T_{\text{виг.035}} = N_{\text{нетто}} * T_{\text{ш035}} = 20405 * 0.187 = 3816 \text{ н/год};$$

$$T_{\text{виг.045}} = N_{\text{нетто}} * T_{\text{ш045}} = 20405 * 3.084 = 62930 \text{ н/год};$$

$$T_{\text{виг.055}} = N_{\text{нетто}} * T_{\text{ш055}} = 20405 * 3.758 = 76682 \text{ н/год.}$$

Розраховуємо кількість у обладнанні на відповідні операції:

$$N_{\text{обл}025} = \frac{T_{\text{виг.025}}}{F_{\text{еф}}} = \frac{20936}{1700} = 13 \text{ шт};$$

$$N_{\text{обл}030} = \frac{T_{\text{виг.030}}}{F_{\text{еф}}} = \frac{61990}{1700} = 37 \text{ шт};$$

$$N_{\text{обл}035} = \frac{T_{\text{виг.035}}}{F_{\text{еф}}} = \frac{3816}{1700} = 3 \text{ шт};$$

$$N_{\text{обл}045} = \frac{T_{\text{виг.045}}}{F_{\text{еф}}} = \frac{62930}{1700} = 37 \text{ шт};$$

$$N_{\text{обл}055} = \frac{T_{\text{виг.055}}}{F_{\text{еф}}} = \frac{76682}{1700} = 45 \text{ шт.}$$

Де: $F_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу, 1700 год.

1.4 Попереднє визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва будемо проводити по механічному виготовленні деталі «Важіль».

Для початку розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_3 = \frac{N_{\text{опер.}}}{P} = \frac{18}{135} = 0.13$$

Де: $N_{\text{опер.}}$ – загальні кількість переходів при механічному обробленні деталі, 18;

P – кількість робочих місць, що рівно кількості обладнання:

$$N_{\text{обл}} = P = N_{\text{обл}025} + N_{\text{обл}030} + N_{\text{обл}035} + N_{\text{обл}045} + N_{\text{обл}055} = 135 \text{ місць.}$$

Характеристика $K_3(0.13) < 1$ відповідає масовому типу виробництва.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Для отримання заготовки обираємо метод лиття для фасонних відливок з високолегованої сталі з спеціальними властивостями.

Відливки виготовляються методом точного лиття по виплавлюваним моделям.

Визначаємо характеристики відливки.

Група контролю визначається в залежності від об'єму приймально-здавальних випробувань.

Для 100% магнітного контролю обираємо групу контролю 1.

Марку сталі обираємо з таблиці 2.1.1 а саме ІЗХІІН2В2МФЛ

Для лиття по виплавлюваним моделям та для сталей які піддаються термообробці обираємо клас розмірної точності – 7.

Щоб визначити ступінь жолоблення потрібно розрахувати відношення найменшого розміру елемента відливки до найбільшого. Найменшим розміром обрано 2.9 мм. (товщина), найбільшим габаритний розмір 77 мм.

$$\frac{2.9}{77} = 0.038$$

Отже, для відношення від 0.025 до 0.050 обираємо ступінь жолоблення, а саме – 10.

Для лиття по виплавлюваним моделям та для сталей які піддаються термообробці обираємо ступінь точності поверхні – 10.

Шорсткість поверхні відливок відповідає ступеню точності поверхні, а саме – $R_a16,0$.

Клас точності маси – 8.

Ряд припусків на обробку відливок – 6.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад марок сталі відливок.

Марки сталей	Содержание элементов, в %											
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Молибден	Ванадий	Вольфрам	Сера не более	Фосфор	Медь	Прочие элементы
07Х24Н8М2ДЗ // (ВКЛ-1)	н.б. 0,07	0,4- 0,8	0,3- 0,8	23,0- 25,0	8,0- 9,0	1,75- 2,25	-	-	0,025	0,025	2,75- 3,25	-
08Х14Н7М // (ВНЛ-1)	н.б. 0,08	н.б. 0,75	н.б. 0,9	13,0- 15,0	6,0- 8,5	0,5- 1,0	-	-	0,025	0,025	-	-
10Х14Н5М2 // (ВНЛ-2)	0,12- 0,16	н.б. 0,75	н.б. 0,9	13,0- 15,0	4,5- 5,5	2,3- 2,8	-	-	0,025	0,025	-	-
10Х18Н9БЛ (Х18Н9БЛ)	н.б. 0,10	н.б. 1,0	н.б. 2,0	17,0- 20,0	8,0- 12,0	-	-	-	0,025	0,025	-	Ніобій 0,0-0,9
13Х14Н3В2ФРЛ (513Л, ЭИ736Л)	0,09- 0,15	0,2- 0,8	0,2- 0,8	11,5- 13,5	2,3- 3,0	-	0,18- 0,28	1,6- 2,2	0,025	0,025	-	Бор 0,003- 0,006
14Х17Н2Л (ЭИ268Л)	0,05- 0,10	0,8- 1,5	0,3- 0,8	15,0- 18,0	2,8- 3,8	-	-	-	0,025	0,025	-	-
13Х11Н2В2МФЛ (ЭИ961Л)	0,12- 0,16	0,2- 0,65	0,3- 0,8	10,5- 12,0	1,4- 1,8	0,35- 0,50	0,18- 0,30	1,5- 2,0	0,025	0,025	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Рівень точності обробки – підвищена.

Перед виконанням креслення відливки перевіряємо елементи деталі для яких необхідний припуск на обробку, після чого для них призначаємо допуск, результати зводимо в таблицю 2.1.2.

Таблиця 2.2 – Допуски на розміри відливки

№ п/п	Розмір деталі, мм.	Допуск, мм.
1.	Ø10	0.8
2.	L30	0.6
3.	L16	0.9
4.	L12	0.6
5.	L4	0.6

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Розмір деталі, мм.	Допуск, мм.
6.	L2.9	0.56
7.	L2 (Від торця Ø10 до L2.9)	0.64

Для решти розмірів приймаємо значення допуску – 0.6 мм.

Допуски форм і розташування поверхонь відливок при ступеню жолоблення 10 і при найбільшого нормувального розміру 77 мм. відповідають значенню – 1.00 мм.

Допуск нерівності поверхонь відливки обираємо відповідно до ступеню точності поверхонь – 0.40 мм.

Визначаємо величини припусків на відповідні розміри, визначені дані зводимо в таблицю 2.1.3.

Таблиця 2.3 – Припуски на розміри відливки.

№ п/п	Розмір деталі, мм.	Припуск, мм.
1.	Ø10	1
2.	L30	1.5
3.	L16	1
4.	L12	0.5
5.	L4	1.5
6.	L2.9	0.4
7.	L2 (Від торця Ø10 до L2.9)	1

Розраховуємо фактичні розміри відливки з урахуванням припусків.

Для Ø10 мм:

$$10 + 1 \times 2 = 12 \text{ мм.}$$

Для L30 мм:

$$30 - 1.5 = 28.5 \text{ мм.}$$

Для L12 мм:

$$12 + 0.5 = 12.5 \text{ мм.}$$

Для L4 мм:

$$4 + 1 = 5 \text{ мм.}$$

Для L2.9 мм:

$$2.9 + 0.4 = 3.3 \text{ мм.}$$

Для L2 мм:

$$2 + 1 = 3 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків припусків з урахуванням допусків зводимо в таблицю 2.14

Отже, точність відливки 7-10-10-8.

Таблиця 2.4 – Припуски та допуски на відливку.

№ п/п	Розмір деталі, мм.	Припуск і допуск, мм.
1.	Ø10	$\varnothing 12^{+0.5}_{-0.3}$
2.	L30	$28.5^{+0.4}_{-0.2}$
3.	L16	$18^{+0.8}_{-0.4}$
4.	L12	$12.5^{+0.4}_{-0.2}$
5.	L4	$5^{+0.4}_{-0.2}$
6.	L2.9	$3.1^{+0.3}_{-0.2}$
7.	L2 (Від торця Ø10 до L2.9)	$3.0^{+0.4}_{-0.2}$

2.2 Розрахунок припусків під обробку

Щоб визначити припуски на обробку можна користуватися дослідно-статистичним способом або розрахунково-аналітичним способом. В свою чергу ми проведемо розрахунки припусків на механічну обробку для найбільш точного розміру деталі розрахунково-аналітичним способом, а саме для отвору $\varnothing 4.5^{0.075}$.

Визначаємо маршрут обробки:

- Свердління
- Розвертання точне

Вся зазначена обробка проводиться з встановленням деталі в кондукторі.

Для визначення величин мінімальних припусків використовуємо формулу для семеричних припусків при обробці внутрішніх поверхонь, а саме:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Де R_{zi-1} та T_{i-1} – відповідно висота нерівностей і глибина дефектного поверхневого шару на попередньому технологічному переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень для зазначеної поверхні на попередньому технологічному переході, мкм;

ε – похибка базування, мкм.

Сумарні значення R_z та T які характеризують литі заготовки по виплавленим моделям становлять 30 та 170 мкм. відповідно.

Сумарні значення R_z та T після свердління становлять 50 мкм.

Сумарні значення R_z та T після розвертання отвору становлять 30 мкм.

Знаходимо сумарне значення просторових відхилень, для всіх видів деталей при свердлінні нерухомої деталі формула:

$$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2}$$

Де: C_0 – зміщення осі отвору, 10 мкм;

l – довжина отвору, 2900 мкм;

Δ_y – 25 мкм;

$$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2} = \sqrt{10^2 + (18 * 2900)^2} = 73 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового відхилення після свердління знаходимо за формулою:

$$\rho_1 = 0.05 * \rho = 0.05 * 73 = 4 \text{ мкм}$$

Похибка базування ε_1 під час свердління при установці на опорні штифти кондукторів з гвинтовим затиском – 100 мкм.

Залишкова похибка базування при розвертанні знаходимо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0.05 * \varepsilon_1 + \varepsilon_{уст}$$

Так як свердління та розвертання виконується в одному установі, то

$$\varepsilon_{уст} = 0$$

Отже:

$$\varepsilon_2 = 0.05 * \varepsilon_1 = 0.05 * 100 = 5 \text{ мкм.}$$

На основі попередніх розрахунків проводимо розрахунок мінімальних між операційних припусків, користуючись основною формулою.

Мінімальний припуск на свердління:

$$2Z_{min1} = 2 \left(30 + 170 + \sqrt{73^2 + 100^2} \right) = 2 * 324 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на розвертання:

$$2Z_{min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{4^2 + 5^2} \right) = 2 * 106 \text{ мкм.}$$

Отже, маючи кінцевий розмір, після останнього переходу (в данному випадку точного розвертання 4.575) для решти переходів отримуємо:

Для точного свердління:

$$d_{p1} = 4.575 - 0.218 = 4.357 \text{ мм;}$$

Для заготовки:

$$d_{p2} = 2.357 - 0.648 = 3.927 \text{ мм;}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям згідно з класом точності відповідного виду обробки.

Так, для точного розвертання значення допуску має 75 мкм; для свердління отвору – 170 мкм.

Найменші граничні розміри (d_{min}) визначаємо з найбільших граничних розмірів відніманням допусків відповідних переходів.

Таким чином, для точного розвертання: найбільший граничний розмір – 4.575 мм; найменший – $4.575 - 0.075 = 4.5$ мм;

Для свердління: найбільший граничний розмір – 4.36 мм; найменший – $4.36 - 0.17 = 4.19$ мм.

Для заготовки: найбільший граничний розмір – 3.93 мм; найменший – 0.

Мінімальні граничні значення припусків $2Z_{min}^{Pr}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення $2Z_{max}^{Pr}$ – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Отже, для точного розвертання:

$$2Z_{min}^{Pr} = 4.575 - 4.36 = 0.215 \text{ мм.} = 215 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max}^{Pr} = 4.5 - 4.19 = 0.31 \text{ мм.} = 310 \text{ мкм.}$$

Для свердління:

$$2Z_{min}^{Pr} = 4.36 - 3.93 = 0.43 \text{ мм.} = 430 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max}^{Pr} = 4.19 - 0 = 4.19 \text{ мм.} = 4190 \text{ мкм.}$$

Загальні припуски $Z_{z min}$ та $Z_{z max}$ визначаємо, додаючи проміжні припуски:

$$Z_{z min} = 215 + 430 = 645 \text{ мкм.}$$

$$Z_{3\max} = 310 + 4190 = 4500 \text{ мкм.}$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{3\text{ ном}} = Z_{3\min} + B_3 - B_D = 645 + 200 - 50 = 795 \text{ мкм.}$$

$$d_{3\text{ ном}} = d_{D\text{ ном}} - Z_{3\text{ ном}} = 4.5 - 0.8 = 3.7 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.1 а також на основі даних розрахунків будуємо умовну схему графічного розташування припусків і допусків при обробці отвору $\varnothing 4.5^{+0.075}$ (рис. 2.2.1)

Таблиця 2.5 Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 4.5^{+0.075}$ важілю.

Технологічні переходи обробки поверхні $4.5^{+0.075}$	Елементи припуску, мкм.				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм.	Розрахунковий розмір d_p , мм.	Допуск δ , мкм.	Граничний розмір, мм.		Граничне значення припусків, мкм.	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{\text{Пр}}$	$2Z_{\max}^{\text{Пр}}$
Заготовка	30	170	73		–	3.927	3930	0	3.93	–	–
Свердління	50	50	4	100	2*324	4.357	170	4.19	4.36	430	4190
Точне розвертання	30	30	–	5	2*106	4.575	75	4.5	4,575	215	310

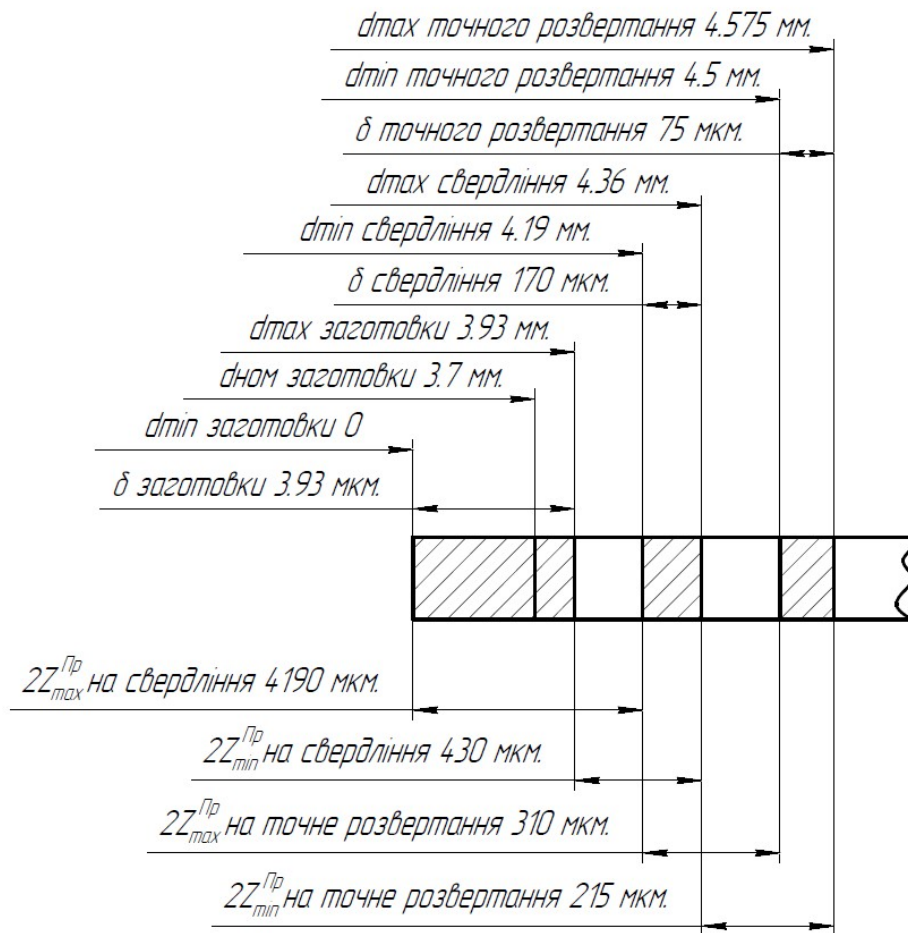


Рис. 2.1 Умовна схема графічного розташування припусків і допусків при обробці отвору $\varnothing 4.5^{0.075}$

2.3 Вибір технологічних баз

Для подальшого проектування технологічного маршруту оброблення деталі проводимо умовний вибір технологічних баз.

Першою технологічною базою (чорною) обираємо поверхню 1, торець перемички (закріплення трьохкулачковим патроном) та протилежний торець (закріплення заднім центром) що дозволить обмежити деталь у всіх ступенях вільності та провести першу токарну операцію для обробки поверхні 2, 3.

