

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Блок СК.215.23» з використанням
верстатів з ЧПК

Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

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 ДП.ПМ.ФІТА.24.10.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2
Шифр


Підпис

Владислав ЗАСАДНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук
Науковий ступінь, звання


Підпис

Сава КОСТЮК
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 «24» серпня 2024


Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
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

1.02.2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Засаднюку Владиславу Юрійовичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Блок СК.215.23» з
використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Костюк Сава Андрійович, к.т.н

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учасє знання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 8

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Шків полікліновий 24.361.060»
технічні та експлуатаційні вимоги, обсяг випуску 1 тис. шт

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

Вступ

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

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі (1 лист А2); кресленик заготовки (1 лист А3); Графотехнологія (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А1); кресленик моделі травмувань (1 лист А1)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 6.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ (аналіз конструкції деталі та базового ТП)	20.03.2023	
2 Технологічний розділ (запропонувати шляхи удосконалення ТП)	20.04.2023	
3 Конструкторський розділ	20.05.2023	
4 Охорона праці	10.06.2023	

Студент


Підпис

Владислав ЗАСАДНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Сава КОСТЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технічної механіки зручних
 ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продуктованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи Дипломний проєкт Зокладач
 Автор Засадник В.Ю.
 Освітня програма ІЗІ Прикладна механіка
 Спеціальність: технічної механіки зручних
 Науковий керівник: Костюк С.А.
 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.	+
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:
Плагіат в кваліфікаційній роботі не
перевищує допусків. Висновок. Робота
приймається до захисту.

Дата 24.06.2024

Завідувач кафедри

В.П. Ткачук В.І.
 Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Мельник В.В.
 Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

С.А.В. Костюк.
 Підпис Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри
Шкацюк Віталіо Павловичу

здобувача вищої освіти (студента)
ПІБ, факультет, «курс», «група»
*Засадиш В.Ю Інженерія програм
та архітектури, 5 курс, ПМТс-2А*

ЗАЯВА

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

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

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

27.06.2024

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Засаднюк Владислав Юрійович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Блок СК.215.23" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Засаднюк В. Ю. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 2,56 %, добре 17,95 %, задовільно 79,49 %.

шкалою ЄКТС: А 1,79 %, В 0,00 %, С 14,29 %, D 19,64 %, E 64,29 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Засаднюк В.Ю. виконав кваліфікаційну роботу відповідно до завдання, у певному обсязі. Під час виконання та підготовки роботи проявив створюваність та рівень інтелектуальної підготовки на достатньому рівні, що відповідає кваліфікації і бакалавра за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

" 21 " Червня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

Технології машинобудування

(підпис)

" " " 2024 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт Засаднюка Владислава

Тема роботи: Технологічне забезпечення виготовлення деталі «Блок 250»

Тема дипломного проєкту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проєкт містить необхідні розділи, виконані згідно до завдання.

У дипломному проєкті, здобувач проаналізував конструкцію обраної деталі її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав метод отримання заготовки. Розробив технологічний процес механічного оброблення деталі «Блок 250» з використанням сучасного устаткування з ЧПК.

В технологічній частині розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено верстатний та контрольний пристрої.

Графічна частина виконана у відповідності до вимог ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені відповідно до вимог, що висуваються до текстових документів відповідного рівня.

В роботі зустрічаються деякі огріхи, які в цілому не знижують рівень роботи. Все вищесказане свідчить про досить високий рівень здобувача який може претендувати на присудження кваліфікації «бакалавр» зі спеціальності 131 Прикладна механіка.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні й заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: Тарас Тарасович Бабак Олег

« 26 » « червня » 2024 р.

Анотація

Тема проекту: Технологічне забезпечення виготовлення деталі «Блок 250»

Автор Засаднюк В.Ю. Керівник проекту: С.А Костюк

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

В загальному розділі проведено аналіз технологічності конструкції деталі та умов роботи, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі обґрунтовано спосіб отримання заготовки, проведено розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання та норми часу.

В конструкторському розділі запропоновано верстатний та контрольно-вимірювальний пристрої. Проведено розрахунки пристроїв для обробки отворів та контрольно-вимірювального пристрою для контролю биття.

В розділі охорони праці Розроблені рекомендації щодо зменшення рівня небезпеки на виробництві.

Проведено аналіз та графічне й Логіко-імітаційне моделювання травмонебезпечних ситуацій на машинобудівному підприємстві на прикладі відпрацювання операцій технологічного маршруту (010 – Координатно-розточувальна; 025 – Круглошліфувальна).

В додатках приведено комплект технологічної документації на виготовлення деталі «Блок 250», специфікації.

Автор проекту: Засаднюк В.Ю.

/Підпис/

2024 р.

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1. Стан питання та задач дипломного проектування	9
1.2. Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі	11
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі	15
1.3.1. Оцінка технологічності конструкції деталі	15
1.3.2 Кількісна оцінка технологічності	16
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва	18
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу	20
2.2. Вибір заготовки	21
2.2.1 Техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовок,	21
2.2.1.1 Заготовка отримана литвом по випалюваним моделям	23
2.3. Вибір технологічних баз	25
2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту	27
2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі	27
2.4.2 Розроблення технологічного маршруту	28
2.5. Розробка технологічних операцій	29
2.6. Вибір обладнання та засобів технологічного забезпечення	30
2.6.1 Технологічне оснащення	30
2.7. Аналітичний розрахунок та вибір припусків	33
2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку внутрішньої циліндричної поверхні ($\varnothing 55H7$), мм	33
2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір 34h12(-0,15)мм	38
2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання	40
2.8.1 Визначення режимів різання для точіння уступів та торця Coro Plus Tool Guide	44
2.8.2 Чорнове точіння контуру	44
2.8.3 Чистове точіння контуру	45

2.8.4 Чистове точіння фасонного профілю деталі	45
2.8.5 Аналітичний розрахунок режимів різання при свердлуванні отворів	45
2.8.6 Аналітичний розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отвору Ø40	47
2.8.7 Визначення режимів різання при обробці деталі «Блок 250»	50
2.9 Написання програми для токарного оброблення деталі «Блок» з використанням середовища Esprit	51
2.10. Нормування витрат часу механічної обробки деталі «Блок 250»	52
2.10.1. Розрахунок норм часу на операцію 005 – Токарна	52
2.11 Оформлення технологічної документації	54
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	55
3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлування шести отворів Ø40мм	55
3.1.1. Розрахунок пристрою на точність	55
3.1.2. Розрахунок сили затиску	56
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність	59
3.1.4 Опис конструкції та принцип роботи пристрою	60
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	61
3.2.1 Вибір схеми вимірювання	61
3.2.2 Розрахунок пристрою на точність	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	63
4.1 Рекомендації до зменшення рівня небезпеки на виробництві	63
4.2 Аналіз випадкового збігу факторів, що призводять до травматизму та нешасних випадків	65
4.3 Аналіз та графічне моделювання травмонебезпечних ситуацій на машинобудівному підприємстві	66
4.3.1 Логіко-імітаційне моделювання травмонебезпечних ситуацій	67
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	72

ВСТУП

Машинобудування одна з найважливіших галузей промисловості. Рівень розвитку машинобудування відображає рівень розвитку країни та науково-технічного прогресу.

Сучасний розвиток машинобудування відображається в підвищенні продуктивності та якості продукції, що випускається. В заміні парку верстатів на більш точні, технологічні, оснащені системою ЧПК. В застосуванні прогресивних технологій та продуктивних методів обробки.

Технологія машинобудування спрямована на дослідження та розробку технологічних процесів на виготовлення продукції з високими техніко-економічними показниками. Якість, надійність, довговічність, економічність машин напряму залежать від правильно розробленої технології виготовлення та збирання. Продукція підприємств машинобудування відіграє ключову роль у впровадженні науково-технічного прогресу у всіх сферах економіки. Частка машинобудівного комплексу України становить майже 30% від загального обсягу промислового виробництва. Однак у нашій країні ця галузь недостатньо розвинена. У Японії, Німеччині, США частка машинобудування у промисловій структурі складає від 40 до 50%. За рівнем експорту машинобудування займає друге місце після паливно-енергетичного комплексу, забезпечуючи 12% експорту України. В Японії цей показник становить 60%, у Німеччині — 45%.