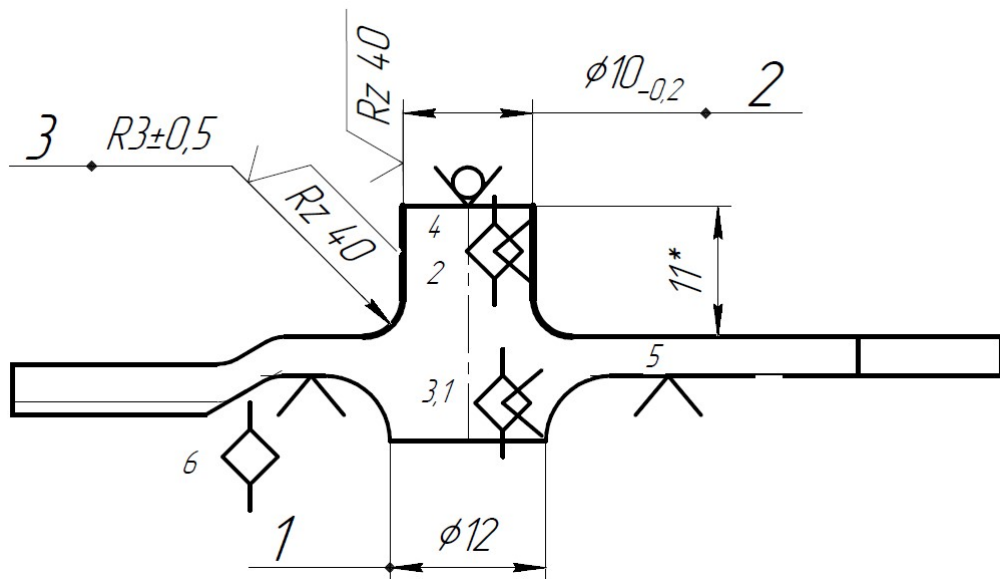


Рисунок 2.1 – Ескіз базування першої токарної операції

Наступною технологічно базою (для 2 токарної операції) буде нам слугувати оброблена поверхня $\phi 10_{-0,2}$ та торець перемички (закріплення трикулачковим патроном) що дозволить обробити поверхні 1–5.

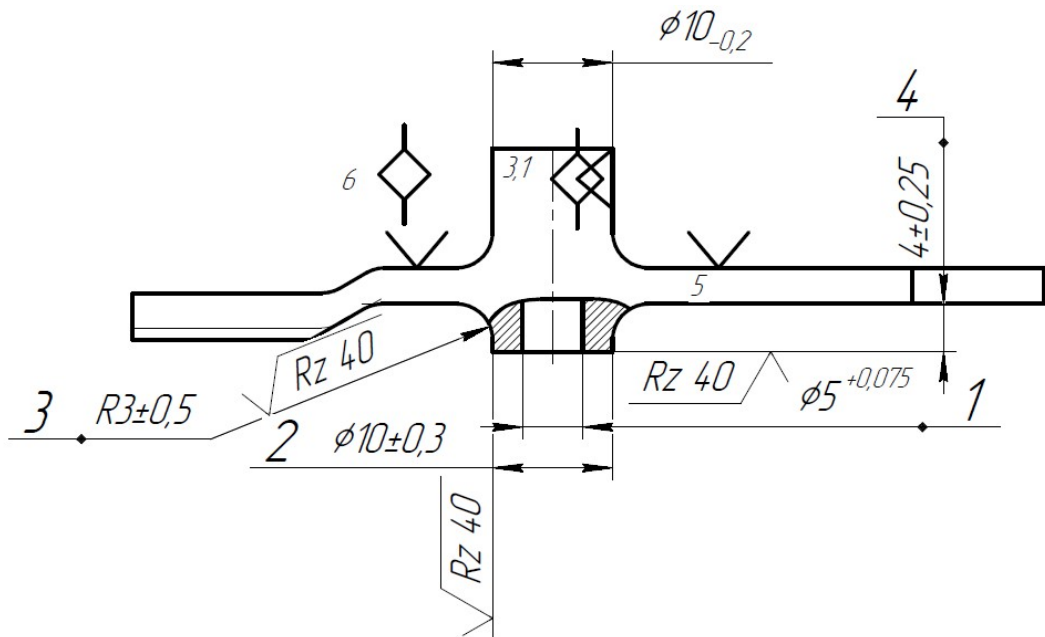


Рисунок 2.2 – Ескіз базування другої токарної операції.

Операції виконані в другій токарній операції дозволять нам виконати підрізання торця в розміри $16_{-0.18}^{-0.06}; \sqrt{R_z 40}$.

Четвертою операцією вибираємо операцією шліфування базуючись по отвору $\varnothing 5^{+0.075}$ її торцям та упору на поверхню (2.9_{-0.15}) (закріплення в цеховій оправці), що дозволить обробити деталі в розміри $2.9_{-0.15}; 2 \pm 0.15; \sqrt{R_z 40}$.

П'ятою операцією обираємо свердлильною, закріплення якої відбувається в кондукторі, під час цієї операції нам потрібно просвердити отвір $\varnothing 4.5^{+0.075}$ витримуючи розміри 1-3. Базування відбувається по отвору $\varnothing 5^{+0.075}$ та по поверхні 3 (по призмі), затискання деталі відбувається за допомогою прижимо-гвинтового закріплення.

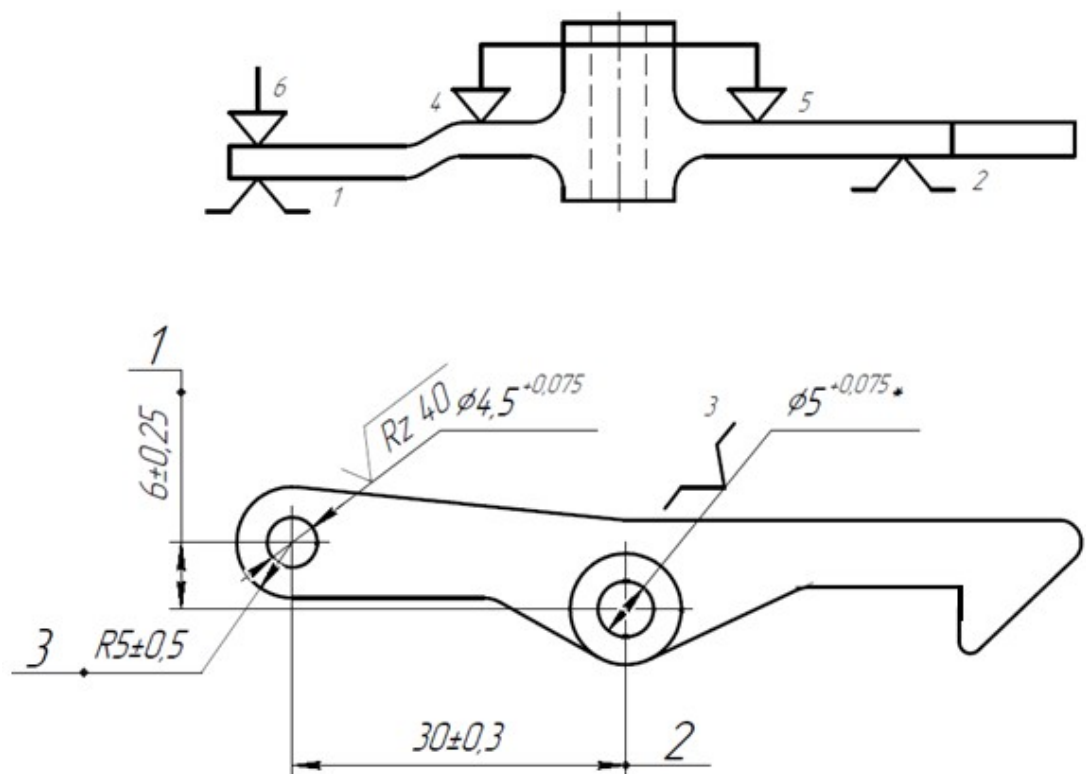


Рис. 2.3 – Ескіз базування п'ятої механічної операції, свердлильної.

Шостою операцією буде операція фрезерування, на якій буде проводитися оброблення деталі за контуром. Базування на обох операціях буде проводитися по двох отворах, закріплення деталі виконуємо в пристрої.

2.4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.4.1 Технологічний маршрут механічного оброблення деталі

Використовуючи розрахунки в попередніх пунктах та технічні умови креслення деталі «Важіль» проектуємо технологічний маршрут виготовлення цієї деталі. Для простоти сприймання зводимо технологічний маршрут в таблицю 2.4.1.

Таблиця 2.6 – Схема технологічного виготовлення деталі «Важіль»

№ оп.	Найменування, короткий зміст операції	Верстат, обладнання
005	Контрольна. Вхідний контроль заготовок згідно креслення.	Стіл ВТК, Лабораторія.
010	Термічна Гартування, відпуск	Електропіч
015	Очищення	Піскоструминний пристрій
020	Контрольна Контроль твердості	Стіл ВТК
025	Токарна Точити попередньо $\varnothing 10^{+0.3}$ витримуючи $R3^{+0.5}$ Точити $\varnothing 10_{-0.2}$ витримуючи $R3 \pm 0.5$	1K625
030	Токарна Підрізати торець витримуючи розмір 4 ± 0.25 Точити попередньо $\varnothing 10$ витримуючи $R3^{+0.5}$ Точити $\varnothing 10_{-0.2}$ витримуючи $R3 \pm 0.5$ Центрувати отвір $\varnothing 5$ Свердлити $\varnothing 4$ напрохід. Розточити $\varnothing 4$ в $\varnothing 5^{+0.075}$	HAAS St-10

Продовження таблиці 2.6

№ оп.	Найменування, короткий зміст операції	Верстат, обладнання
035	Токарна Підрізати торець витримуючи розмір $16_{-0.18}^{-0.06}$	1K625
040	Шліфувальна Шліфувати уступ витримуючи розмір $2.9_{-0.15}$	3B642
045	Вертикально-свердлильна Свердлити отвір Ø4.3 напрохід Розвернути отвір Ø4.3 в Ø4.5 ^{+0.075} витримуючи розміри: 30±0.3; 6±0.2.5; R0.5±0.3. Розміри: 30±0.3; 6±0.2.5 витримати кондуктором.	2H125
050	Слюсарна Зачистити задирки	Верстак
055	Вертикально-фрезерна Фрезерувати контур деталі	HAAS MINI MILL
060	Слюсарна Зачистити задирки	Верстак
065	Мийна Промити деталі	Ванна
070	Контрольна Контроль по операціям 025–065	Стіл ВТК
075	Термічна Гартування, відпуск	Електропіч
080	Очищення	Піскоструминний пристрій
085	Контрольна Контроль твердості	Стіл ВТК
090	Гальванопокриття Покрити деталь згідно креслення деталі	Мережа ванн
095	Контрольна Контроль деталі згідно креслення деталі Маркувати деталі на бірці.	Стіл ВТК

2.4.2 Вибір засобів технологічного оснащення

Для забезпечення виготовлення деталі «Важіль» необхідно певна кількість технологічного оснащення, як стандартизованого так і спеціально.

Для початку, через нестандартну форму деталі необхідно спроектувати для деяких операцій пристосування для закріплення. Таким пристосуванням виступає кондуктор (пункт 3.1 даної записки) для свердлильної операції 045 і для фрезерних операції 055 та 060 (пункт 3.2 та пункт 3.3 даної записки відповідно).

Для токарних операцій використовується патрон трикулачковий самоцентруючий 7100-0009 та центр верстатний обертальний А-1-5.

Для контрольних операцій використовуємо штангенциркуль ШЦ-II-150-0.05 та спроектовані калібр-скоба (пункт 3.3 даної записки) для контролю $\varnothing 10_{-0.15}$ та калібр-пробки (пункт 3.5 даної записки) для контролю отворів $\varnothing 4.5^{+0.075}$ та $\varnothing 5^{+0.075}$. Також для контролю радіусів використовуємо радіусомір а для визначення твердості використовуємо універсальний твердомір ТС-БРВ.

Далі проводимо вибір металорізального інструменту за допомогою спеціального онлайн-калькулятора що спростить цей процес.

Для першої токарної операції обираємо підрізний токарний різець зі змінною пластиною.

Для настояної операції (030) будемо використовувати різець обраний для операції 025 для обробки зовнішнього контуру виступу $\varnothing 10$, далі для свердління отвору під наступне розточування в розмір $\varnothing 4.5^{+0.075}$ використовуємо свердло яке зображене на рис. 2.4.2.

Також перед свердлінням проводимо центрування за допомогою стандартного різального інструменту: центрувальне свердло 2317-0106 Р6М5 К5-42.

Produktinformation		
Beskrivning CoroTurn® TR, QS™ shank tool for turning		
Beställningskod		
ISO	QS-TR-D13JCR 2020HP	
ANSI	QS-TR-D13JCR 2020HP	
EDP		
Streçkkod 26766754		
KAPR_1	tool cutting edge angle	93 °
PSIR	Lead angle	-3 °
MTP	clamping type code	clamp with screw through hole
CUTINT_MASTER	Insert type	CoroTurn TR (TR-DC1308)
ADINTMS	Connection - machine side	Rectangular shank -metric: 20 x 20
RMPX	Maximum ramping angle	27 °
BAWS	Workpiece side body angle	0 °
BAMS	machine side body angle	0 °
OHN	minimum overhang	42 mm
OHX	Maximum overhang	62 mm
HAND	Hand	Right
DPC	Silent Tools™	False
CXSC	Coolant exit style	Axially concentric or off-center with nozzle, adjustable
CNSC	Coolant entry style	axial concentric and radial entry
CNT	coolant entry thread size	G 1/8-28
CP	coolant pressure	150 bar
B	shank width	20 mm
H	shank height	20 mm
LF	functional length	111 mm
WF	functional width	20.5 mm
HF	functional height	20 mm
HBL	head bottom offset length	42 mm
GAMO	orthogonal rake angle	0 °
LAMS	inclination angle	0 °
TQ	torque	3 Nm
BMC	Body material	Steel
WT	weight of item	0.3534 kg
MIID	master insert identification	TR-DC1308
OAL	overall length	111 mm
SSC_M	Insert seat	13
SSC_N	insert seat size code imperial view	13
ValFrom20	Release date	2/21/2015 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	release pack id	15.1

Рисунок 2.4 – Характеристики токарного різця для операції 025.

Коли онлайн-калькулятор не дає результатів в пошуку потрібного інструменту як в нашому випадку при розточуванні отвору Ø4.3 або ж в разі нерентабельності можемо користуватися звичайними каталогами, стандартизованим інструментом або ж самостійно конструюємо. В даній ситуації підійде стандартизований токарний різець T15K6-42.

Підрізання торця виконуємо токарним прохідним різцем з змінними пластинами.

CoroDrill® Dura 462, solid carbide drill for multi-materials		
Beställningskod		
ISO	462 1-0400-020A0-XM X2BM	
ANSI	462 1-0400-020A0-XM X2BM	
EDP		
Streckkod	7323228360224	
TMC ISO	Workpiece material(s)	P,K,N
DC	Cutting diameter	4 mm
DCONMS	connection diameter machine side	6 mm
LU	Usable length	20.58 mm
TCHA	achievable hole tolerance	H9
ULDR	Usable length diameter ratio	5.145
GAMO	orthogonal rake angle	19.88°
ZEFF	face effective cutt edge count	2
ADINTMS	Connection - machine side	Cylindrical shank (DIN6535-HA) - metric: 6
TCDCON	connection diameter tolerance	h6
GRADE	Grade	X2BM
SUBSTRATE	Substrate	HC
COATING	coating	PVD TiAlC/SiN
BSG	Shank standard group	DIN 6537 L
CSMD	Chip breaker	XM
CNSC	Coolant entry style	without coolant entry
CP	coolant pressure	20 bar
SIG	point angle	140°
PL	point length	0.72794 mm
OAL	overall length	74 mm
LF	functional length	73.418 mm
LCF	chip flute length	36 mm
RPMX	rotational speed maximum	31831 1/min
WT	weight of item	0.02 kg
ValFrom20	Release date	1/18/2025 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	release pack id	25.1

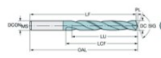




Рисунок 2.5 – Характеристики свердла для свердління отвору Ø4.3.

Produktinformation		
Beskrivning	CoroTurn® 107, shank tool for turning	
Beställningskod		
ISO	SCLCR 2020K 12	
ANSI	SCLCR 2020K 12	
EDP		
Streckkod	10135602	
KAPR_1	tool cutting edge angle	95°
PSIR	Lead angle	-5°
MTP	clamping type code	clamp with screw through hole
CUTINT_MASTER	Insert type	CCMT 120408
ADINTMS	Connection - machine side	Rectangular shank -metric: 20 x 20
RMPX	Maximum ramping angle	0°
BAWS	Workpiece side body angle	0°
BAMS	machine side body angle	0°
OHX	Maximum overhang	21.7 mm
HAND	Hand	Right
DPC	Silent Tools™	False
CXSC	Coolant exit style	no coolant exit
CNSC	Coolant entry style	without coolant entry
B	shank width	20 mm
H	shank height	20 mm
LF	functional length	125 mm
WF	functional width	25 mm
HF	functional height	20 mm
GAMO	orthogonal rake angle	0°
LAMS	inclination angle	0°
TQ	torque	3 Nm
BMC	Body material	Steel
WT	weight of item	0.3856 kg
MIID	master insert identification	CCMT 12 04 08
OAL	overall length	125 mm
SSC_M	insert seat	12
SSC_N	insert seat size imperial view	1/2
ValFrom20	Release date	1/28/1985 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	release pack id	85.1


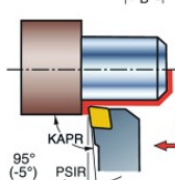
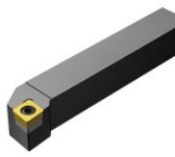




Рисунок 2.6 – Характеристики токарного різця для підрізання торця.

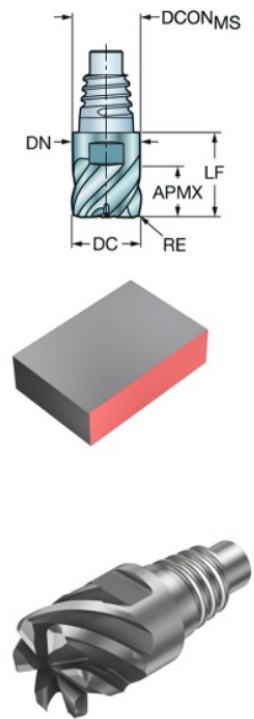
Для підрізання торця в операції 035 використовуємо різець який було обрано для операції 030 (рис. 2.4.3).

В шліфувальній операції використовуємо стандартний круг ПП 125x20x32 24А 40-Н СМ1-2К 35 м/сек. Б 1кл

Для свердлильної операції 045 на вертикально-свердлильному верстаті 2Н125 використовуємо стандартні інструменти: свердло 2300-7555 Ø4.3 Р6Б5-42; розвертка 2363-0056 Ø4.5Н11 Р6М5-42

При фрезеруванні контуру використовуємо циліндричну фрезу характеристики якої показані в рис. 2.4.4.

Beskrivning	CoroMill® 316, solid carbide head for finishing	
Beställningskod		
ISO	A316-25FMC50-10015L 1730	
ANSI	A316-25FMC50-10015L 1730	
EDP		
Strekkod	7323223930491	
TMC1ISO	Workpiece material(s)	P,M,K,S
ZEFP	peripheral effective cutting edge count	12
DC	Cutting diameter	25.4 mm
DCONMS	connection diameter machine side	24.5 mm
APMX	Depth of cut maximum	14 mm
LF	functional length	25.6 mm
RPMX	rotational speed maximum	80000 1/min
ADINTMS	Connection - machine side	Coromant EH -inch - E25
RE	Corner radius	1.5748 mm
RMPX_FFW	maximum ramping angle	5 °
APMX_PFW	depth of cut maximum	14 mm
FHA	flute helix angle	50 °
APMX_FFW	depth of cut maximum	14 mm
GRADE	Grade	1730
SUBSTRATE	Substrate	HC
COATING	coating	PVD AlTiN
CNSC	Coolant entry style	without coolant entry
DN	neck diameter	24.5 mm
TCDC	tolerance class cutting diameter	h10
DCF	cutting diameter face contact	22.2504 mm
WT	weight of item	0.232 kg
CCC	center cutting capability	True
BSG	Shank standard group	COROMANT
GAMF	radial rake angle	10.5 °
GAMP	axial rake angle	13.5 °
OAL	overall length	49.6 mm
ValFrom20	Release date	2/24/2020 12:00:00 AM +00:00
RELEASEPACK	release pack id	20.1

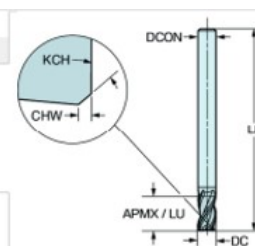


Активация Windows
Перейдіть до розділу Windows.

Рисунок 2.7 – Характеристики циліндричної фрези для фрезерування контуру деталі.

Для фрезерування паза обираємо іншу фрезу щоб забезпечити розміри вказані на кресленні деталі важіль.

Beskrivning		
CoroMill® Dura, solid carbide end mill for general machining		
Beställningskod		
ISO	1K273-0100-XG 1730	
ANSI	1K273-0100-XG 1730	
EDP		
Streckkod	7323229174844	
TMC1ISO	Workpiece material(s)	P,M,K,N,S
ZEFP	peripheral effective cutting edge count	3
DC	Cutting diameter	1 mm
DCONMS	connection diameter machine side	3 mm
TCDCON	connection diameter tolerance	h6
APMX	Depth of cut maximum	4 mm
LU	Usable length	4 mm
LF	functional length	38 mm
RPMX	rotational speed maximum	80000 1/min
ADINTMS	Connection - machine side	Cylindrical shank (DIN6535-HA) - metric: 3
RE	Corner radius	0 mm
RMPX_FFW	maximum ramping angle	7 °
APMX_PFW	depth of cut maximum	4 mm
FHA	flute helix angle	30 °
APMX_FFW	depth of cut maximum	4 mm
GRADE	Grade	1730
SUBSTRATE	Substrate	HC
COATING	coating	PVD AlCrN
CNSC	Coolant entry style	without coolant entry
BD_1	body diameter	1 mm
LB_1	body length	5.3 mm
LB_2	body length	7 mm
BHTA_1	body half taper angle	30 °
BHTA_2	body half taper angle	30 °
DCTOLL	lower cutting diameter tolerance	-0.04 mm
DCTOLU	upper cutting diameter tolerance	0 mm
TCDC	tolerance class cutting diameter	h10
DCF	cutting diameter face contact	1 mm
WT	weight of item	0.0131 kg
CCC	center cutting capability	True
BSG	Shank standard group	COROMANT
GAMF	radial rake angle	10.5 °
GAMP	axial rake angle	13.5 °
OAL	overall length	38 mm
ValFrom20	Release date	9/30/2025 12:00:00 AM +00:00



Активуй
Перейдіть до
Windows.

Рисунок 2.8 – Характеристики циліндричної фрези для фрезерування паза.

2.5 Розрахунок режимів різання

Виконуємо розрахунок режимів різання для операції 045 (свердління отвору Ø4.3) використовуючи нормативно-довідниковий метод.

Формули та табличні значення беремо з [12].

Розраховуємо глибину різання:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{4.3}{2} = 2.15 \text{ мм.}$$

Де D – діаметр отвору – 4.3 мм.

Вибираємо подачу $S = 0.12$ мм/об.

Швидкість різання при свердлінні розраховується по формулі:

$$v = \frac{C_v D^q K_v}{T^m S^y} = \frac{7 * 4.3^{0.4} * 1.0}{8^{0.2} * 0.12^{0.7}} = 36.5 \text{ м/хв.}$$

Де: C_v – коефіцієнт що враховує умови обробки, 7.0;

q, y, m – показники степеню, 0.4, 0.7, 0.2 відповідно;

T – період стійкості інструменту, 8 хм;

K_v – загальний довідниковий коефіцієнт, який враховує зміни умов обробки по відношенню до табличних.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Uv} * K_{lv} = 1.0 * 1.0 * 1.0 = 1.0$$

Де: K_{Mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{Uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал, 1.0;

K_{lv} – коефіцієнт що враховує глибину різання, 1.0.

Для сталей K_{Mv} :

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{752} \right)^{-0.9} = 1.0$$

Де: σ_B – фактичний параметр який характеризує оброблюваний матеріал,
752;

K_Γ – коефіцієнт який характеризує групу сталі по оброблюваності, 1.0.

n_ν – коефіцієнт, -0.9.

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p = 10 * 0.0345 * 4.3^2 * 0.12^{0.8} * 1.0 = 2.7 \text{ Н * м}$$

Де C_M – коефіцієнт, 0.0345;

q, y – показники степеню, 2.0, 0.8 відповідно;

$K_p = K_{mp}$ – коефіцієнт що враховує фактичні умови обробки.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{752}{750} \right)^{0.75} = 1.0$$

Розраховуємо осьову силу:

$$P_o = 10C_P D^q S^y K_p = 10 * 68 * 4.3^1 * 0.12^{0.7} * 1.0 = 662 \text{ Н.}$$

Де C_P – коефіцієнт, 68;

q, y – показники степеню, 1.0, 0.7 відповідно;

Розраховуємо потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{2.7 * 2000}{9750} = 0.55 \text{ кВт.}$$

Де n – частота обертання інструменту.

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 36.5}{3.14 * 4.3} = 2183 \text{ об/хв.}$$

Обираємо з паспорта верстата наближене значення.

$$n = 2000 \text{ об/хм.}$$

Знаходимо фактичну швидкість різання:

$$v = \frac{n\pi D}{1000} = \frac{2000 * 3.14 * 4.3}{1000} = 27 \text{ м/хв.}$$

Проводимо порівняння необхідної потужності на відповідність $N_e < N_d$.

$$0.55 < 2.8$$

Потужність двигуна більша ніж потужність різання, вимогу витримано.

Розраховуємо основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}}{\mu S_{\text{хв}}} = \frac{2.9 + 1.29 + 1}{0.8 * 24} = 0.27 \text{ хв.}$$

Де: l – довжина отвору, 2.9 мм;

$$S_{\text{хв}} = S * n = 0,012 * 2000 = 24 \text{ мм/хв};$$

$l_{\text{вр}}$ – довжина врізання, $0.3D = 0.3*4.3 = 1.29$ мм;

$l_{\text{пер}}$ – довжина перебігу, 1 мм;

μ – ККД верстату, 0.8.

Результати визначення режимів різання на механічну обробку заносимо в таблицю 2.4.2

Таблиця 2.7 – Режими різання для механічних операцій

№ п/п	Операція, перехід	Глибина різання, t , мм.	Подача, S , мм/об.	Швидкість різання, v , м/хв.	Частота обертання, n , об/хв.	Основний технологічний час, T_0 , хв.
1.	025, точіння Ø10.	1	0.07	15.7	500	0.2

Продовження таблиці 2.7

№ п/п	Операція, перехід	Глибина різання, t , мм.	Подача, S , мм/об.	Швидкість різання, v , м/хв.	Частота обертання, n , об/хв.	Основний технологічний час, T_0 , хв.
2.	030, підрізання торця	1.5	0.07	22.3	710	0.2
3.	030, точіння $\varnothing 10$	1	0.07	15.7	500	0.2
4.	030, центрувати отвір $\varnothing 5$	1.6	0.07	3.1	315	0.59
5.	030, свердлити $\varnothing 4$ напрохід	2	1.15	50.3	4000	0.06
6.	030, Розточити $\varnothing 4$ в $\varnothing 5^{+0.075}$	0.5	0.07	11.1	710	1.44
7.	035, підрізання торця.	1.5	0.07	22.3	710	0.28
8.	045, Свердлити отвір $\varnothing 4.3$ напрохід	2.15	0.12	27	2000	0.27
9.	045, Розвернути отвір $\varnothing 4.3$ в $\varnothing 4.5^{+0.075}$	0.1	0.1	0.95	63	3.3
10.	055, фрезерування контуру деталі	3	25	15.7	400	3.2
11.	055, фрезерування пазу	3	0.18	56.5	4000	2.6

2.6 Нормування технологічного процесу механічної обробки

Для більш ідеального технологічного процесу проводимо технічне нормування, що дозволить зменшити собівартість та трудомісткість виготовлення деталі. Виконуємо нормування для операції 025.

Визначаємо допоміжний час:

$$T_B = T_{B_{\text{вст}}} + T_{B_{\text{оп}}} + T_{B_{\text{вз}}} = 0.20 + 0.18 + 0.37 = 0.75 \text{ хв.}$$

Де: $T_{B_{\text{вст}}}$ – допоміжний час на встановлення та зняття деталі, 0.20 хв;

$T_{B_{\text{оп}}}$ – допоміжний час який пов'язаний з включенням та виключенням верстата, повернення інструменту в задану точку після обробки, 0.18 хв;

$T_{В_{нз}}$ – допоміжний час на контрольні виміри (змір діаметра/відстані до торця штангелем та змір шаблоном радіуса:

$$T_{В_{нз}} = (0.11 + 0.13) + 0.13 = 0.37 \text{ хв.}$$

Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби приведено в відсотках від операційного часу:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}} = 8\%$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{\text{ш}} = (T_0 + T_{В}) * \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100}\right) = (0.2 + 0.75) * (1 + 0.08) = 1,026$$

По вище вказаній методиці проводимо розрахунки для всіх операцій та зводимо в таблицю 2.4.3.

Таблиця 2.8 – Зведена поопераційна таблиця значень результатів нормування технологічного процесу механічної обробки.

№ п/п	Операція	Загальний основний технологічний час, T_0 , хв.	Загальний допоміжний час, $T_{В}$, хв.	Визначаємо норму штучного часу, $T_{\text{ш}}$, хв.
1.	025	0.2	0.75	1.026
2.	030	1.09	1.13	2.308
3.	035	0.28	0.62	0.972
4.	045	0.57	1.3	2.042
5.	055	2.8	0.6	3.758

2.7 Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу.

До удосконалення технологічного процесу використанням сучасного обладнання, замість однієї фрезерної операції (055) виконувались дві фрезерні операції на верстаті 6Н10. Для обробки контуру деталі та для обробки пазу деталі. Для забезпечення розмірів на цьому обладнанні також необхідно проектувати два окремих пристрої.

Проводимо порівняння норм штучного часу на операції до і після удосконалення технологічного процесу.

$T_{ш,до} = 9.8$ хв – норма штучного часу на фрезерні операції до удосконалення.

$$T_{ш,до} > T_{ш055} \rightarrow 9.8 > 3.8$$

Визначаємо значення ефективності удосконалення технологічного процесу (фрезерній операції).

$$K_{еф} = \frac{T_{ш,до}}{T_{ш055}} = \frac{9.8}{3.8} = 2.5$$

Так як норма штучного часу котра необхідна для обробки контуру деталі на операції 055 менша в 2.5 рази менше ніж для фрезерній операції до удосконалення що в свою чергу зменшить кількість необхідного обладнання для виконання річного плану виготовлення. Тобто, удосконалення пройшло успішно.

2.8 Розроблення в SolidCAM програми оброблення на верстаті з ЧПК.

Розроблення програми розпочинається з завантаження деталі в середовище програми.

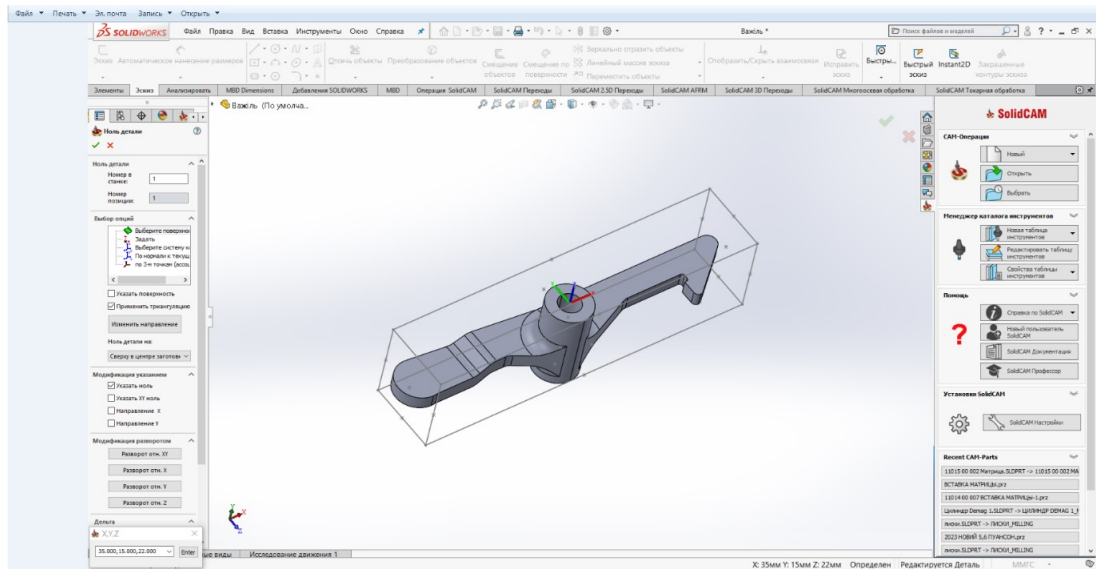


Рисунок 2.9 – Деталь, завантажена в SolidCAM

Після завантаження деталі проводимо визначення нуля системи координат.

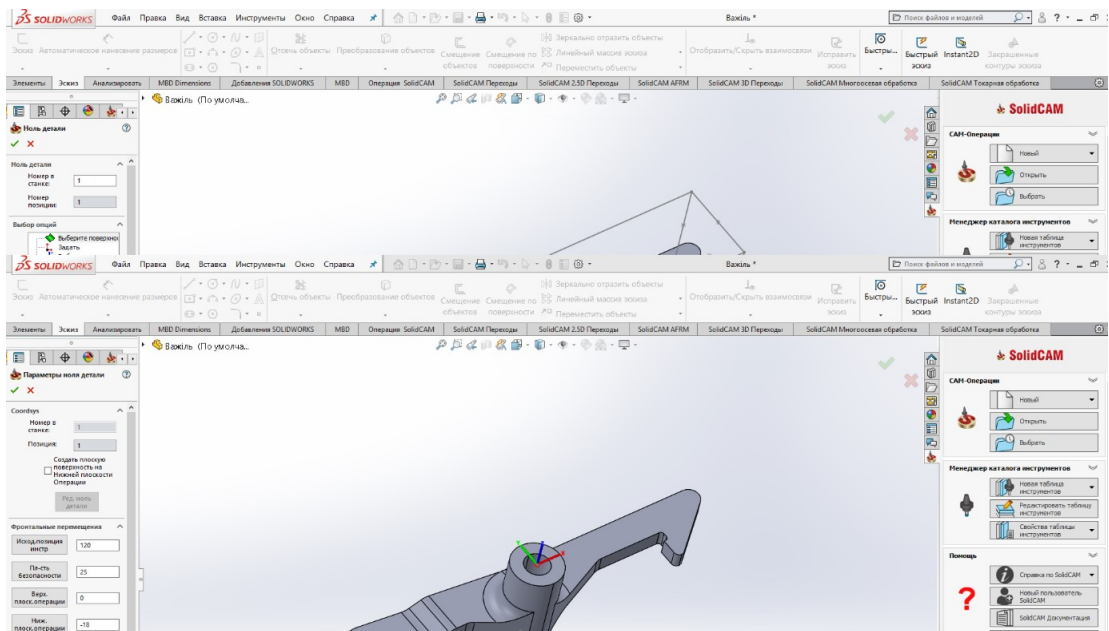


Рисунок 2.10 – Визначення нуля деталі

Завантажуємо заголовку що дозволить визначити припуски під обробку.