За останні десятиліття виникло багато нових галузей, пов'язаних із виготовленням засобів автоматизації, устаткування для атомної енергетики, реактивної авіації, побутових машин. Асортимент продукції машинобудування надзвичайно великий, що зумовлює глибоку диференціацію його галузей і впливає на розміщення виробництва окремих видів продукції.

Спеціалізація в машинобудуванні визначається профілем машинобудівних підприємств і характером продукції, що виробляється – масовою, крупносерійною, дрібносерійною або одиничною. Масове виробництво знижує витрати на виготовлення продукції і сприяє розвитку технологічної спеціалізації.

Водночас, випуск складної дрібносерійної та індивідуальної продукції можливий лише на основі подетальної технологічної спеціалізації.

Тільки окремі види продукції, призначені для специфічних природних або гірсько-геологічних умов, виготовляються в районах їх споживання (частіше це сільськогосподарські машини, машини і механізми для лісової промисловості, гірниче устаткування). Особливості розміщення об'єктів машинобудування обумовлюють важливу роль транспортного чинника у здійсненні коопераційних поставок та забезпеченні споживачів готовою продукцією.

Уніфікація виробів забезпечує споживачів якісною продукцією, що в свою чергу вимагає підвищення рівня технологічності підприємств та автоматизації виробничих процесів.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та задачі дипломного проектування

Прогрес технічного розвитку сприяв появі нових технологій, що дозволяють виготовляти вироби з покращеними експлуатаційними характеристиками. Однією з таких технологій є екструзія – технологічний процес обробки пластмас, з яких виготовляють різноманітні деталі. Екструдер готує сплав з полімерних матеріалів і продавлює його через спеціальну насадку (фільєру), що надає виробу відповідну форму (полімерний дріт).

Деталь «Блок 250» входить до складу технологічного обладнання з виготовлення полімерного дроту для 3Д друку діаметром 2,85 мм (рис. 1.1).

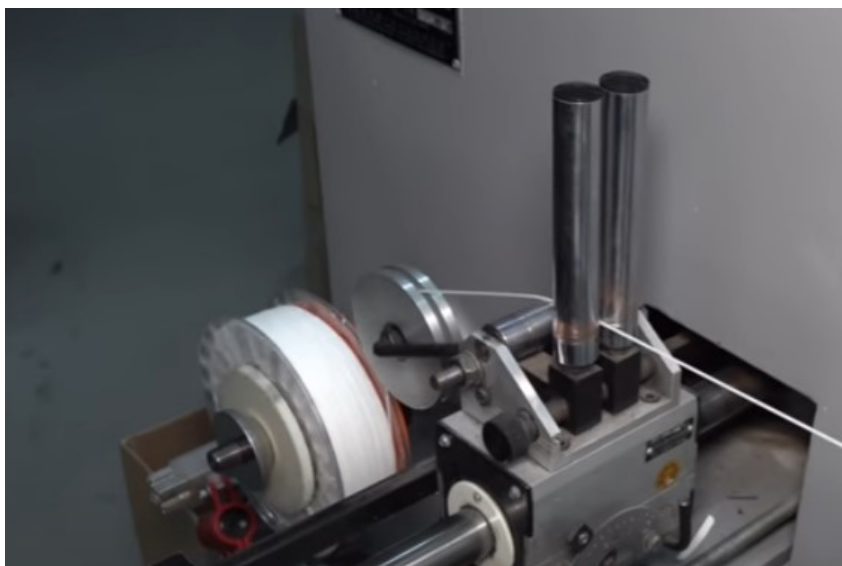


Рис. 1.1 – Фрагмент лінії з виготовлення полімерного дроту

В якості первинного матеріалу використовують гранули або порошок, які завантажують у бункер обладнання. Під дією робочого органу (шнека) сировина перемішується і переміщується в робочу зону корпусу. Під дією тиску, сили тертя та температури сировина нагрівається, перемішується до однорідної маси і під високим тиском продавлюється через отвори формуючої головки (рис. 1.2).

Це забезпечує формування заданого профілю матеріалу, після чого дріт охолоджується, видовжується та полімеризується й набуває заданих фізико-механічних властивостей.

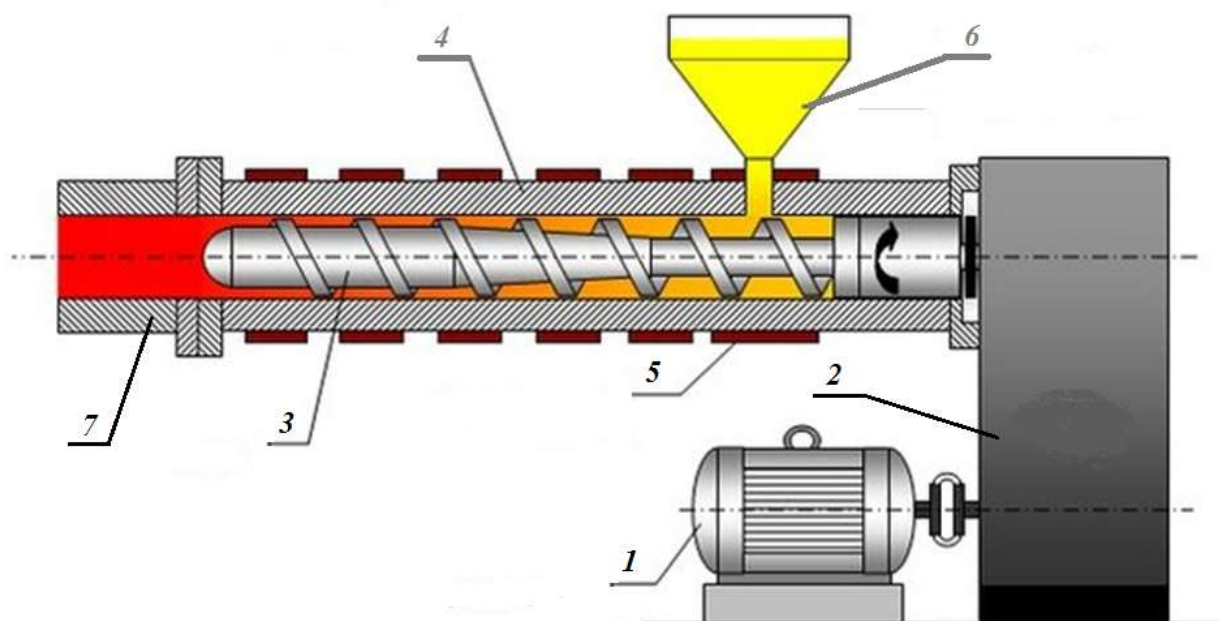


Рис.1.2 – Принципова схема екструзійної машини

1 – двигун; 2– привід; 3– шнек; 4– циліндр; 5– нагрівальний елемент;
6–бункер; 7– формуюча головка

Машинобудівне підприємство Бердичівський агрегатний завод «Прогрес», розташоване в м. Бердичів Житомирської області, виробляє різноманітну продукцію та обладнання, а також товари народного споживання. При виготовленні продукції підприємство застосовує різноманітні гнучкі технологічні процеси, що дозволяють швидко змінювати та вдосконалювати виробничі процеси.

Тема дипломного проекту – Технологічне забезпечення виготовлення деталі «Блок 250».

В дипломному проекті висувається задача з удосконалення технології виготовлення деталі «Блок 250» із застосуванням металорізальних верстатів з

ЧПК; встановити порядок ефективного виконання технологічних переходів; спроектувати окремі операції обробки із застосуванням верстатів з ЧПК.

Вихідними даними для проектування є:

- Робоче креслення деталі «Блок 250»;
- Технічні умови на виготовлення деталей;
- Річна програма випуску деталей – 1000 шт.;
- Фонд часу праці робітників – 1860 год.;
- Річний фонд часу праці основного обладнання – 4015 год.

1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Серед гамми типових деталей транспортувального обладнання екструзійної лінії найбільш поширеними є тіла обертання з фасонною твірною поверхнею (ролики, блоки, котушки). До таких деталей висуваються певні вимоги щодо якості їх робочих поверхонь. Поверхневий шар в більшості випадків піддається операціям зміцнення оскільки полімерні матеріали здатні чинити зношування, що призводить до спотворення профілю. Також особливі вимоги висуваються до геометричної точності профілю робочих поверхонь й радіального та осевого биття.