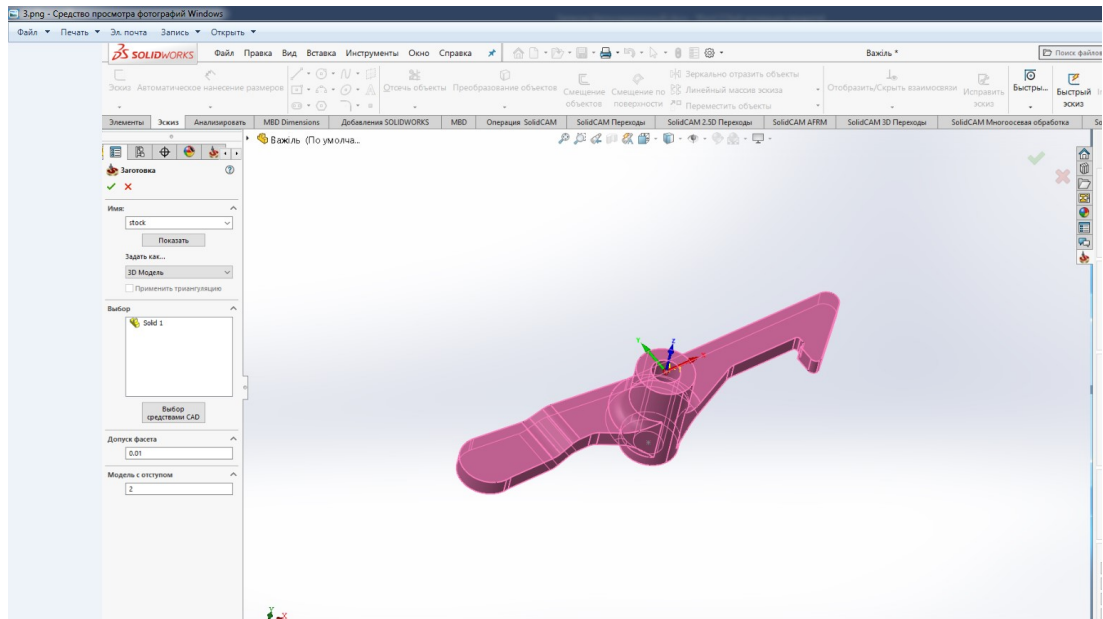


Рисунок 2.11 – Заготовка завантажена в SolidCAM

Проводимо вибір точок контуру для визначення основного шаблону обробки.

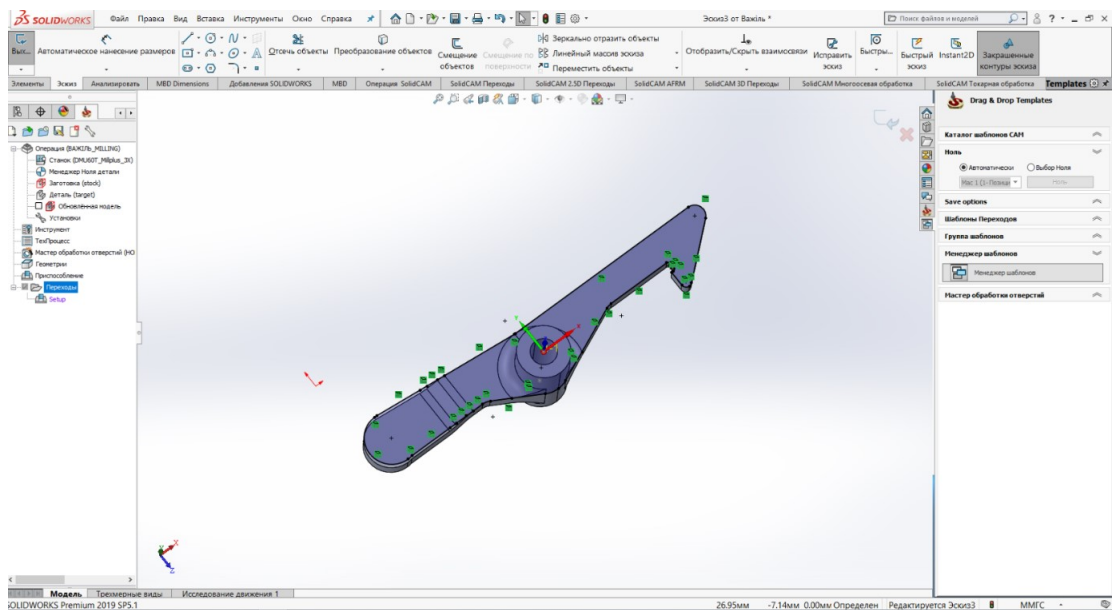


Рисунок 2.14 – Вибір режимів різання

Далі проводимо налаштування рівня контурної обробки.

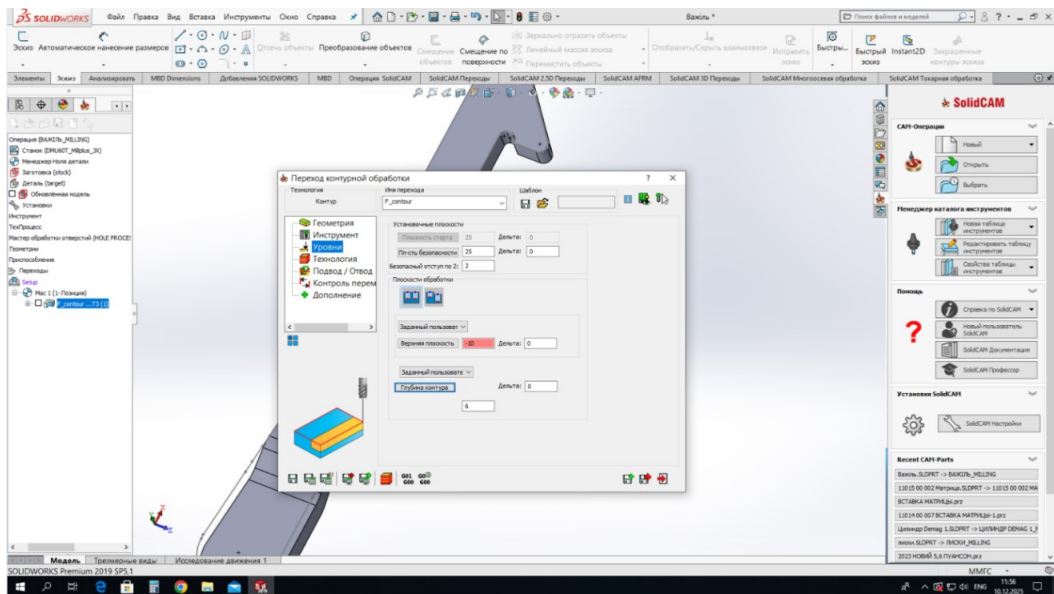


Рисунок 2.15 – Налаштування рівнів контурної обробки

Наступною дією буде вибір технології контурної обробки.

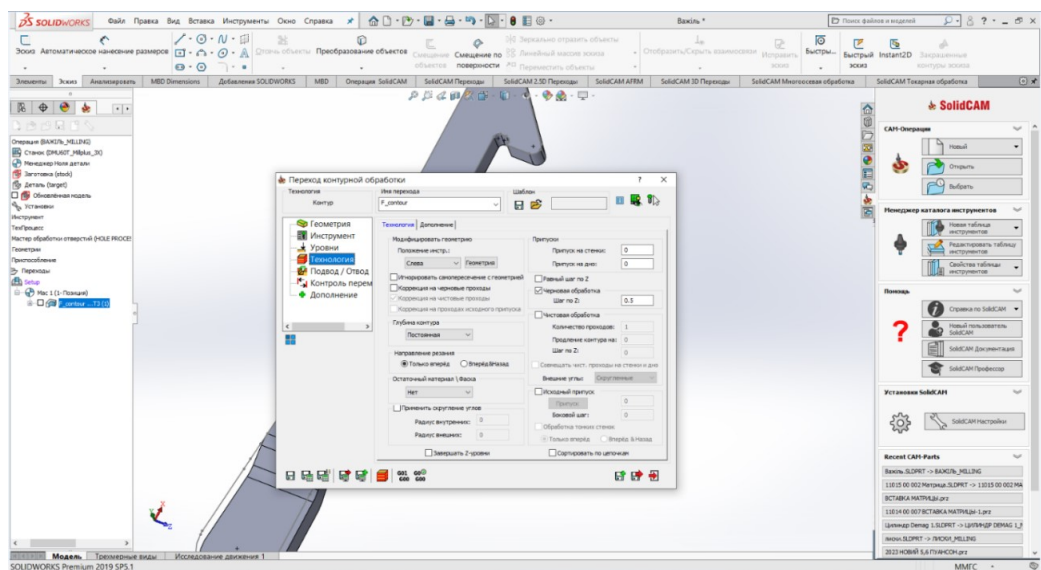


Рисунок 2.16 –Налаштування технології контурної обробки

Проводимо налаштування підведення та відведення різального інструменту під час обробки.

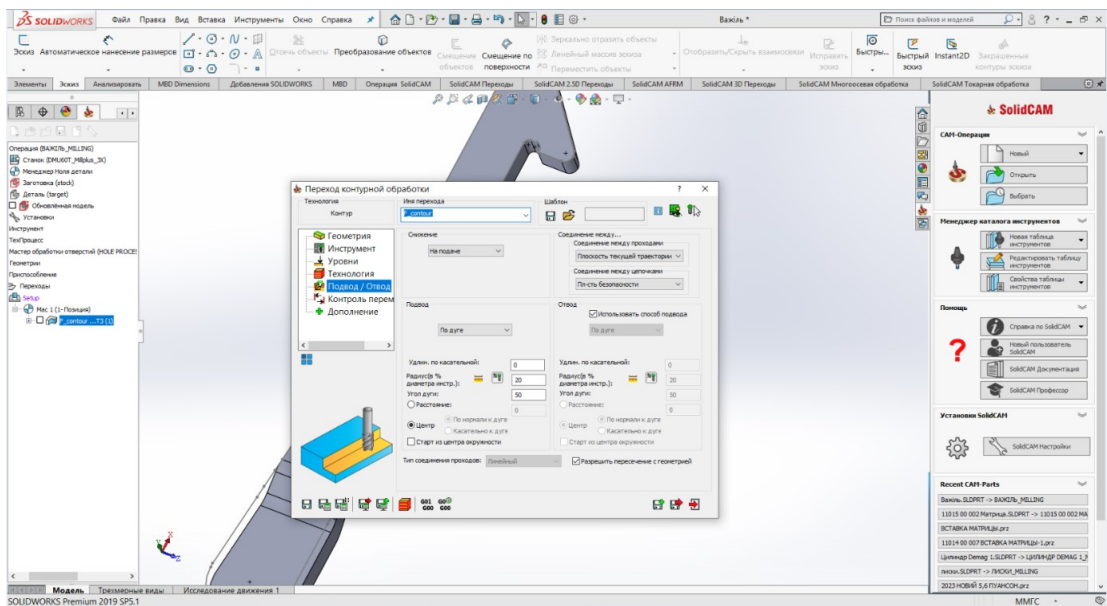


Рисунок 2.17 –Налаштування підведення, відведення інструменту

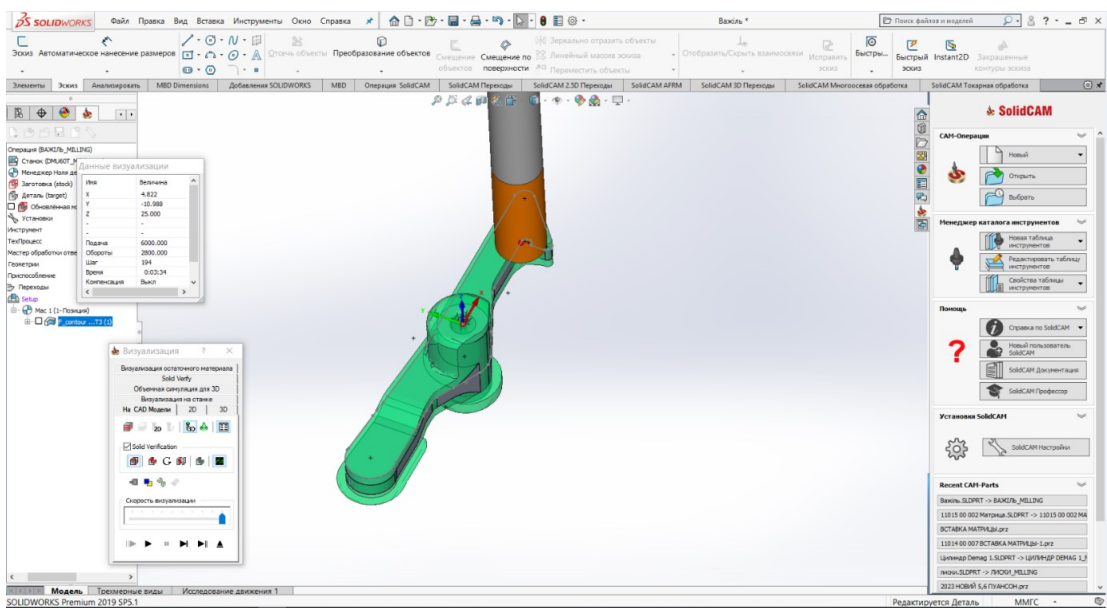


Рисунок 2.18 – Візуалізація контурної обробки деталі

Для пазу виконуємо окремий вибір геометрії контуру для подальшої обробки, і по прикладу попередніх операцій виконуємо вибір різального інструменту та налаштування переходів контурної обробки.

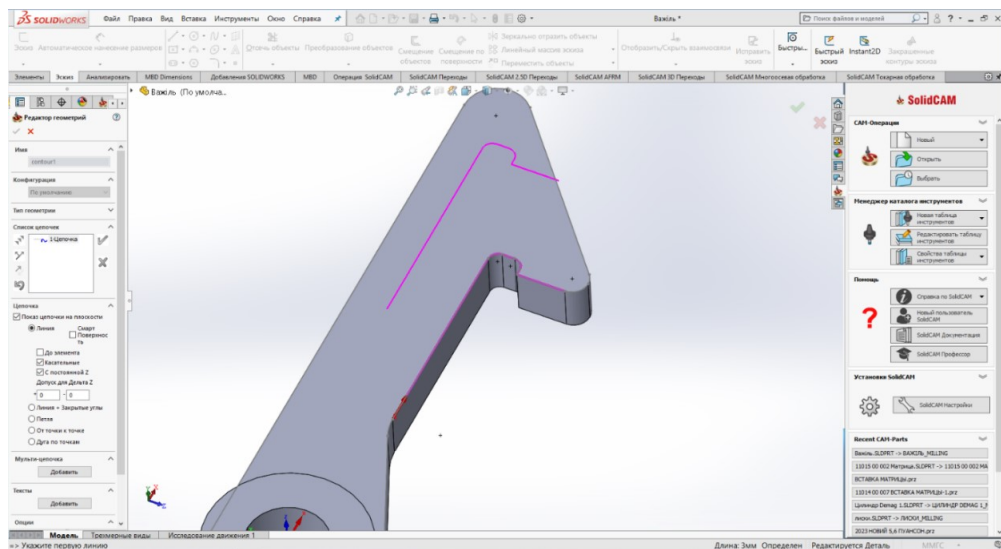


Рисунок 2.19 – Вибір геометрії контуру для обробки пазу

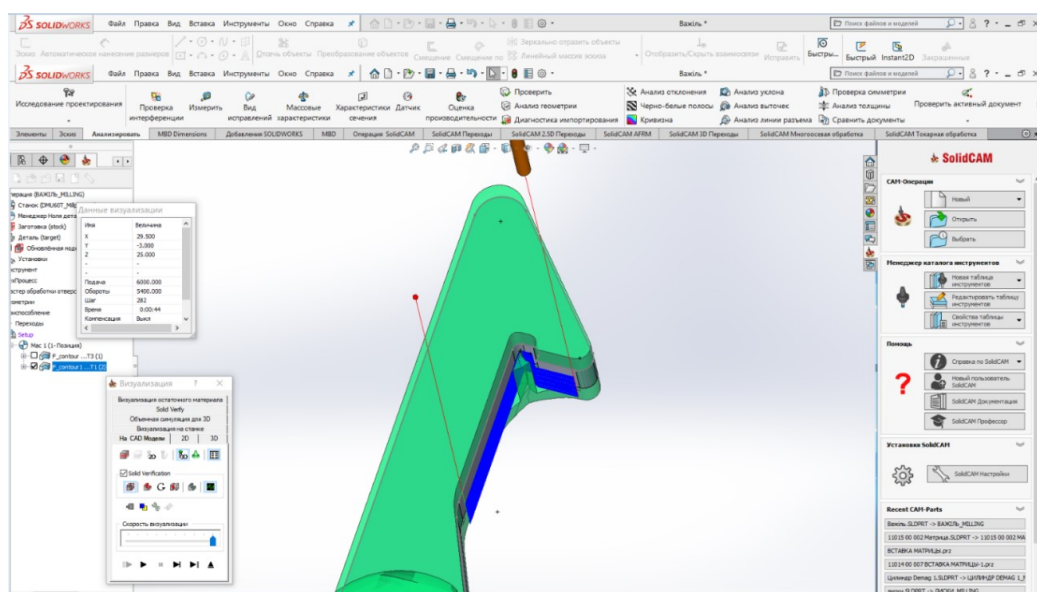


Рисунок 2.20 – Візуалізація обробки пазу деталі

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Проектування пристрою для операції вертикально-свердлильної (045)

В даному пункті проведемо розрахунок та проектування пристрою для закріплення заготовки для свердління отвору на вертикально-свердлувальному верстаті 2Н125.

3.1.1 Аналіз існуючих засобів технологічного оснащення операції механічної обробки

Під час операції 045 виконуємо свердління та розвертання отвору $\varnothing 4.5^{+0.075}$ на вертикально-свердлильному верстаті 2Н125. В даній операції нам потрібно не тільки забезпечити правильну орієнтацію деталі, а й витримати розміри 30 ± 0.3 ; $6 \pm 0.2.5$. В даного верстата немає можливості для закріплення та витримання цих розмірів, тому проводимо проектування пристрою для забезпечення вище вказаних вимог.

Базування деталі будемо проводити по отвору $\varnothing 5^{+0.075}$ з допомогою плити з отворами і штифтами в ній а також базування по поверхні R5 за допомогою системи гвинт–призма. Упорною поверхнею же буде слугувати сама плита, а для завершення позбавлення руху деталі буде використовуватися система гайка–прижим.

Так як присутні на цій операції різні інструменти з різними розмірами, використовуються швидкозмінні втулки, що також дозволить в разі її пошкодження легко замінити.

Всі деталі які підлягають навантаженням гартують до твердості HRC_ε 40...45 та додатково проводять хімічне окислення з промасленням що покращить антикорозійні властивості пристрою та збільшить час його експлуатації.

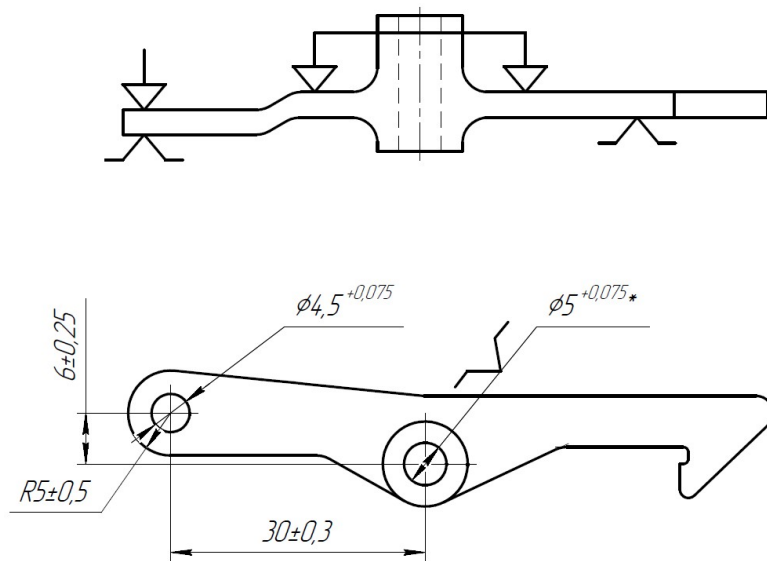


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі при свердлуванні

3.1.2 Розрахунок зусилля закріплення заготовки

При операції свердління в пристрої сила подачі (P_0) діє протилежно силі затиску (Q) що загрожує стабільності деталі. Також під впливом сили різання виникає момент (M) який намагається прокрутити цю заготовку навколо штифта, в свою чергу момент тертя створений силою закріплення призми дає спротив.

Так як діє дві системи сил, розраховуємо сили затиску для затиску прижимом та для затиску призмою.

Так як сила подачі протилежна силі затиску прижимом:

$$Q_n = P_0 k = 662 * 1.5 = 993 \text{ Н.}$$

Де: Q – сила затиску, Н;

P_0 – сила подачі, Н;

k – коефіцієнт запасу, 1.5.

Сила затиску призмою в свою чергу:

$$Q_{np} = \frac{2kM_{кр}}{d \left(f_1 + f_2 * \sin \frac{\alpha}{2} \right)} = \frac{2 * 1.5 * 2.7}{4.3 * (0.5 + 0.5 * 0.7)} = 2.21 \text{ Н}$$

Де: f_1 ; f_2 – коефіцієнт тертя між контактними поверхнями, 0.5;

$M_{кр}$ – крутний момент, 2.7 Н*м;

α – кут призми, 90°;

k – коефіцієнт запасу, 1.5;

d – діаметр інструменту.

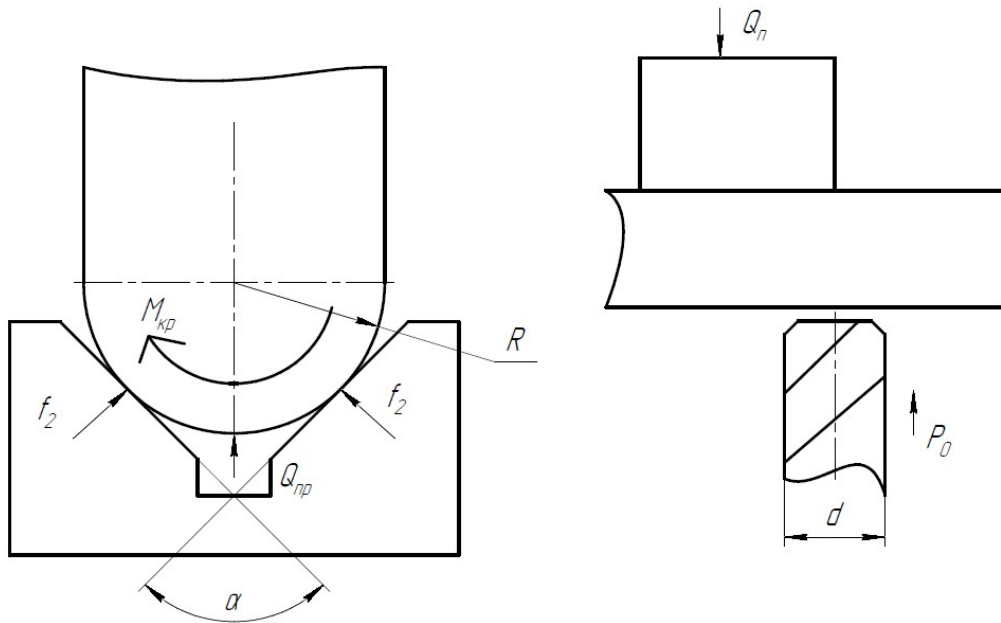


Рисунок 3.2 – Умовна схема сил, діючих при вертикально свердильній операції 045

Розраховуємо фактичні значення сили закріплення і чи вони задовольняють наші потреби.

Сила затиску прижимом при з'єднанні гвинтом М10:

$$F_{\pi} = \frac{T}{K * d} = \frac{49}{0.4 * 0.010} = 12000 \text{ Н}$$

Де: T – прикладний момент затягування для гвинта М10, 49 Н*м;

K – коефіцієнт, 0.4;

d – номінальний діаметр різьби, 0.010 м.

Сила затиску призмою при з'єднанні гвинтом М6 в свою чергу:

$$F_{\text{пр}} = \frac{T}{K * d} = \frac{12}{0.4 * 0.006} = 5000 \text{ Н}$$

Проводимо порівняння сил.

$$Q_n < F_{\pi}$$

$$993 < 12000$$

$$Q_{\text{пр}} < F_{\text{пр}}$$

$$2.21 < 5000$$

Висновок: закріплення заготовки надійне.

3.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Також необхідно перевірити пристрій на точність, так як від точності пристрою залежить чи вийде готова деталь правильною.

Перевіряємо необхідну точність пристосування для допуску ± 0.25

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пр}} &= k \sqrt{(k_1 \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (k_2 \omega)^2} = \\ &= 1.2 \sqrt{0.05^2 + 0.01^2 + 0.003^2 + 0.015^2 + (0.7 * 0.07)^2} = 0.086 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Де: k – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілення окремих складових, 1.2;

k_1 – коефіцієнт, що приймається коли $\varepsilon_6 \neq 0$, 0.8;

k_2 – коефіцієнт, 0.7;

ω – значення похибки обробки

ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка яка проявляється в результаті деформації заготовки і пристрою при закріпленні;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка яка проявляється в результаті зносу деталей пристрою;

$\varepsilon_{п}$ – похибка встановлення і зміщення різального інструменту яка виникає неточністю виготовлення напрямних елементів пристрою;

δ – допуск на відповідний розмір розташування оброблюваних поверхонь.

Похибка базування $\varepsilon_6 = 0$ так як співпадають настановні і вимірювальні бази.

Похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0.05$ мм.

Похибка встановлення (пристрій встановлений по упорам на столі)
 $\varepsilon_{уст} = 0.01$ мм.

Похибка встановлення $\varepsilon_{п} = 0.003$ мм.

Похибка зносу $\varepsilon_{зн} = 0.015$ мм.

Економічна точність розвертання $\omega = 0.07$

Використовуючи результати розрахунків проводимо перевірку пристосування порівнюючи допуск який потрібно витримати і допуск який забезпечено.

$$0.5 > 0.086 \rightarrow \varepsilon_{доп} > \varepsilon_{пр}$$

Точність пристрою відповідає межах заданим допуском що вказує на ефективність даного приладу.

3.2 Проектування пристрою для операції вертикально-фрезерної (055)

В даному пункті проведемо розрахунок та проектування пристрою для закріплення заготовки для фрезерування по контуру на вертикально-фрезерному верстаті HAAS MINI MILL.

3.2.1 Аналіз існуючих засобів технологічного оснащення операції механічної обробки

На операції 055 ми проводимо вертикальне фрезерування контуру деталі. Так як деталь має нестандартну форму, що унеможливує закріплення деталі звичайними засобами, прийнято рішення для проектування пристрою. Також для збільшення продуктивності операції пристрій проектуємо двомісним.

Базування деталі буде проводитися по двох отворах $\varnothing 4.5^{+0.075}$ та $\varnothing 5^{+0.075}$ за допомогою штифтів 11, 12. Самі деталі розміщуються на корпусі а нерухомість забезпечується за допомогою двох прихватів 3,4 які з'єднуються з коромислом 5 з допомогою двох болтів 6.

Всі деталі які підлягають навантаженням гартують до твердості HRC_ε 40...45 та додатково проводять хімічне окиснення з промасленням що покращить антикорозійні властивості пристрою та збільшить час його експлуатації.

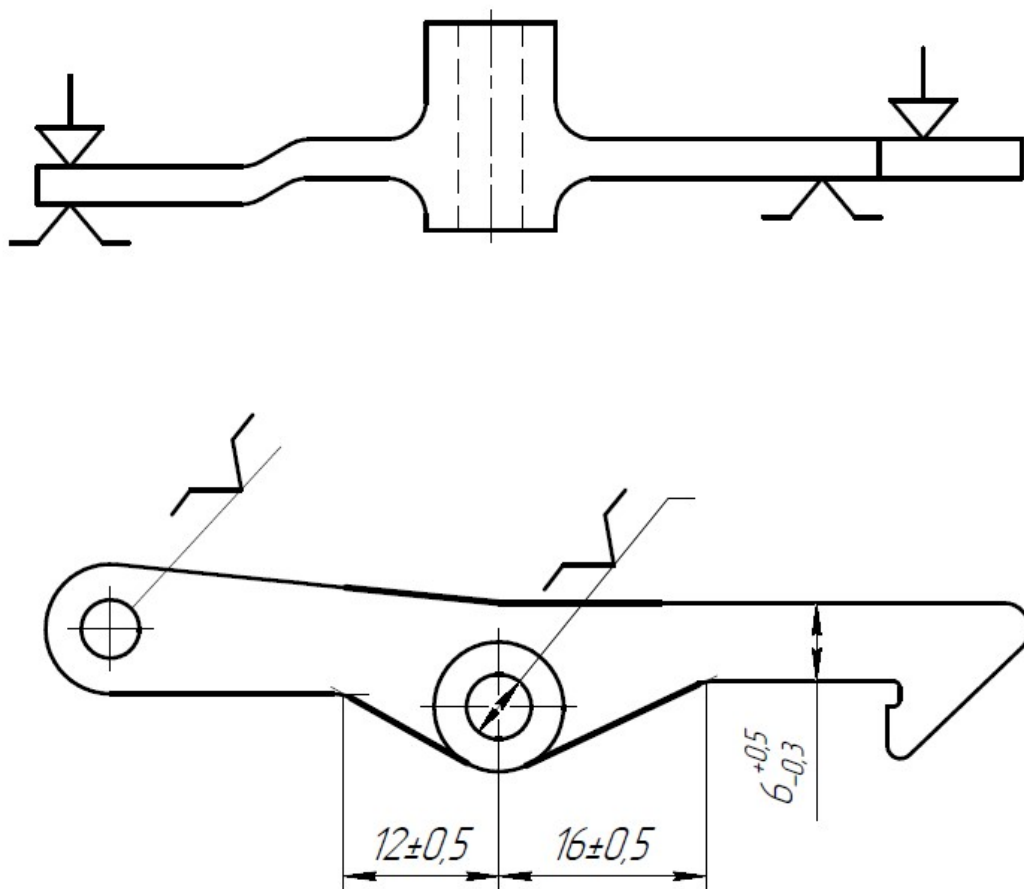


Рисунок 3.3 – Схема базування деталі при фрезерній операції 055

3.2.2 Розрахунок зусилля закріплення заготовки

Так як при горизонтальному фрезеруванню на деталь в більшості випадків діє крутний момент який намагається повернути деталь навколо себе або навколо осі деталі а в цьому пристрої базування деталі проводиться по двох штифтах. Тоді виходячи з цих даних ми можемо проігнорувати силу затискання прижимами і тільки розраховувати необхідну жорсткість штифтів на яких йде основне навантаження.

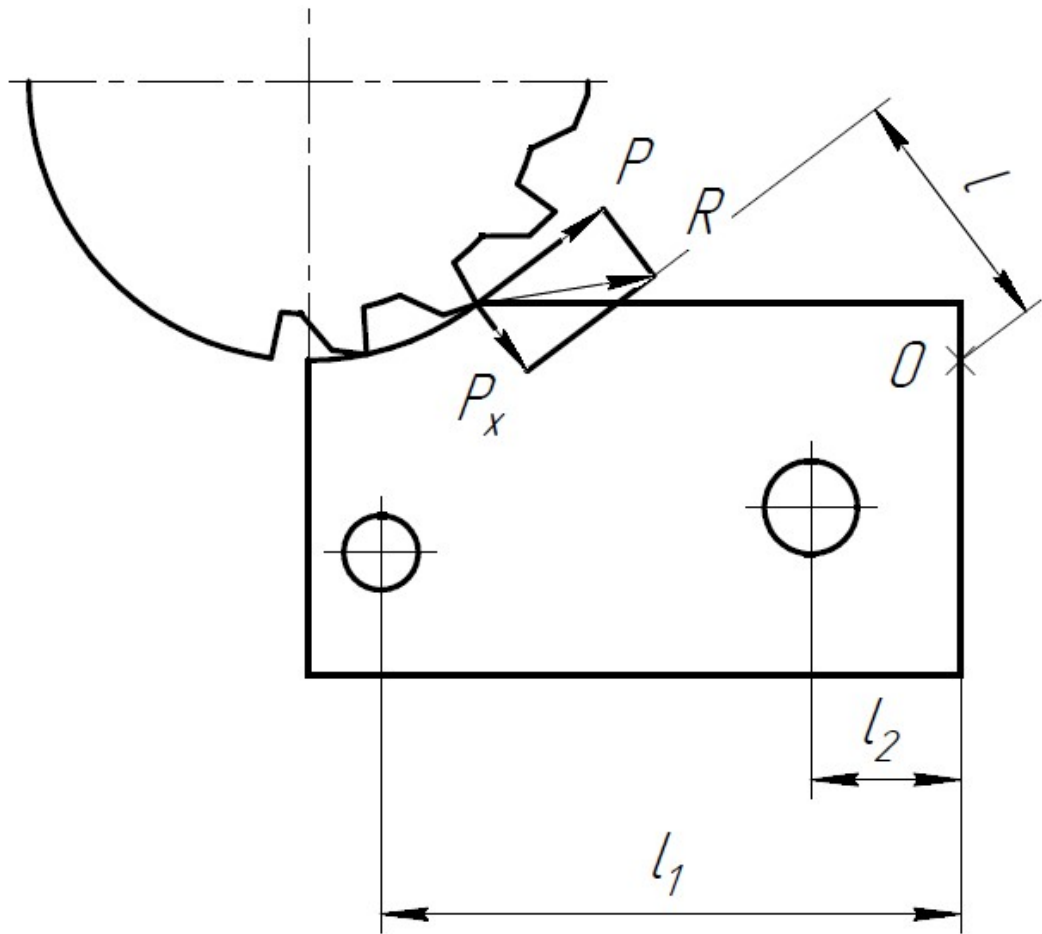


Рисунок 3.4 – Умовна схема сил, діючих при фрезерувальній операції 055

Розраховуємо силу тертя яка діє на штифти:

$$T = \frac{Rlk}{f(l_1 + l_2)} = \frac{620 * 6.2 * 1.5}{0.12(33 + 3)} = 1334 \text{ Н}$$

Де: f – коефіцієнт тертя, 0.12;

k – коефіцієнт запасу, 1.5;

l_1, l_2, l – плече сили до умовної упорної точки;

R – рівнодіюча сила різання, 620 Н.