Аналіз конструкції та вимог на виготовлення деталі «Блок 250» (рис. 1.3) показує, що в залежності від особливостей технологічного обладнання та виду початкової сировини деталь може мати декілька варіантів конструктивних виконань (робочий діаметр, кут розхилу, радіус та кількість канавок, матеріал), які особливо не видозмінюють технологію виготовлення.

За формою, конструкцією та технологічними ознаками деталь «Блок 250» належить до деталей класу «диски» фасонним профілем та чистовими поверхнями, деякі з них використовуються як бази.

Матеріал деталі – сталь 40Х, відноситься до категорії високо вуглецевих легованих сплавів, класу: сталь корозійно – стійка.

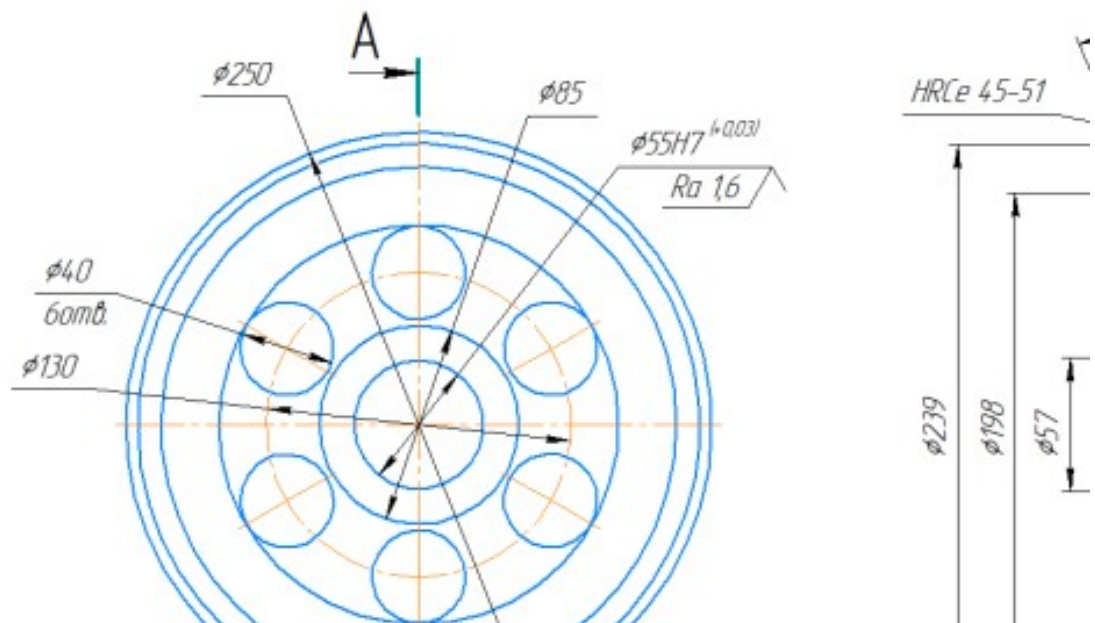


Рис. 1.3 – Деталь «Блок 250»

Основні характеристики сталі 40Х:

- Питома вага: 7650 кг/ м³;
- термічне оброблення: гартування 980 - 1020⁰С, відпуск 680 - 700⁰С;
- температура оброблення пластичним деформуванням (кування), °С: початок 1180⁰, кінець 860⁰;
- температура критичних точок: $A_{c1} = 800^{\circ}$, $A_{r1} = 780^{\circ}$;
- зварюваність матеріалу: для зварних конструкцій не застосовується;
- жаростійкість: сталь стійка до температури 600 – 660⁰С;
- твердість матеріалу: НВ = 210 – 240 МПа;
- температура критичних точок: $A_{c1} = 800^{\circ}$ С, $A_{c3} (A_{cm}) = 830^{\circ}$ С,

$A_{r3} (A_{r_{cm}}) = 700^{\circ}$ С.

Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806: 2015 приведено в табл.1.1, а механічні показники – в табл. 1.2 [2].

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 40X ДСТУ 7806: 2015

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti
			Не більше				
0,35...0,44	0,6		0,03	0,025	до 1	до 1	0,1

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі 40X ДСТУ5949-75

σ_T	σ_B	δ_5 ,	ψ ,	a_n ,	НВ
МПа	МПа	%	%	кДж/см ²	
940	1165	13	42	70	210...240

Вид поставки: сортовий прокат, в тому числі фасонний: калібрований пруток ДСТУ 7806: 2015.

Застосування в промисловості. Сталь 40X використовують для виготовлення відповідальних деталей машин. Виготовляють з сталі 40X вали, диски, шнеки, втулки, фланці, кріпильні деталі, пальці, кулькові підшипники.

Ескіз деталі «Блок 250» із вказаними поверхнями, що обробляються приведено на рис. 1.4.

Деталь "Блок" – складається із сукупності зовнішніх циліндричних поверхонь, фасонної твірної поверхні, внутрішнього отвору, отворів обмежених торцевими поверхнями. Деталі подібної форми і конструкції використовуються як виконавчі органи в транспортувальній системі екструзійних ліній і знаходяться під дією крутного моменту.

Базування деталі у виробі здійснюється по внутрішньому діаметру отвору 1, поверхні торця 7 та канавки 8. Радіальне биття поверхонь 3 – 6 – не більше 0,03 мм.

Кут фасонної канавки 45 градусів. Радіуси перехідних ділянок 4 між поверхнею 3 та іншими поверхнями прийняти не менше 1,5 мм. Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі (рис.1.4) приведені в табл. 1.3.

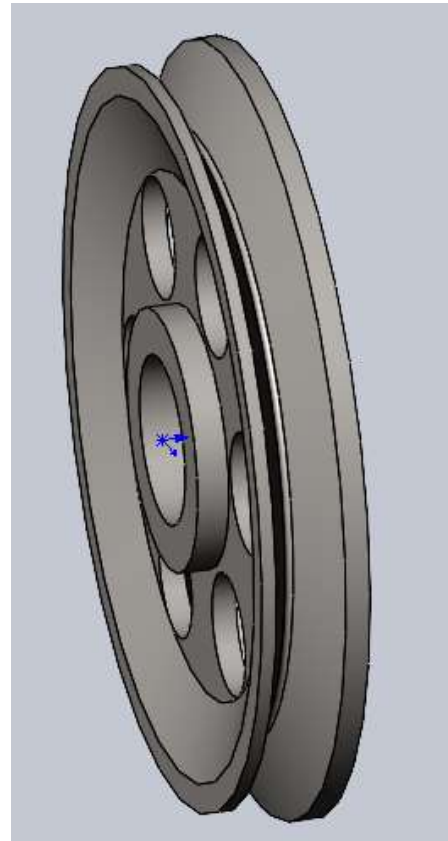
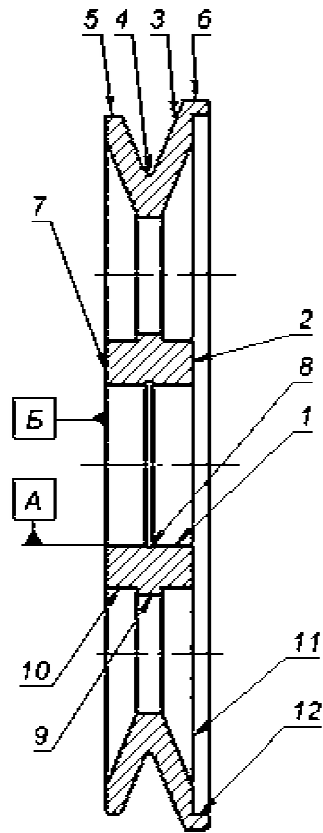


Рис. 1.4 – Оброблювані поверхні деталі

Таблиця 1.3

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі

№ п/п	Назва поверхні	Номінальний розмір, мм	Точність (квалтет), IT	Шорсткість, Ra, мкм	Інші технічні умови
1	Цент. отв.	Ø55	H7	1,6	База А
2,7	Торці	Ø85	h11	6,3	
3	Проф. поверхня	Кут 45	h8	1,25	полірувати
4	Перехідний радіус	R1.5	h8	0,32	Полірувати
5,6	Циліндр. поверхні	Ø239; Ø250	h11	6,3	
8	Канавка	Ø57	h8	6,3	
9	Отвори	Ø40	H11	6,3	
10	Циліндр. поверхня	Ø85	h12	6,3	
11	Торець	Ø240	h8	6,3	
12	Циліндр. поверхня	Ø240	H9	6,3	

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.3.1 Оцінка технологічності конструкції деталі

При оптимальному виборі варіантів технологічного процесу та технологічного забезпечення деталі будуть виготовлятися якісними з мінімальними матеріальними та трудовими витратами.