Розраховуємо крутний момент який діє на штифти:

$$T_{кр} = T * d = 620 * 4.5 = 2790 \text{ Н * мм}$$

Де: d – діаметр штифта, обираємо менший, 4.5 мм.

Далі розраховуємо мінімальний можливий діаметр штифта:

$$d_m = 2 \sqrt{\frac{2T_{кр}}{\pi d \tau_{ср}}} = 2 \sqrt{\frac{2 * 2790}{3.14 * 4.5 * 50}} = 5.62 \text{ мм}$$

Де: $\tau_{ср}$ – допустиме напруження на зріз, 50 МПа.

Так як у нас навантаження розподіляється на два штифта, можемо рахувати що сила кріплення деталі задовольняюча.

3.2.3 Розрахунок пристосування на точність

Перевіряємо необхідну точність пристосування для допуску мінімального допуску який потрібно витримати, ± 0.3 мм.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{пр} &= k \sqrt{(k_1 \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{п}^2 + (k_2 \omega)^2} = \\ &= 1.2 \sqrt{0.05^2 + 0.02^2 + 0.025^2 + (0.7 * 0.1)^2} = 0.11 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Де: k – коефіцієнт, що враховує можливий відступ від нормального розподілення окремих складових, 1.2;

k_1 – коефіцієнт, що приймається коли $\varepsilon_6 \neq 0$, 0.8;

k_2 – коефіцієнт, 0.7;

ω – значення похибки обробки

ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка яка проявляється в результаті деформації заготовки і пристрою при закріпленні;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті;
 $\varepsilon_{зн}$ – похибка яка проявляється в результаті зносу деталей пристрою;
 $\varepsilon_{п}$ – похибка встановлення і зміщення різального інструменту яка виникає неточністю виготовлення напрямних елементів пристрою;
 δ – допуск на відповідний розмір розташування оброблюваних поверхонь.

Похибка базування $\varepsilon_{б} = 0$ так як співпадають настановні і вимірювальні бази.

Похибка закріплення $\varepsilon_{з} = 0.05$ мм.

Похибка встановлення (пристрій встановлений на столі верстата напрямним шпонкам) $\varepsilon_{уст} = 0.02$ мм.

Похибка встановлення $\varepsilon_{п} = 0$ мм так як відсутні направляючі елементи пристрою.

Похибка зносу штифтів $\varepsilon_{зн} = 0.025$ мм.

Економічна точність фрезерування $\omega = 0.1$

Використовуючи результати розрахунків проводимо перевірку пристосування порівнюючи допуск який потрібно витримати і допуск який забезпечено.

$$0.6 > 0.11 \rightarrow \varepsilon_{доп} > \varepsilon_{пр}$$

Точність пристрою відповідає межам заданим допуском що вказує на спроможність даного приладу до покладених на нього робіт.

3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Перед початком проектування вимірювального пристрою потрібно провести аналіз деталі, та визначити які розміри немає можливості виміряти універсальними інструментами.

Такими розмірами є два отвори $\text{Ø}4.5^{+0.075}$, $\text{Ø}5^{+0.075}$ та міжосьова відстань 30 ± 0.3 , 6 ± 0.25 .

3.3.1 Розрахунок пристрою на точність

Для визначення розмірів основних елементів калібру-пробки для отворів $\text{Ø}4.5^{+0.075}$ використовуємо програму для автоматичного розрахунку.

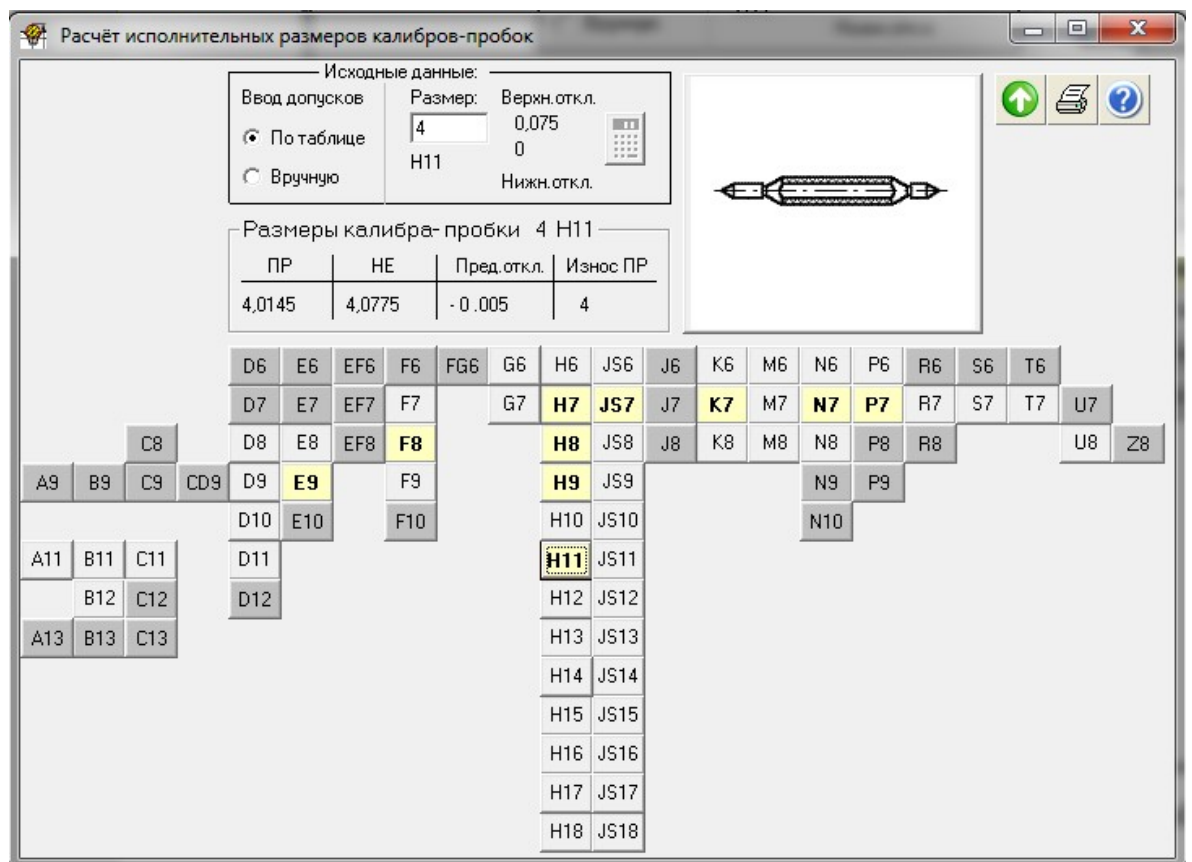


Рисунок 3.5 – Автоматичний розрахунок калібр пробки для отвору $\text{Ø}4.5^{+0.075}$

Так як програма рахує тільки для діаметрів натуральних чисел, до результату розрахунків додаємо різницю розміру отвору та розміру шуканого.

Пробка ПР – $4.0145 + 0.5 \approx 4.515_{-0.005}$ мм.

Пробка HE – $4.0775 + 0.5 \approx 4.578_{-0.005}$ мм.

Проводимо перевірку розрахунку калібр-пробки.

$$Pr = D_{\text{ном}} + z + \frac{H}{2} = 4.5 + 0.012 + \frac{0.005}{2} = 4.5145 \approx 4.515 \text{ мм.}$$

$$He = D_{\text{ном}} + ES + \frac{H}{2} = 4.5 + 0.075 + \frac{0.005}{2} = 4.5775 \approx 4.578 \text{ мм}$$

Де: $D_{\text{ном}}$ – номінальний діаметр контрольованого отвору, 4.5 мм;

ES – верхнє відхилення діаметру отвору;

z – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору відносно найменшого граничного розміру виробу, 0.012 мм;

H – допуск на виготовлення калібрів–пробок, 0.005 мм.

Виходячи з розрахунків програма для автоматичного розрахунку калібрів працює вірно.

Розраховуємо для отвору $\text{Ø}5^{+0.075}$ за допомогою програми та виконуємо креслення калібрів.

3.3.2 Призначення та опис роботи

Калібр–пробка $\text{Ø}4.5^{+0.075}$ та калібр–пробка $\text{Ø}5^{+0.075}$ призначені для контролю розмірів відповідних отворів за допомогою двох вставок, а саме: вставка Пр та вставка Не. Ці вставки кріпляться на рукоятці що дозволяє при зношені відповідної вставки замінити її на нову, що зменшує витрати на оснащення. Контроль калібром отвору проводиться спочатку зі сторони вставки Пр, у випадку якщо ця сторона не проходить, це означає що отвір занижений. Так як в такій ситуації це означає що деталь бракована, но підлягає виправленню.

У випадку якщо вставка Пр проходить скрізь отвір, ми перевіряємо отвір ще й вставкою Не. У разі проходу цією вставкою деталь визначається як брак невіправний, в протилежному ж варіанті деталь визнається правильно виконаною.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1 Аналіз напружено–деформованого стану деталі «Важіль»

Перед початком впровадження деталі у виробництво потрібно провести розрахунки деталі на результати впливу на неї сил які діють під час експлуатації.

Для спрощення даних розрахунків використовуємо додаток програми SolidWorks – simulation. Перед початком роботи потрібно мати 3Д модель досліджуваної деталі (в нашому випадку деталь «Важіль») в середовищі SolidWorks та переконатися в відповідності характеристик матеріалу який вибраний для виготовлення деталі.

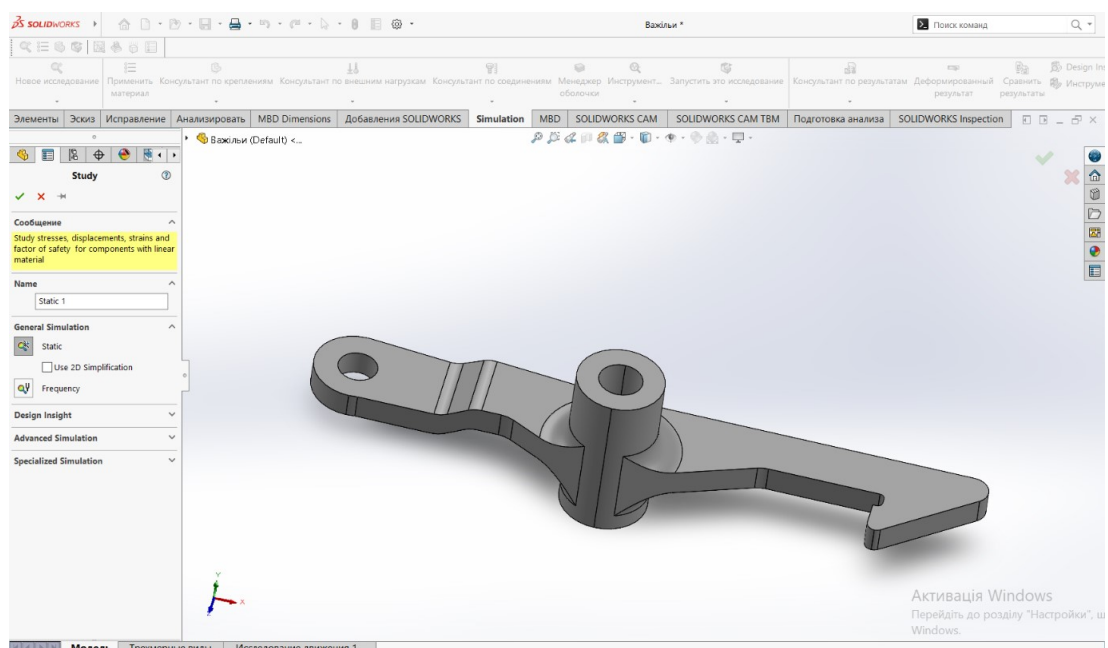


Рисунок 4.1 – Вибір необхідного дослідження, а саме статистичного

Наступними діями будуть проведення попередньої підготовки деталі до аналізу, а саме вибір опорної поверхні та вибір поверхонь на котрі діють відомі сили

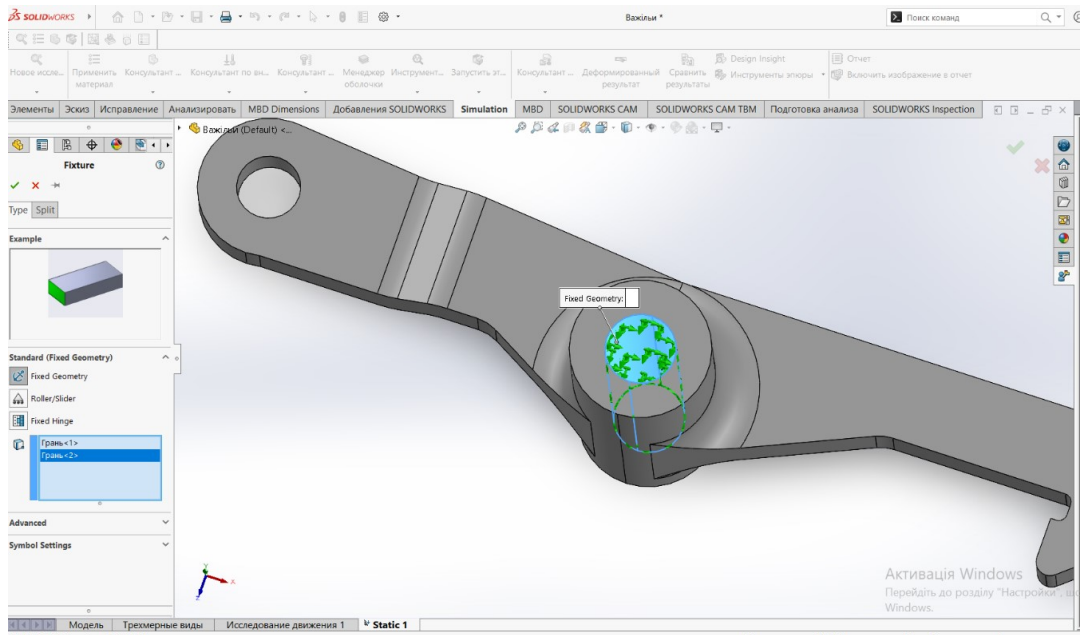


Рисунок 4.2 – Обрання опорної поверхні

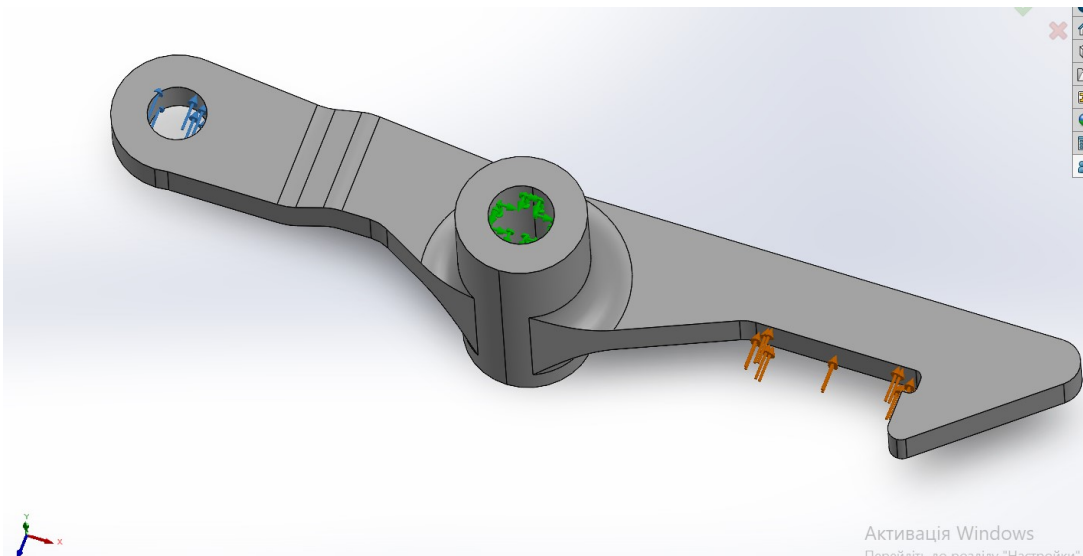


Рисунок 4.3 – Діючі сили на деталь при аналізі

Проводимо створення сітки деталі, тобто розбиття на дрібні елементи деталь що дозволить проводити чисельний аналіз.

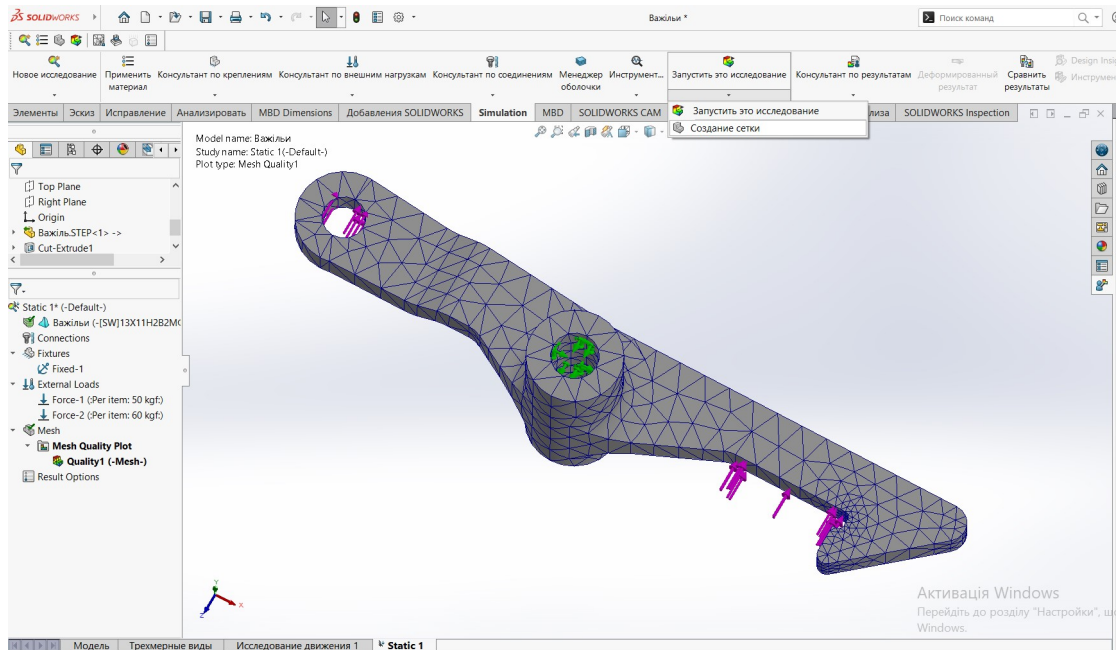


Рисунок 4.5 – Розбиття деталі на окремі складові

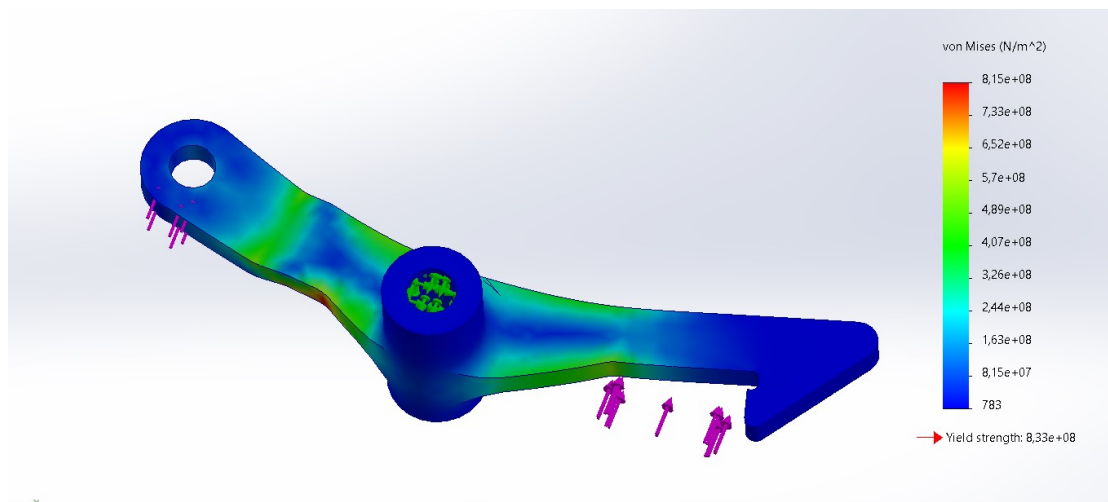


Рисунок 4.6 – Розподіл еквівалентних напружень

Максимальне напруження в $8,15 \text{ Н/м}^2$ котре виникає в обмеженій області менше ніж загальна границя плинності $8,33 \text{ Н/м}^2$.

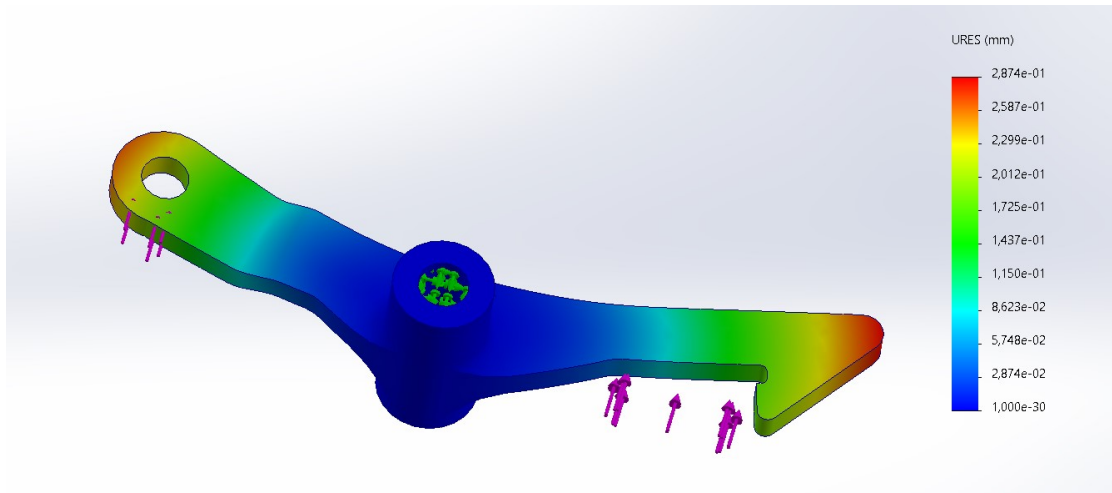


Рисунок 4.7 – Поле переміщень деталі при статичному навантаженні

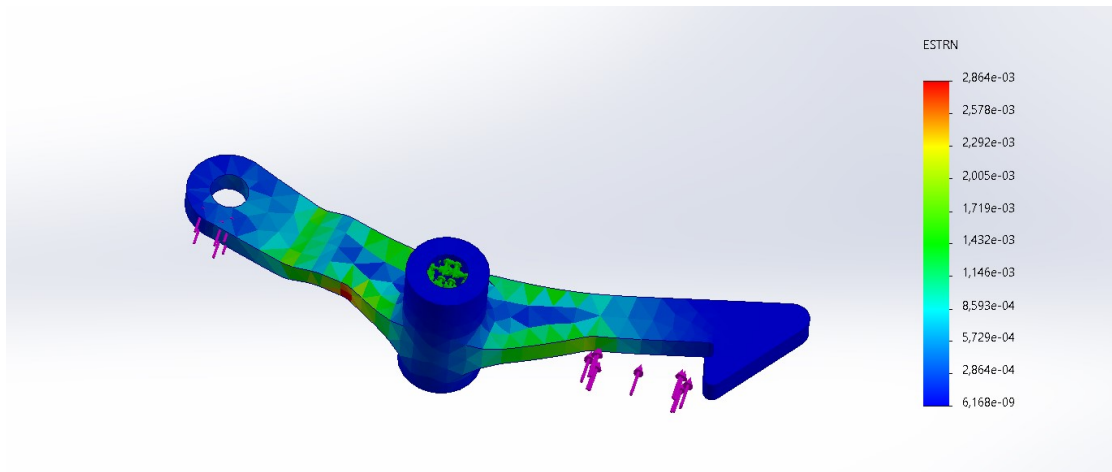


Рисунок 4.8 – Розподіл еквівалентних деформацій

Виходячи з проведених розрахунків, ми переконалися в працездатності цієї деталі при необхідних умовах.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Техніка безпеки при використанні різального інструмента при механічній обробці

Техніка безпеки при використанні різального інструмента на токарних, фрезерних і свердлильних верстатах у межах дипломного проєктування розглядається як складова системи охорони праці, спрямована на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аварійним ситуаціям під час механічної обробки матеріалів. Процеси різання металів супроводжуються дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів, до яких належать обертові та поступальні рухомі частини обладнання, гострі крайки різального інструмента і стружки, підвищений рівень шуму та вібрації, можливе розбризкування мастильно-охолоджувальних рідин, а також ризик ураження електричним струмом. Тому безпечна експлуатація металорізальних верстатів вимагає комплексного дотримання організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів.

Організація робочого місця оператора верстата повинна відповідати вимогам нормативних документів з охорони праці. Робоча зона має бути добре освітленою, без тіней і сліпучих відблисків, що забезпечує точний візуальний контроль процесу різання. Підлога повинна бути рівною, неслизькою та чистою, без накопичення мастила або стружки. Розміщення органів керування верстатом повинно забезпечувати зручний і швидкий доступ до кнопок пуску та аварійної зупинки. Перед початком роботи перевіряється справність заземлення, електропроводки, пускових пристроїв і захисних блокувань, що виключають мимовільний пуск обладнання.

Особливу роль у забезпеченні безпеки відіграє правильний вибір і підготовка різального інструмента. Різці, фрези та свердла повинні відповідати технічним умовам, бути виготовленими з матеріалів, придатних для обробки конкретної заготовки, та не мати тріщин, сколів або надмірного зносу.

Заточування інструмента виконується з дотриманням геометричних параметрів, що забезпечує стабільний процес різання та знижує ймовірність його руйнування. Закріплення інструмента в тримачах і патронах має бути жорстким і надійним, оскільки навіть незначне послаблення кріплення може призвести до вібрацій, поломки інструмента або травмування оператора.

Під час роботи на токарних верстатах основну небезпеку становить обертання заготовки та патрона з високою кутовою швидкістю. Тому всі операції з установлення, центрування та зняття заготовки виконують лише при повністю зупиненому верстаті. Довгі або важкі заготовки додатково підтримують люнетами, що запобігає їх прогину та биттю. Різець встановлюють на висоті осі обертання деталі, забезпечуючи правильний кут різання і зменшення різальних зусиль. Під час обробки забороняється нахилитися над обертовою деталлю або виконувати будь-які дії, не пов'язані безпосередньо з керуванням верстатом. Контроль розмірів деталі здійснюють лише після повної зупинки обертання, а очищення робочої зони від стружки виконують спеціальними пристроями.

Фрезерні верстати характеризуються складним рухом різального інструмента і значними різальними навантаженнями, що вимагає особливої уваги до жорсткості системи «верстат–інструмент–заготовка». Заготовку необхідно встановлювати на стіл верстата з використанням лещат, притисків або спеціальних пристроїв, що виключають її зміщення або викид. Перед початком різання перевіряють напрямок обертання фрези та відповідність режимів різання технологічній карті. Подачу заготовки здійснюють плавно, уникаючи різких змін швидкості, які можуть спричинити поломку фрези. Під час роботи оператор повинен перебувати поза площиною можливого вильоту інструмента або заготовки, а також використовувати захисні огороження, передбачені конструкцією верстата.

На свердлильних верстатах небезпека пов'язана з можливим захопленням заготовки свердлом та її обертанням разом з інструментом. Щоб уникнути цього, заготовку жорстко закріплюють у лещатах або на столі верстата.

Свердло встановлюють строго по осі патрона і надійно затягують, перевіряючи відсутність биття при холостому ході. Процес свердління виконують із рівномірною подачею, періодично виводячи свердло з отвору для видалення стружки та охолодження. У разі появи сторонніх шумів, вібрацій або заклинювання інструмента верстат негайно зупиняють і лише після цього усувають причину несправності.

Важливим аспектом безпеки є застосування мастильно-охолоджувальних рідин, які знижують температуру в зоні різання та подовжують ресурс інструмента. Подача МОР повинна здійснюватися таким чином, щоб не утворювати аерозолів і не потрапляти на відкриті ділянки тіла оператора. При роботі з МОР необхідно дотримуватися санітарно-гігієнічних вимог, своєчасно очищати систему подачі та уникати контакту рідини зі шкірою.

Після закінчення роботи проводять повну зупинку верстата, відключення його від електромережі та прибирання робочого місця. Різальний інструмент очищають від стружки й залишків мастильно-охолоджувальних рідин, після чого розміщують у спеціально відведених місцях. Технічний стан верстата оцінюють візуально, а в разі виявлення несправностей роблять відповідний запис у журналі та повідомляють відповідальну особу. Таким чином, системне дотримання вимог техніки безпеки при використанні різального інструмента на токарних, фрезерних і свердлильних верстатах забезпечує безпечні умови праці, підвищує надійність технологічного процесу

5.2 Умови безпечного виконання термічних операцій

Безпека працівників при виконанні термічних операцій, до яких належать відпал, нормалізація, гартування, відпуск та інші види термічної обробки металів, розглядається як система взаємопов'язаних організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків для здоров'я персоналу та забезпечення стабільної й безаварійної роботи обладнання. Термічні процеси характеризуються підвищеною небезпекою, оскільки

поєднують дію високих температур, теплового випромінювання, відкритих нагрівальних елементів, горючих і гартувальних середовищ, а також газоподібних продуктів згоряння й окиснення металів.

У процесі виконання термічних операцій на працівника можуть впливати такі небезпечні фактори, як контакт із розігрітими поверхнями печей і заготовок, інтенсивне інфрачервоне випромінювання, можливість раптового викиду гарячого повітря або полум'я при відкриванні печі, утворення окалини та іскор, а також підвищена пожежна безпека, особливо при використанні газових печей і гартувальних масел. Додаткову загрозу становлять шкідливі гази й пари, що утворюються під час нагрівання металів і мастильних матеріалів, які при недостатній вентиляції можуть негативно впливати на органи дихання.

Організація термічної дільниці повинна відповідати вимогам промислової безпеки та пожежної охорони. Розміщення печей, ванн для гартування та допоміжного обладнання здійснюють з урахуванням безпечних відстаней між ними, а також можливості вільного та швидкого пересування персоналу. Конструкції приміщення, підлога та облицювання повинні бути виконані з негорючих і термостійких матеріалів. Вентиляційні системи мають забезпечувати ефективне видалення надлишкового тепла, продуктів згоряння і парів гартувальних середовищ, а освітлення — бути достатнім для чіткого візуального контролю процесу без утворення різких тіней.

До виконання термічних робіт допускаються лише працівники, які пройшли спеціальне навчання, інструктаж і мають практичні навички роботи з термічним обладнанням. Працівник повинен чітко знати послідовність технологічних операцій, допустимі температурні режими та дії у разі відхилення параметрів від норми. Використання спеціального термостійкого спецодягу є обов'язковим і включає вогнетривкий комбінезон або халат, захисні рукавиці, взуття з термостійкою підошвою, а також захисні окуляри або щиток для захисту обличчя від теплового випромінювання і бризок розігрітих середовищ.

Експлуатація термічних печей повинна здійснюватися з постійним контролем їх технічного стану. Перед початком роботи перевіряють справність футерівки, нагрівальних елементів, газових пальників, систем автоматичного регулювання температури та аварійного вимкнення. Пуск печей дозволяється лише за умови справної вентиляції та відсутності витоків газу або електричних несправностей. Завантаження і вивантаження деталей проводять із застосуванням спеціальних захватів, кліщів або механізованих пристроїв, що дає змогу уникнути безпосереднього контакту з джерелами високої температури.

Операції гартування вважаються одними з найнебезпечніших у термічному виробництві. Занурення розігрітих деталей у воду, масло або спеціальні гартувальні розчини супроводжується інтенсивним виділенням пари та можливим розбризкуванням рідини. Тому гартувальні ванни повинні бути обладнані захисними екранами і кришками, а гартувальні середовища — підтримуватися в установлених температурних межах. Забороняється гартування деталей із залишками вологи або мастил, оскільки це може спричинити вибухове кипіння або займання масла.

При виконанні відпалу, нормалізації та відпуску, що передбачають тривале перебування деталей у печі, особливу увагу приділяють стабільності температурного режиму та роботі автоматичних систем контролю. Самовільне втручання в роботу регуляторів температури або відкриття печей без технологічної необхідності не допускається, оскільки це може призвести до різкого теплового удару та пошкодження обладнання.

Після завершення термічної обробки деталі повинні охолоджуватися у спеціально відведених зонах, позначених попереджувальними знаками. Забороняється складати гарячі заготовки на підлогу або поруч із легкозаймистими матеріалами. Робоче місце очищають від окалини та інших відходів лише після повного охолодження обладнання та інструменту.

У разі виникнення аварійних ситуацій, таких як займання гартувального середовища, відмова автоматики печі або отримання термічних опіків, персонал

повинен діяти відповідно до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки. Наявність справних засобів пожежогасіння, аварійного відключення обладнання та аптечки є обов'язковою умовою безпечного виконання термічних операцій. Таким чином, дотримання вимог техніки безпеки при термічній обробці металів є необхідною умовою збереження життя і здоров'я працівників, надійної експлуатації обладнання та якісного виконання технологічного процесу в умовах сучасного виробництва.

5.3 Умови праці при виконанні гальванопокриття

Правильне дотримання техніки безпеки при виконанні гальванопокриття металевих деталей є одним із найважливіших розділів охорони праці, оскільки процеси електрохімічного осадження металів пов'язані з використанням агресивних хімічних речовин, електричного струму та утворенням шкідливих газів і аерозолів. Під час гальванопокриття на працівника одночасно діють хімічні, електричні та санітарно-гігієнічні небезпечні фактори, що вимагає суворого дотримання встановлених правил безпеки і технологічної дисципліни.