Деталь «Блок» можна вважати технологічною так як відноситься до класу дисків і має сукупність поверхонь, які можуть бути використані в якості технологічних баз. Для забезпечення процесу механічного оброблення необхідне спеціальне технологічне оснащення. Конструкція деталі жорстка (відношення довжини до діаметра $l/d = 34/250 = 0,136$).

Матеріал деталі – сталь 40Х ДСТУ 7806: 2015 є в широкому доступі, оброблюваність матеріалу середня ($K_{v\text{ тв. спл}} = 0,6$, $K_{v\text{ шв.ст}} = 0,4$).

Деталь «Блок» складається із сукупності стандартних конструктивних елементів. «Блок» має циліндричну ступінчасту форму, складену з поверхонь обертання різних діаметрів. Містить внутрішній циліндричний отвір і торцеві поверхні з різними діаметрами.

Всі оброблювані поверхні деталі мають оптимальні ступінь точності й шорсткість;

Для механічної обробки всіх поверхонь застосовують стандартні ріжучі інструменти.

Зовнішній контур деталі має циліндричну конфігурацію, чим забезпечується вільний доступ ріжучого інструмента при механічному обробленні.

Для такої деталі можливо отримати заготовку з розмірами і формою подібними до готової деталі із листового матеріалу, також при обробці деталі можливо використовувати верстати з ЧПУ та ефективне технологічне обладнання.

Контроль поверхонь слід проводити прямими і відносними методами вимірювання.

Найвищі вимоги до точності форми і розташування, шорсткості поверхонь висуваються до зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь 1, 3, 4 ($\text{Ø}235\text{h}6$ та $\text{Ø}250\text{h}6$), внутрішньої циліндричної поверхні ($\text{Ø}55^{+0,03}$) та поверхонь фасонної канавки шорсткість яких $Ra\ 0,32 \dots 1,6$ мкм.

1.3.2 Кількісна оцінка технологічності

Оцінку на технологічність конструкції деталі кількісно проводять за допомогою системних показників, що розраховуються за наступними формулами:

– Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_d}{M_z},$$

де M_d – маса деталі, $M_d = 4,3$ кг; $M_z = 17$ кг – маса заготовки:

$$K_m = 4,3/17 = 0,26$$

Зважаючи на коефіцієнт використання матеріалу можна вважати деталь і заготовку малотехнологічними.

– Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де T_{cp} - середній коефіцієнт точності обробки деталі,

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

де T_i - квалітет точності обробки i -ї поверхні деталі; n_i - число поверхонь з однаковою точністю.

$$T_{cp} = \frac{14 \times 2 + 12 \times 11 + 10 \times 3 + 8 \times 2 + 6 \times 2}{20} = 9,5;$$

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

в). коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}},$$

де $Ш_{ср}$ - середня шорсткість поверхонь деталі, що обробляються,

$$Ш_{ср} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_i},$$

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

n_i – число оброблених поверхонь з однаковою шорсткістю.

$$Ш_{ср} = \frac{0,8 \times 4 + 0,4 \times 3 + 3,2 \times 13}{20} = 2,42$$

$$K_{ш} = \frac{1}{2,42} = 0,413.$$

Аналіз якісний та кількісний технологічності конструкції показує, що в цілому деталь «Блок 250» є технологічною, має розвинені базові поверхні та гарний доступ інструменту.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

В дипломному проекті розроблений технологічний процес орієнтований на середньо-серійне виробництво.

Тип виробництва обумовлює рівень технологічного забезпечення процесу.

В наш час серійне виробництво – найбільш поширений тип виробництва, характеризується сталістю випуску значної номенклатури виробів.

Організація праці при середньо-серійному виробництві характеризується спеціалізацією, за кожним робочим місцем закріплюється декілька певних операцій.

Технологічне оснащення за умов середньо-серійного виробництва в основному універсальне, переважно використовуються універсально-збірне, переналагоджуване і спеціальне технологічне оснащення.

На початковому етапі розробки техпроцесу тип виробництва визначають за масою деталі і обсягом випуску продукції [], (табл.1.4).

Залежність типу виробництва від обсягу випуску та маси деталі

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

При програмі випуску $N = 1000$ шт та масі деталі $m = 4,3$ кг – тип виробництва середньо-серійний.

Для середньо-серійного типу виробництва приймаємо форму організації робіт – перемінно-поточну, яка характеризується запуском виробництва виробів партіями.

Розмір партії деталей визначається за формулою:

$$N_n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де N – програма випуску виробів у рік, $N = 1000$ шт.; t – період на який необхідно мати запас деталей, приймаємо $t = 12$; Φ – число робочих днів в році,

$\Phi = 254$, тоді $N_n = 1000 \cdot \frac{12}{254} = 47,2$ шт., приймаємо $N_n = 50$ шт.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

Типовий технологічний маршрут механічної обробки деталі «Блок 250», на підприємстві, наведено в табл. 2.1.

Оброблення заготовки починається з підготовки базових поверхонь, на токарно-гвинторізному верстаті моделі ДП 300 з використанням зворотніх кулачків. Чистова обробка отвору $\varnothing 55^{+0,03}$ здійснюється на координатно-розточувальному верстаті моделі 2A235.

Чистова та напівчистова обробка поверхонь здійснюється з використанням токарно-гвинторізного верстату моделі 16К20Ф3. Після термічної обробки здійснюється шліфування фасонної поверхні ролика, використовується круглошліфувальний верстат мод. 3У12АФ11.

Таблиця 2.1

Технологічний процес обробки деталі «Шнек екструдера 137.450-016»

№ операції	Назва технологічної операції	Модель устаткування
005	Токарно-гвинторізна	ДП 300
010	Координатно-розточна	2A235
015	Токарно-гвинторізна	16К20Ф3
020	Термічна (поліпшення)	
025	Токарно-гвинторізна	16К20
030	Термічна	
035	Круглошліфувальна	3У12АФ11
040	Слюсарна	Полірування
045	Контрольна	

Технологічний процес дозволяє забезпечити якісні показники обробки деталі, хоча продуктивність праці є низькою.

2.2 Вибір заготовки

Оптимальним варіантом при виборі заготовки є врахування розмірів та

конструкції деталі, технічних вимог й серійності випуску.

Основні розміри заготовки із прокату призначають з врахуванням припуску на обробку ділянки найбільшого діаметра й припуску на обробку торців. Для номінального діаметра 250мм рекомендований діаметр заготовки з листового прокату товщиною 40 мм звичайної точності становить 260мм ДСТУ 7806: 2015, [4].

Для виробництва деталі «Блок 250» в якості заготовки слід використати відливку отриману литтям по випалюваним моделям. За таких умов форма заготовки буде максимально наближена до форми готової деталі. Остаточне рішення про вибір способу отримання заготовки приймаємо на основі економічних розрахунків.

2.2.1 Техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовки, отримуваної литвом або з прокату

Заготовка із листового прокату ДСТУ 7806: 2015.

Діаметр заготовки з листового прокату визначаємо по [4]. Приймаємо:

$$D_{заг.} = D_{дет} + 2z_0, D_{заг.} = 250 + 2 \times 5 = 260 \text{ мм},$$

де z_0 – припуск на механічну обробку зовнішнього діаметра, $z_0 = 5$ мм [4].

Товщина (довжина) заготовки: $L_{заг.} = L_{дет} + 2z_0$, де z_0 – припуск на механічну обробку торця, $z_0 = 3,0$ мм.

$$L_{заг.} = 34 + 2 \times 3 = 40 \text{ мм}$$

Ескіз заготовки із листового прокату показано на рис. 2.1.

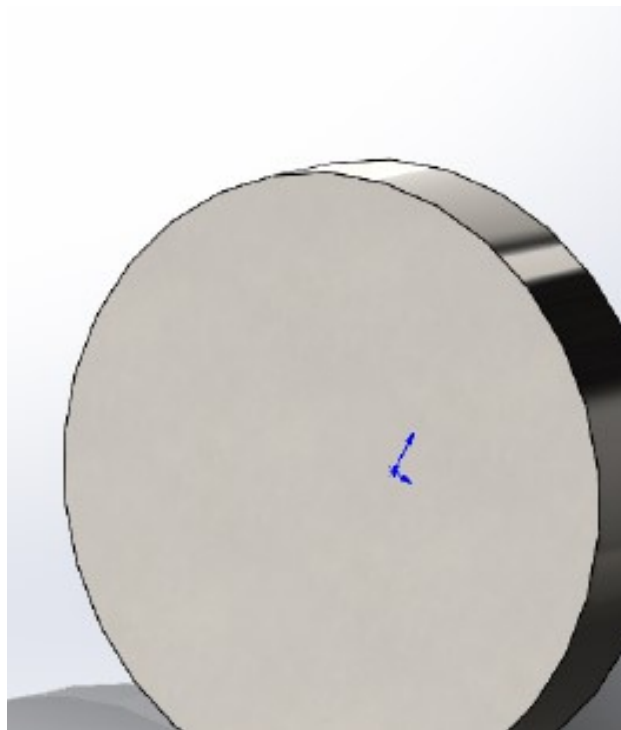


Рис. 2.1 – Ескіз заготовки із листового прокату

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

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

$$Q = \frac{3.14 \cdot 0.26^2}{4} \cdot 0.04 \cdot 7.86 \cdot 10^3 = 17 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{q}{Q},$$

де q – вага деталі, $q = 4,3$ кг; Q – вага заготовки, $Q = 17$ кг

$$K_m = \frac{4,3}{17} = 0,252$$

Собівартість заготовки з листового прокату визначаємо за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.z.},$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн; $\sum C_{o.z.}$ – технологічна собівартість операцій отримання штучної заготовки (плазмова різка), грн.

Витрати на матеріал заготовки [3], с.30:

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

де Q – маса заготовки, кг; $Q = 17$ кг; S - ціна 1 т матеріалу, $S = 76000$ грн.; q – маса деталі, кг; $q = 3,4$ кг; $S_{омх}$ – вартість 1 т стружки; $S_{омх} = 1000$ грн/т.

$$M = 17 \cdot 76 - (17 - 3,4)1 = 1280 \text{ грн}$$

Собівартість технологічна заготівельних операцій:

$$C_{о.з.} = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{шт-к}}{60},$$

де $C_{н.з.}$ – затрати приведені на робочому місці, охоплюють: розрізання заготовки – 400 грн./год.[3].

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

$$T_{шт-к} = D / S_{хв}, \text{ хв.},$$

де D – діаметр заготовки, $D = 260$ мм, $S_{хв}$ – хвилинна подача $S_{хв} = 26$ мм/хв.

$$T_{шт-к} = \frac{260}{26} = 10 \text{ хв}$$

$$C_{н.з.} = 400 \text{ грн./год.}, \quad C_{о.з.} = \frac{400}{60} \cdot 10 = 66,7 \text{ грн.}$$

Тоді собівартість заготовки із листового прокату:

$$S_{заг} = 1280 + 66,7 = 1346,7 \text{ грн.}$$

2.2.1.1. Заготовка отримана литвом по випалюваним моделям ДСТУ 7406: 2014

Діаметр заготовки отриманої литвом з урахуванням припусків та напусків складатиме: Приймаємо:

$$D_{заг.} = D_{дет} + 2z_0, \quad D_{заг.} = 250 + 2 \times 2,5 = 255 \text{ мм},$$

де z_0 – припуск на механічну обробку зовнішнього діаметра, $z_0 = 2,5$ мм [4].

Товщина заготовки: $L_{заг} = L_{дет} + 2z_0$, де z_0 – припуск на механічну обробку торця, $z_0 = 3,0$ мм по контуру. Отвори $\varnothing 40$ мм не проливаються.

Ливарні ухили 2 градуса, радіуси 2 мм.

Ескізи заготовки отриманої литвом по випалюваним моделям показано на рис. 2.2.

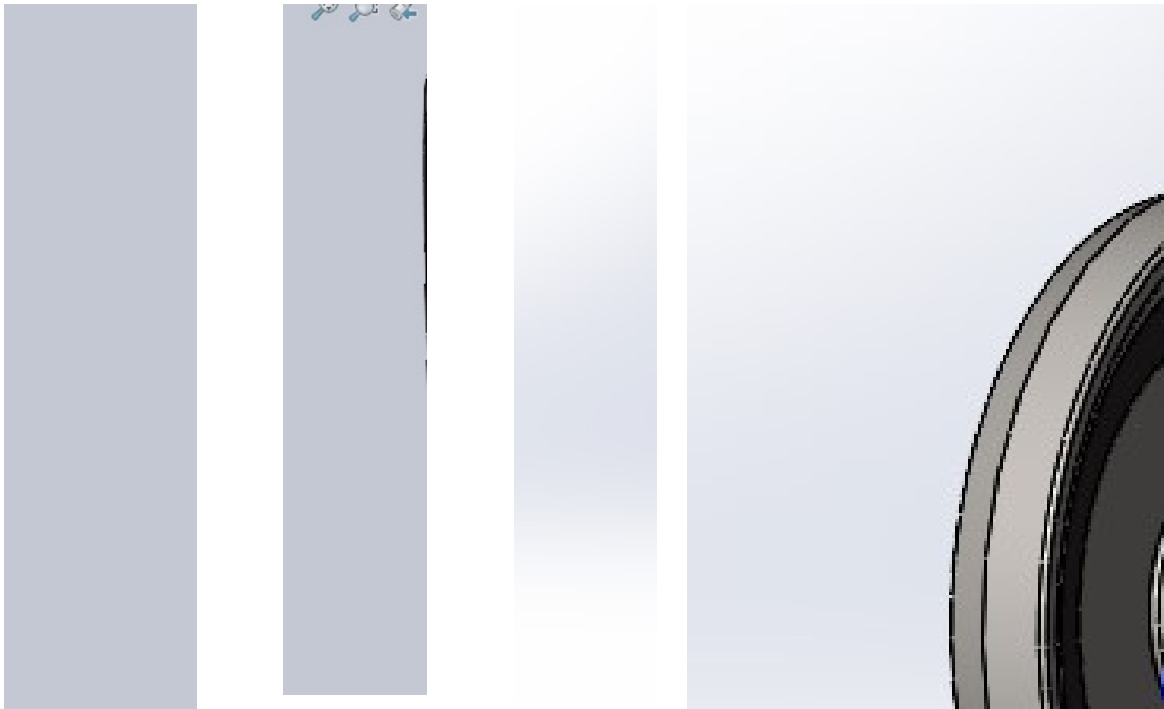


Рис. 2.2 – Ескізи заготовок отриманих литвом по випалюваним моделям

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

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

Маса заготовки 8.8 кг.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{q}{Q},$$

де q – вага деталі, $q = 4,3$ кг; Q – вага заготовки, $Q = 8,8$ кг

$$K_M = \frac{4,3}{8,8} = 0,49$$

Собівартість заготовки з листового прокату визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{о.з.}},$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн; $\sum C_{\text{о.з.}}$ – технологічна собівартість операцій отримання штучної заготовки (плазмова різка), грн.

Витрати на матеріал заготовки [3], с.30:

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

де Q – маса заготовки, кг; $Q = 8,8$ кг; S - ціна 1 т відливки, $S = 80000$ грн.; q – маса деталі, кг; $q = 3,4$ кг; $S_{омх}$ – вартість 1 т стружки; $S_{омх} = 1000$ грн/т.

$$M = 8,8 \cdot 80 - (8,8 - 3,4)1 = 700 \text{ грн}$$

Тоді собівартість заготовки отриманої литвом складає 700грн, а з листового прокату 1348 грн.