Робоче приміщення для гальванічних процесів повинно бути спеціально обладнане та ізольоване від інших виробничих дільниць. Ванни з електролітами розміщують таким чином, щоб забезпечити зручний і безпечний доступ до них, а також мінімізувати ризик випадкового розливу розчинів. Обов'язковою умовою є наявність ефективної припливно-витяжної вентиляції, яка забезпечує видалення парів кислот, лугів і газів, що виділяються під час електролізу, зокрема водню, кисню та, в окремих технологіях, токсичних сполук. Підлога в гальванічному відділенні має бути водонепроникною, хімічно стійкою і неслизькою, з ухилом до зливних каналів, що полегшує прибирання і нейтралізацію пролитих електролітів.

Перед початком виконання гальванопокриття працівник повинен пройти спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці, а також бути ознайомленим із властивостями використовуваних хімічних речовин і правилами надання

першої допомоги при хімічних опіках та ураженні електричним струмом. До роботи допускаються лише особи, які мають відповідний допуск і використовують засоби індивідуального захисту. Спецодяг повинен бути виготовлений із кислотостійких матеріалів і включати халат або комбінезон, гумовий фартух, рукавиці, захисні окуляри або щиток, а за потреби респіратор. Одяг має щільно прилягати до тіла і не мати відкритих ділянок, через які електроліт може потрапити на шкіру.

Особливу небезпеку під час гальванопокриття становить контакт із електролітами, які часто містять кислоти, луги, солі важких металів і токсичні добавки. Приготування електролітів виконують у спеціально відведених місцях із дотриманням встановленої послідовності додавання компонентів, що запобігає інтенсивним хімічним реакціям і розбризкуванню розчинів. Переливання електролітів здійснюють обережно, використовуючи хімічно стійкий інструмент і посуд. Забороняється працювати з пошкодженими ваннами, ємностями або трубопроводами, оскільки це може призвести до витоку небезпечних речовин.

Електробезпека є невід'ємною частиною безпечного виконання гальванічних процесів. Джерела постійного струму, що використовуються для живлення ванн, повинні мати справну ізоляцію, заземлення та захисні пристрої, які виключають можливість ураження електричним струмом. Усі електричні з'єднання мають бути надійно закріплені та захищені від контакту з електролітами і вологою. Підключення та відключення деталей від струмопровідних шин виконують лише при вимкненому живленні. Забороняється торкатися електродів, контактів або металевих частин обладнання мокрими руками.

У процесі нанесення гальванопокриття оператор повинен постійно контролювати параметри технологічного режиму, зокрема щільність струму, температуру електроліту та тривалість осадження. Різкі відхилення від заданих параметрів можуть призвести не лише до погіршення якості покриття, але й до аварійних ситуацій, пов'язаних із перегрівом розчину або інтенсивним

виділенням газів. Забороняється нахилитися безпосередньо над ваннами, оскільки це підвищує ризик вдихання шкідливих парів і аерозолів. Усі операції з виймання та промивання деталей виконують обережно, уникаючи розбризкування електроліту.

Особливу увагу приділяють поводженню з відходами гальванічного виробництва. Відпрацьовані електроліти, промивні води та осади підлягають збиранню, нейтралізації та утилізації відповідно до екологічних і санітарних норм. Забороняється зливати такі відходи в загальну каналізацію без попереднього очищення, оскільки вони містять небезпечні хімічні сполуки. Регулярне очищення ванн, фільтрів і вентиляційних систем знижує концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони та покращує умови праці.

Після завершення гальванопокриття обладнання вимикають від електромережі, ванни накривають захисними кришками, а робоче місце ретельно очищають. Засоби індивідуального захисту промивають або знезаражують, а працівник повинен вимити руки та обличчя з використанням нейтралізувальних засобів. У разі потрапляння електроліту на шкіру або в очі необхідно негайно промити уражене місце великою кількістю води та звернутися за медичною допомогою. Дотримання вимог техніки безпеки при виконанні гальванопокриття металевих деталей забезпечує збереження здоров'я персоналу, безпечну експлуатацію обладнання та стабільну якість покриттів,

5.4 Техніка безпеки при виготовленні відливок

Виготовлення відливок металевих виробів є складним технологічним процесом, що включає підготовку форм та стрижнів, плавлення металу, заливку форм, охолодження та очищення відливок, а також контроль якості. Кожен етап виробництва пов'язаний із специфічними небезпечними факторами, і дотримання правил техніки безпеки є обов'язковою умовою для запобігання травмам, професійним захворюванням та аварійним ситуаціям.

Підготовка форм і стрижнів включає роботу з формувальними сумішами на основі кварцового піску та зв'язуючих речовин. Пил, що утворюється під час просіювання та формування, є шкідливим для дихальних шляхів. Для зменшення його впливу застосовують місцеву аспірацію, ефективну загальну вентиляцію та індивідуальні засоби захисту — респіратори або маски, захисні окуляри та рукавички. При переміщенні важких форм та стрижнів використовуються крани, підйомники або ручні візки; ручне піднімання деталей понад допустиму вагу забороняється. Робочі місця обладнують протиковзкими підлогами, достатньо освітлюють та забезпечують вільні проходи для безпечного переміщення персоналу.

Плавлення металу та робота з печами є найбільш небезпечним етапом, оскільки температура розплавленого металу часто перевищує 1000 °С. Працівники, що виконують цю операцію, повинні використовувати термостійкий спецодяг, рукавиці, щитки для обличчя, захисне взуття та каски. Перед початком роботи перевіряють технічний стан печей, футерівку, газові пальники, електричні з'єднання та систему автоматичного контролю температури. Забороняється виконувати роботи при виявленні дефектів або несправності вентиляції. Переливання та заливка металу виконуються за допомогою спеціальних інструментів і механізованих пристроїв; нахил над ваннами з розплавленим металом неприпустимий.

Заливка форм потребує підвищеної уваги до організації робочої зони. Формувальні столи, канали подачі металу та робочі проходи позначають попереджувальними знаками. Робітники повинні дотримуватися технологічного процесу, що передбачає плавне переливання без різких рухів. Заборонено працювати поруч із розплавленим металом без засобів захисту або за відсутності спостереження з боку старшого майстра.

Охолодження та витримання відливок відбувається у спеціально відведених зонах із контролем температури. Деталі не можна складати на підлогу або поруч із легкозаймистими матеріалами. Робочі місця позначаються

спеціальними попереджувальними знаками, а доступ сторонніх осіб обмежується.

Очищення відливок від формувальної суміші і окалини здійснюється після повного охолодження. При роботі із дробоструминними, молотковими або ручними методами очищення працівники повинні використовувати захисні окуляри, рукавички, респіратори або маски для запобігання потраплянню пилу та дрібних часток у очі й органи дихання. Обробка гарячих відливок неприпустима без попередньої перевірки їх температури та стану поверхні.

Пожежна безпека є обов'язковим аспектом техніки безпеки. Всі роботи з розплавленим металом, газовими печами та гартувальними середовищами виконуються на відстані від легкозаймистих матеріалів. Ливарний цех оснащується вогнегасниками, спеціальними ковдрами та сигналізацією, а персонал проходить інструктаж щодо дій у разі займання або аварії. Забороняється залишати розплавлений метал без нагляду, працювати при відкритих вогнях або несправній вентиляції.

Шум і вібрації, що виникають при роботі формувальних машин, вібраційних установок і дробоструминних пристроїв, контролюються за допомогою звукоізоляції, екранування джерел шуму та використання індивідуальних засобів захисту слуху.

Дотримання правил техніки безпеки на кожному етапі — від підготовки форм і стрижнів до очищення та контролю відливок — забезпечує мінімізацію ризиків для здоров'я та життя працівників, стабільність виробничого процесу та високу якість готових виробів

5.5 Техніка безпеки на виробництві під час воєнного часу

Техніка безпеки на виробництві під час воєнного часу набуває особливого значення, оскільки крім звичних виробничих ризиків працівники та обладнання опиняються під впливом додаткових надзвичайних факторів, пов'язаних із бойовими діями, надзвичайними ситуаціями та обмеженими ресурсами. У

таких умовах забезпечення безпеки стає комплексним завданням, що поєднує класичні заходи охорони праці з превентивними та аварійними заходами цивільного захисту.

У воєнний час виробничі приміщення можуть піддаватися прямому або опосередкованому ураженню внаслідок бомбових або ракетних ударів, артилерійських обстрілів, диверсій чи падіння уламків. Тому організація робочих місць передбачає наявність укриттів або захисних споруд, а також планів евакуації працівників. Усім співробітникам необхідно знати маршрути евакуації, розташування безпечних зон та правила поведінки під час сигналів тривоги.

Під час воєнного стану може бути порушено постачання електроенергії, води, палива та інших ресурсів, що безпосередньо впливає на безпеку виробництва. Робочі процеси повинні бути адаптовані до можливих відключень енергопостачання, нестабільної роботи обладнання та обмежених запасів матеріалів. Працівники повинні мати чіткі інструкції щодо дій при аварійних зупинках обладнання, нестабільній подачі газу чи інших небезпечних речовин.

В умовах воєнного часу значно підвищується ризик пожежі, вибухів або хімічного забруднення через пошкодження виробничих приміщень або технологічних ліній. Тому особлива увага приділяється підтриманню засобів пожежогасіння, перевірці стану вентиляції та контролю за витоками хімічних речовин і палива. Працівники повинні знати порядок використання первинних засобів пожежогасіння, а аварійні служби підприємства — мати готовність до швидкого реагування.

Не менш важливим є психологічний стан персоналу. Стрес, пов'язаний із воєнними діями, підвищує ризик помилок та травм. Організація виробництва передбачає чергування, обмеження тривалості робочого часу, створення умов для відпочинку та психологічної підтримки.

Крім того, у воєнний час забороняється залишати виробничі процеси без нагляду, а будь-які роботи з небезпечними речовинами або механізмами виконуються лише після оцінки ризиків та за наявності засобів індивідуального

захисту. Працівники повинні використовувати каски, респіратори, захисні окуляри, термостійкий одяг та інші засоби, залежно від специфіки виробництва та характеру загроз.

В умовах воєнного часу обов'язковим є планування дій на випадок надзвичайних ситуацій: організація оповіщення, евакуаційних маршрутів, безпечного зберігання технологічних матеріалів і документів, наявність аптечок і засобів зв'язку. Всі працівники проходять додаткові інструктажі з цивільного захисту, дій у разі обстрілів, повітряної тривоги, хімічного або радіаційного забруднення.

Таким чином, техніка безпеки на виробництві під час воєнного часу включає як класичні заходи охорони праці, так і специфічні превентивні та аварійні заходи цивільного захисту. Комплексний підхід до організації виробництва в умовах війни дозволяє зберегти життя та здоров'я працівників, мінімізувати ризики руйнувань обладнання та підтримувати функціонування виробничих процесів навіть у складних умовах.

5.6 Умови праці при очищенні деталей

Умови праці при очищенні деталей піскоструминними апаратами або за допомогою нафтових розчинників характеризуються підвищеним рівнем небезпеки та специфічними шкідливими факторами, що обумовлені особливостями технологічного процесу. Такі операції виконуються для видалення окалини, іржі, старого покриття або забруднень з поверхні металевих виробів, і передбачають контакт із високошвидкісними абразивними потоками або хімічними розчинниками.

При роботі з піскоструминними апаратами головним небезпечним фактором є висока швидкість абразивних часток, що можуть травмувати шкіру, очі та органи дихання. Крім того, утворюється значна кількість пилу, який містить дрібнодисперсний кварц і металеві частки. Тривалий вплив такого пилу може призводити до професійних захворювань дихальних шляхів, включно з

пневмоконіозами, бронхітами та алергічними реакціями. Робоча зона піскоструминного апарату зазвичай обладнується герметичною кабіною або огороженою камерою з місцевою аспірацією, яка забезпечує видалення пилу та запобігає його поширенню.

Працівники обов'язково повинні використовувати індивідуальні засоби захисту: герметичний спецодяг, щільні рукавички, захисні окуляри або щитки для обличчя, респіратори або протипилові маски. Важливо контролювати стан обладнання: цілісність шлангів, пістолетів і кабіни, а також справність вентиляційної системи. Підлога в робочій зоні повинна бути неслизькою, чистою від абразивного матеріалу, із дренажем для збору та утилізації пилу.

При очищенні деталей за допомогою нафтових розчинників або інших розчинників основними шкідливими факторами є токсичні пари та можливість загоряння. Нафтові розчинники випаровуються при контакті з повітрям і можуть утворювати вибухонебезпечні суміші. Робочі приміщення для хімічного очищення повинні мати ефективну припливно-витяжну вентиляцію, бути обладнані системами заземлення та мати обмежений доступ до джерел вогню. Працівники повинні користуватися захисним спецодягом, рукавицями, окулярами та респіраторами, а також дотримуватися правил безпечного поводження з хімічними речовинами: уникати контакту шкіри з розчинником, не допускати перенесення ємностей з розчинниками поруч із нагрітими поверхнями або відкритим вогнем.

Фізичне навантаження при обох видах очищення може бути значним через необхідність тривалого утримання деталей або апаратів, особливо при обробці важких або габаритних виробів. Тому робочі місця облаштовуються підйомно-транспортними пристроями, стійками для фіксації деталей і ергономічними кріпленнями для пістолетів або форсунок.

Шум, що виникає під час піскоструминної обробки, також є фактором ризику для здоров'я працівників. Він контролюється за допомогою кабін, звукопоглинаючих матеріалів та засобів індивідуального захисту слуху.

В цілому, умови праці при очищенні деталей піскоструминними апаратами або за допомогою нафтових розчинників вимагають поєднання технічних заходів (вентиляція, огороження, механізація), організаційних (інструктажі, контроль технології, чергування працівників) та індивідуальних засобів захисту. Дотримання цих умов забезпечує збереження здоров'я працівників, запобігає травмам і професійним захворюванням, а також гарантує стабільність виробничого процесу та якість обробки деталей.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі на тему «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Важіль 450.25.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК» удосконалено та обгрунтовано технологічний процес з урахуванням нестандартної форми деталі та вказаних технічних вимог деталі.

При виконанні даної роботи було проаналізовано конструкцію деталі технічні вимоги на її виготовлення, обрано оптимальні технологічні бази. На основі проведеного аналізу удосконалено існуючий технологічний процес застосуванням сучасного металорізального обладнання з числовим програмним управлінням. Проведено розрахунки режимів різання як в ручному режимі так і з застосуванням сучасних програм. Обрано відповідний інструмент та оснащення.

Через нестандартну форму деталі для забезпечення виконання технологічного процесу спроектовано пристрої для вертикально–свердлувальної та вертикально-фрезерної операцій. Також, з урахуванням штучно-калькуляційного часу на відповідні операції, для зменшення трудомісткості вертикально-фрезерної верстатний пристрій спроектовано для одночасного закріплення одразу двох деталей.

З проведеного аналізу спроектовано вимірювальний пристрій для контролю найбільш точних поверхонь.

У роботі проведено моделювання технологічного процесу за допомогою новітнього оснащення що дозволило підготувати керуючу програму для обробки деталі у верстаті з ЧПК. Також проведено аналіз напружено–деформованого стану деталі з використанням комп'ютерної програми що дозволило перевірити працездатність деталі до заданих умов.

Згідно з техніко-економічним порівнянням технологічних процесів можна зробити висновок що удосконалення технологічного процесу пройшло успішно.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» від 08.09.2011 №3715-17 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
2. Наукова та інноваційна діяльність в Україні / Статистичний збірник. – К.: ДП „Інформаційно–видавничий центр Держкомстату України”. – 2012 – 305с.
3. Гавриш О. А. Інноваційний чинник конкурентоспроможності Українських машинобудівних підприємств / О. А. Гавриш, С. М. Савченко // Ефективна економіка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=464>.
4. Офіційний сайт Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.ukrstat.gov.ua.
5. An introduction to Mechanical Engineering: Study on the Competitiveness of the EU Mechanical Engineering Industry. – Ecorys. – 2012. – 320 p.
6. Тарасова Н. В. Промисловість України: тенденції, проблеми, перспективи / Тарасова Н. В., Клименко Л. П., Ємельянов В. М. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 320 с.
7. Коломієць А. С. ІННОВАЦІЙНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
8. Горбацевич О.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування за технологією машинобудування. - Мінськ: Вищ. шк., 1983.
9. Довідник-машинобудівника А. Г. Косилової і Р.К. Мещерякова.
10. "Технології машинобудування" – університетські технічні матеріали з прикладами удосконалення технологій обробки з ЧПК. Репозитарій «Технології машинобудування» (ВНТУ)
11. «Технології для верстатів з числовим програмним керуванням» (навчальний посібник ВНТУ, 2023) — сучасний український довідник з будови, підготовки програм, вибору режимів і пристроїв.

12. CNC Machining Handbook: Basic Theory, Production Data, and Machining Procedures
13. Occupational Health and Safety Management Systems
14. Охорона праці на підприємствах в умовах надзвичайних ситуацій (OSHA)
15. Багрій, В. Г., Коржик, С. М., Лисенко, В.І. «Технологія машинобудування». Навчальний посібник. Київ: Наукова думка, 2018.
16. «Охорона праці на виробництвах термічної обробки металів»
Автор: В.І. Чернявський
17. Інструкція № 24 з охорони праці в умовах воєнного стану. м. Харків 2023 р.
18. НПАОП 28.0-1.37-14 «Правила охорони праці при нанесенні металопокриттів»