Оскільки вартість заготовки отриманої литвом по випалюваним моделям складає 700 грн, що на 580 грн дешевше порівняно із заготовки отриманої з листового матеріалу, то остаточно приймаємо спосіб отримання заготовки – литво.

2.3 Вибір технологічних баз

Вихідними даними для вибору й призначення баз для механічної обробки деталі «Блок 250» є: кресленник деталі з технічними вимогами, вид заготовки та клас її точності, а також умови експлуатації.

Основні принципи призначення технологічних баз:

– принцип суміщення баз, передбачається, що за технологічні бази приймаються конструкторські, тобто ті що визначають положення деталі у виробі;

– принцип сталості баз, тобто при механічній обробці використовуються одні бази на всіх операціях.

– вибрані бази повинні забезпечувати можливість надійного встановлення при виготовленні та ремонті деталей, а також на стадії контролю та складання.

Призначаючи технологічні бази для механічної обробки деталі «Блок» керуємось рекомендаціями з базування деталей класу «Вали, шківни та диски», що наведені в [1], оскільки деталь формується з поверхонь обертання.

Призначаємо бази для першої (чорнової) операції. Необхідно передбачити

коректність взаємного розташування оброблених поверхонь деталі до необроблених та здійснити підготовку технологічних баз для наступних операцій. Кількість проходів призначається з умови забезпечення мінімальних та рівномірних припусків.

За чорнову базу для першої операції обираємо необроблену зовнішню циліндричну поверхню заготовки.

Схема базування заготовки при чорновій операції наведена на рис. 2.3.

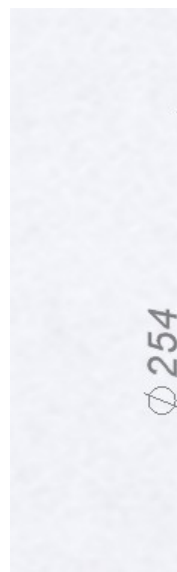


Рис. 2.4 – Схема базування деталі на першій операції

Бази для чистових операцій призначаються виходячи з умов забезпечення необхідної точності кінцевих розмірів, а також взаємного розташування поверхонь.

Найбільш точними поверхнями деталі є внутрішня циліндрична поверхня $\text{Ø}55H7$, а також зовнішні циліндричні фасонні поверхні.

При обробленні даних поверхонь заготовка базується в трикулачковому патроні та за допомогою технологічної оправки. Схема базування наведена на рис. 2.4.

Базовою поверхнею для напівчистових та чистових операцій призначаємо внутрішню циліндричну поверхню $\text{Ø}55H7$ та торець $\text{Ø}85$ для забезпечення точності та якості обробки поверхонь.

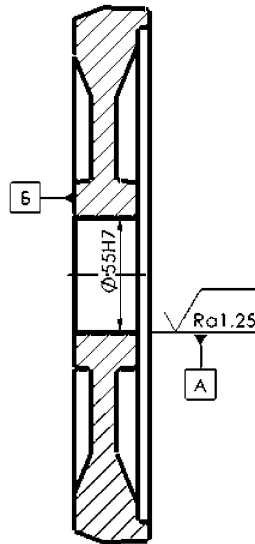


Рис. 2.5 – Схема базування деталі на оправці

На всіх послідуючих операціях механічна обробка ведеться з використанням технологічної оправки включаючи термічну обробку.

Обробку 6-ти отворів $\varnothing 40$ проводять після гартування й шліфування фасонної поверхні.

2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту

2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі починається з створення маршруту технологічного процесу.

Після чорнової обробки отримують поверхні по 12-14 квалітету точності з параметрами шорсткості $Ra 12,5 - Ra 6,3$ мкм.

При чистовому обробленні поверхні досягають 7-9 квалітети точності з параметрами шорсткості $Ra 3,2 - Ra 1,6$ мкм. При шліфуванні досягається 6-7 квалітети точності з параметрами шорсткості $Ra 0,32 - 1,6$ мкм.

Таким чином фасонні поверхні після поверхневого гартування піддаються шліфуванню із поліруванням профілю робочих поверхонь з параметрами шорсткості $Ra 0,32$ мкм.

Обробку поверхонь можна виконувати використовуючи різні способи та методи за один або кілька переходів виходячи з умов забезпечення точності виготовлення при мінімальних витратах.

Метою розробки технологічного забезпечення виготовлення деталі є обґрунтування сукупності заходів з підготовки виробництва.

2.4.2 Розроблення технологічного маршруту

Проектуємо технологічний маршрут обробки на основі (базового) технологічного процесу.

При удосконаленні існуючого технологічного маршруту розділяємо операції технологічного процесу в порядку зростання точності, тобто від чорнових до чистових.

Розробляємо технологічний процес керуючись наступними принципами [10]:

- спочатку обробляють поверхні, які будуть базовими при подальшій обробці;
- наступним етапом обробляють поверхні з найбільшим припуском;
- потім обробляють поверхні, зняття металу з яких не чинить впливу на жорсткість заготовки;
- далі обробляють поверхні, від яких залежить точність та допуски відносного розташування поверхонь.

На етапі чорнової обробки знімається основна маса металу.

Метою чистової обробки є забезпечення заданої точності та якості поверхонь деталі, а також точності їх взаємного розташування.

Основним призначенням викінчувальної обробки є забезпечення необхідної точності та шорсткості робочих поверхонь.

При розробленні технологічного маршруту обробки слід враховувати вимоги до взаємного розташування поверхонь.

Призначаємо методи оброблення поверхонь деталі та заносимо результати у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Маршрут обробки деталі «Блок 250»

№ опер.	Назва операції	Модель верстата	Короткий зміст	Базові поверхні
1	2	3	4	5
005	Токарно-гвинторізна	1K62	Точити торець 7 начисто Центрувати, свердли, розточити отвір 1, витримуючи розмір $\varnothing 54,5$ ($\varnothing 55H7$), виконати канавку 8	
010	Координатно-розточна	2E440A	Розточити начисто поверхню 1	
015	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК CNC CORMA K SK7150 LT12	Встановити на оправку, вивірити, закріпити. Точити поверхні по контуру з припуском 0,5 мм як чисто. Точити поверхні по контуру начисто.	A
020	Термічна		Гартувати фасону поверхню СВЧ	
025	Шліфувальна	Reinecker	Шліфувати поверхні 3, 4 начисто.	A
030	Свердлильна ЧПК			
035	Слюсарна		Полірувати поверхні 3, 4	
040	балансувальна			
045	Контрольна			

2.5. Розроблення технологічних операцій

При проектуванні технологічних операцій вирішується низка завдань таких як:

- уточнюється зміст операції, включаючи послідовність і зміст переходів;
- вибираються засоби технологічного оснащення та призначаються режими різання;
- визначаються налагоджувальні розміри, норми часу, точність обробки;
- підбирається склад мастильно-охолоджувальних рідин (МОР);
- розробляються операційні ескізи і схеми налаштувань.

Окрема технологічна операція проектується на основі прийнятого технологічного маршруту, схеми базування та закріплення деталі на кожній операції, відомостей про точність і шорсткість поверхонь до і після обробки, а також припусків на механічну обробку.

При уточненні змісту операції, остаточно визначається, які поверхні деталі будуть оброблятися на даній операції.

Розробляючи послідовність і зміст переходів, необхідно прагнути до скорочення часу обробки шляхом раціонального вибору засобів технологічного оснащення, оптимального числа переходів і поєднання основного і допоміжного часу.

Після чого детально розробляємо операції технологічного процесу та заносимо інформацію до операційних технологічних карт.

2.6 Вибір обладнання та засобів технологічного забезпечення

2.6.1 Технологічне оснащення

Характеристики, які необхідно сформулювати оброблюваним поверхням обумовлюють підходи до призначення методів обробки та вибору верстатів й інструментів, а також технологічного оснащення й контрольних пристроїв.

Моделі верстатів вибираємо з урахуванням забезпечення необхідних технічних умов та принципу концентрації операцій на одному верстаті.

Характеристики технологічного обладнання зведені в таблицю 2.4.

Чорнове обточування та виконання отвору й базового торця здійснюється на токарно-гвинторізному верстаті 1К62. Формування базового отвору ($\varnothing 55H7$), здійснюється на координатно-розточувальному верстаті моделі 2E440A.

Токарну (контурну) обробку з припуском проводять на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК моделі CORMAK SK7150 LT12.

Після термічної обробки контурну чистову обробку проводять на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК моделі CORMAK SK7150 LT12. Фінішну шліфувальну обробку поверхонь виконують на багатоцільовому шліфувальному верстаті з ЧПК моделі Reinecker.

При розробці технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно правильно вибрати пристрої, які забезпечать виконання вибраної схеми базування з потрібною точністю. Застосування верстатних пристроїв і допоміжних інструментів при обробці заготовок має низку переваг:

- підвищує якість і точність обробки деталей;
- скорочує трудомісткість обробки за рахунок зменшення часу на установку, вивірку та закріплення;
- розширює технологічні можливості верстатів. При виборі технологічного оснащення враховуємо можливість надійного базування та закріплення деталі на верстаті з дотриманням вимог охорони праці та зменшення допоміжних затрат часу на кожну технологічну операцію.

Призначення ріжучого інструменту здійснюється залежно від виду обробки, матеріалу та габаритних розмірів деталі, технічних характеристик обладнання. Ріжучий інструмент вибираємо за стандартами та довідковою літературою залежно від методів обробки деталі.

Вимірювальний інструмент вибираємо залежно від типу виробництва (у цьому випадку – серійне), метод контролю поверхонь – суцільний. Для мінімізації затрат часу на контроль поверхонь, перевага віддається

застосуванню безшкальних інструментів (калібри). Для налагодження верстатів та встановлення фактичних розмірів поверхонь деталі використовуємо універсальні вимірювальні засоби відповідної точності (штангенциркулі, мікрометри).

Таблиця 2.4

Верстатні пристрої

Номер та назва операції	Назва пристрою	Установочні елементи	Вид затиску	Стандарт внутрішній	Код пристрою
1	2	3	4	5	6*-
005 Токарно-гвинторізна	Патрон трикулачковий, зворотні кулачки		Механічний	– –	396180 392841
010 Координатно-розточна	Патрон трикулачковий, прихвати цехові		Механічний		
015 Токарна з ЧПК	Центр звичайний, технологічна оправка	Центри	Пневматичний		
020 Термічна					
025 Круглошліфувальна	Патрон поводковий, Центр жорсткий	Центри	Механічний	13219-65	3784141
030 Свердлувальна ЧПК	Пристрій спеціальний		Механічний		
035 Слюсарна	Полірувальна машина	Набір полірувальний			
040 Балансувальна					
045 Контрольна					

Для деталі «Блок 250» після виконання кожної операції виконуємо контроль, користуємося засобами вимірювання: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ 166-80; мікрометр МК25-1 ДСТУ 6507-90, калібр – скоби, калібр – шаблон.

2.7. Аналітичний розрахунок та вибір припусків

2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку внутрішньої циліндричної поверхні ($\emptyset 55H7$), мм

Маршрут обробки поверхні ($\emptyset 55H7$), мм

- точіння чорнове;
- розточування чистове;
- Координатне розточування.

Визначаємо мінімальний припуск із формули:

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

де R_{zi-1} , – висота мікронерівностей сформована на попередній операції; h_{i-1} – величина дефектного шару, що утворився в ході попередньої операції; $\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні, що створилося на попередній операції, мкм; ε_{yi} – похибка установлення заготовки на виконуваному переході, мкм.

Для розрахунку припусків використовуємо алгоритм, приведений в [3].

Знаходимо величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки (литво по випалюваним моделям):

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}; h_{z_{заг}} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 1}$$

Сумарне відхилення розташування поверхні визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \rho_{\kappa},$$

де ρ_{κ} – викривлення заготовки із-за деформації, $\rho_{\kappa} = \Delta_{\kappa} \cdot L$,

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

L – максимальний розмір заготовки, $L = 40 \text{ мм}$;

$$\rho_{\kappa} = 40 \cdot 1 = 40 \text{ мкм};$$

Тоді $\Delta_{\Sigma заг} = \rho_{\kappa} = 40 \text{ мкм}$;

Допуск переходу $T_{загот.} = 700 \text{ мкм}$

2. Точіння чорнове:

$$R_{\Sigma \text{чорн}} = 63 \text{ мкм}; h_{\text{чорн}} = 60 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл.5};$$

Загальне сумарне відхилення розташування поверхні в межах переходу механічної обробки розраховується за формулами: $\Delta_{\Sigma \text{чорн.}} = \Delta_{\text{заг.}} \cdot K_y$,

де K_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $K_y = 0,06$ [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma \text{чорн.}} = 40 \cdot 0,06 = 2,4 \text{ мкм.}$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чорн.}} = 180 \text{ мкм.}$

3. Розточування чистове

$$R_{\Sigma \text{чист.}} = 30 \text{ мкм}; h_{\text{т.чист.}} = 30 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл. 28};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення: $\Delta_{\Sigma \text{чист.}} = \Delta_{\text{заг.}} \cdot k_y$,

де k_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $k_y = 0,05$ [6], табл. 29

$$\Delta_{\Sigma \text{чист.}} = 30 \cdot 0,05 = 1,5 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки на оправку в центрах :

$$\varepsilon_{\text{у.чист.}} = 0$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чист.}} = 43 \text{ мкм.}$

4. Координатне розточування

$$R_{\Sigma \text{шліфчорн.}} = 10 \text{ мкм.}; h_{\text{шліф.чорн.}} = 20 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл.5};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення $\Delta_{\Sigma \text{шліф.чорн.}} = \Delta_{\Sigma \text{заг.}} \cdot k_y$,

де k_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $k_y = 0,04$ [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma \text{шліф.чорн.}} = 3 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чист.}} = 11 \text{ мкм.}$

Визначені величини елементів припуску заносимо в табл. 2.5.

Розрахунок припусків на оброблення поверхні Ø55H7

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	44	-		53,664	0,7	53,96	53,66		
Точіння чорнове	63	60	3	60	2×254	54,866	0,180	54,686	54,866	0,58	1,1
Точіння чистове	30	30	1	4	2×123	54,856	0,043	54,86	54,913	0,1	0,095
Координатне розточування	6,3	12	0	0	2×30	55,011	0,011	55,011	55	0,06	0,07
Всього										1,011	1,7

Знаходимо мінімальні припуски по переходам:

Точіння чорнове:

$$2Z_{\min.чорн.} = 2(80 + 100 + \sqrt{(44^2 + 60^2)} = 2 \times 254 \text{ мкм.}$$

розточування чистове:

$$2Z_{\min.чист.} = 2(63 + 50 + \sqrt{3^2 + 4^2}) = 2 \times 123 \text{ мкм.}$$

Координатне розточування:

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

Визначаємо розрахункові розміри і записуємо для кінцевого переходу у графу «розрахунковий розмір» найменший граничний розмір деталі:

$$D_p = 55 + 0,011 = 55,011 \text{ мм}$$

Визначаємо розрахункові розміри для всіх переходів. Для передостаннього переходу знаходимо розрахунковий розмір шляхом додавання до найменшого граничного розміру із креслення розрахункового припуску:

$$D_{p.к.розточ.} = 55 + 0,06 = 55,06 \text{ мм}$$

Послідовно знаходимо розрахункові розміри для кожного попереднього переходу шляхом віднімання від розрахованого розміру наступного за ним суміжного переходу розрахункового припуску:

$$D_{р. \text{точ.чист.}} = 55,06 - 0,122 = 54,938 \text{ мм};$$

$$D_{р. \text{точ.чорн.}} = 54,938 - 0,246 = 54,692 \text{ мм};$$

$$D_{р. \text{розр. заг.}} = 54,692 - 0,508 = 54,182 \text{ мм}$$

Фіксуємо найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округлюючи їх шляхом збільшення розрахункових розмірів:

$$D_{\text{нм дет.}} = 55 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм к. розточ.}} = 54,938 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм точ.чорн.}} = 54,692 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм загот.}} = 54,182 \text{ мм}$$

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

$$D_{\text{нб дет.}} = D_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 54,986 + 0,011 = 55,0 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб к. розточ.}} = D_{\text{нм к. розточ.}} + T_{\text{к. розточ.}} = 54,938 - 0,018 = 54,92 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чист.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} + T_{\text{точ.чист.}} = 54,92 - 0,043 = 54,877 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чорн.}} = D_{\text{нм точ.чорн.}} + T_{\text{точ.чорн.}} = 54,692 - 0,18 = 54,512 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб заг.}} = D_{\text{нм заг.}} + T_{\text{заг.}} = 54,182 - 0,7 = 53,482 \text{ мм.}$$

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

$$2Z_{\text{нб к.розточ.}} = D_{\text{нб к.розточ.}} - D_{\text{нб к.розточ.}} = 55,011 - 55 = 0,011 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб шл.чорн.}} = D_{\text{нб точ.чист.}} - D_{\text{нб шл.чорн.}} = 55,356 - 55,092 = 0,264 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб т.чист.}} = D_{\text{нб.точ.чорн.}} - D_{\text{нб точ.чист.}} = 55,866 - 55,356 = 0,51 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб.точ.чорн.}} = D_{\text{нб.заг.}} - D_{\text{нб точ.чорн.}} = 54,766 - 55,866 = -1,1 \text{ мм.}$$

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

$$2Z_{\text{нм к.розточ.}} = D_{\text{нм к.розточ.}} - D_{\text{нм к.розточ.}} = 55 - 54,937 = 0,063 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм шл.чорн.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} - D_{\text{нм шл.чорн.}} = 55,313 - 55,074 = 0,239 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нм т.чист.}} = D_{\text{нм.точ.чорн.}} - D_{\text{нм точ.чист.}} = 55,686 - 55,313 = 0,373 \text{ мм};$$

$$2Z_{нм.т. чорн..} = D_{нм.заг..} - D_{нм.точ.чорн..} = 56,96 - 55,686 = 1.274 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні найменші та найбільші припуски:

$$2Z_{нбзаг.} = 2Z_{нб к. розточ.} + 2Z_{нб шл. чорн.} + 2Z_{нб точ.чист.} + 2Z_{нб точ. чорн.};$$

$$2Z_{нбзаг} = 0,092 + 0,264 + 0,51 + 1,2 = 2,066 \text{ мм}$$

$$2Z_{нм. заг.} = 2Z_{нм к. розточ.} + 2Z_{нм шл. чорн.} + 2Z_{нм точ.чист.} + 2Z_{нм точ. чорн.}$$

$$2Z_{нм. заг.} = 0,037 + 0,039 + 0,373 + 1.274 = 1,723 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм заг.} + H_3 - H_0 ,$$

де H_3 – нижнє відхилення заготовки, $H_3 = 0,5$ мм;

H_0 – нижнє відхилення деталі, $H_0 = 0,063$ мм.

$$2Z_{ном.} = 1,723 + 0,5 - 0,063 = 2,16 \text{ мм}$$

Номінальний розмір заготовки:

$$D_{ном. заг.} = D_{ном. дет..} + 2Z_{ном} = 55 - 2,16 = 52,84 \text{ мм}$$

На базі розрахунку будуємо схему (рис.2.6) розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці поверхні $\text{Ø}55^{+0,011}$ мм.

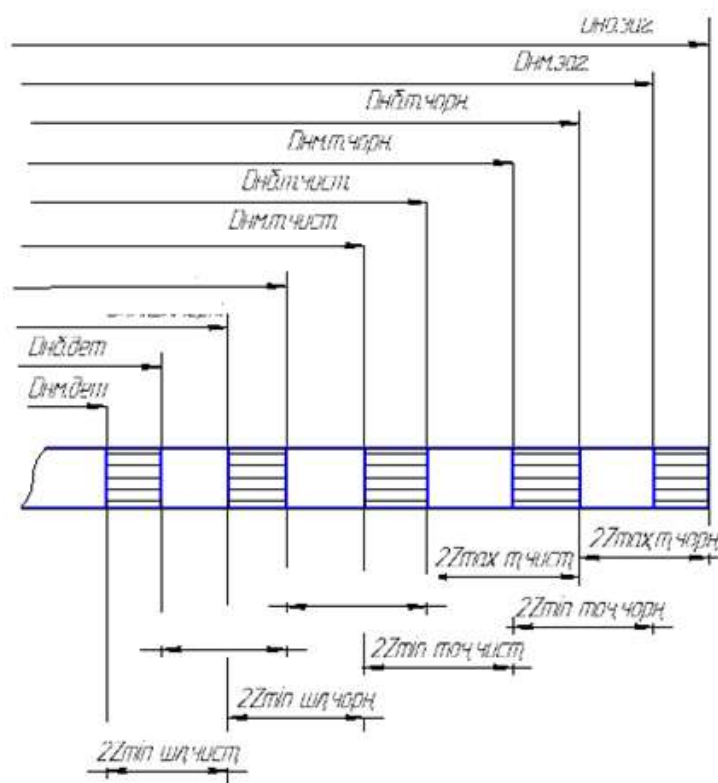


Рис. 2. 6 – Схема розміщення припусків, допусків, граничних розмірів при обробці поверхні $\text{Ø}55^{+0,011}$ мм

2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір $34h12(-0,15)$ мм

Маршрут обробки поверхні:

- підрізання правого торця;
- підрізання лівого торця.

Мінімальний припуск визначаємо за формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}),$$

де R_{zi-1} , – висота мікронерівностей, що утворилися на попередній опер;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні, що виникло на попередній операції, мкм; ε_{yi} – похибка установлення заготовки на виконуваному переході, мкм.

Розрахунок припусків проводимо в наступній послідовності дій [3].

Знаходимо величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}, h_{заг} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 1}$$

визначаємо за формулою: $\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k$,

де ρ_k – викривлення заготовки із-за деформації, $\rho_k = \Delta_k \cdot L$,

де Δ_k – питома кривизна заготовки, $\Delta_k = 1,0$ мкм/мм; [5], табл. 16

L – максимальний розмір заготовки, $L = 44$ мм;

$$\rho_k = 1 \cdot 44 = 44 \text{ мкм}; \Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k = 44 \text{ мкм}$$

Допуск розміру заготовки $T_{заг} = 1000$ мкм.

Точіння:

$$R_{z_{точ.}} = 50 \text{ мкм.}; h_{точ.} = 50 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 3.}$$

Величина просторових відхилень поверхні форми після виконання переходу механічного оброблення $\Delta_{\Sigma_{точ.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$,

де k_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $k_y = 0,06$ [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma l} = 100 \cdot 0,06 = 6 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки на оправці в центрах $\varepsilon_{yi} = 0$ мкм, [5],
табл.13.

Допуск переходу $T_{точ.} = 150$ мкм.

Визначені величини елементів припуску заносимо в табл. 2.6.

Знаходимо мінімальний припуск на точіння торця:

$$2Z_{i\ min.} = 2(50 + 100 + 44 + 0) = 2 \times 194 \text{ мкм.}$$

Установлюємо розрахункові розміри для всіх переходів. Для переходу, що передує останньому, знаходимо розрахунковий розмір шляхом додавання до найменшого граничного розміру із креслення розрахункового припуску

$$L_{розр.} = 44 - 0,150 = 43,85 \text{ мм.}$$

Для переходу, що передує кінцевому, розраховуємо розмір шляхом додавання до найменшого розрахункового розміру розрахункового припуску:

$$L_{розр. заг.} = 43,85 + 0,194 = 44,044 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші граничні розміри по всім технологічним переходам, округлюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів.

$$L_{нм\ дет.} = 43,85 \text{ мм;}$$

$$L_{нм\ заг.} = 44,044 \text{ мм;}$$

Таблиця 2.6

Розрахунок припусків на точіння торця в розмір 44_{.0,15} мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	44	-		44,044	1,00	44,5	44,9		
Точіння	50	50	3	60	2×194	43,85	0,15	43,85	44,0	0,75	0,9

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

$$L_{нб\ точ.} = L_{нм\ дет.} + T_{дет.} = 43,85 + 0,15 = 44 \text{ мм}$$

$$L_{нб\ заг.} = L_{нм\ заг.} + T_{заг.} = 44 + 0,75 = 44,75 \text{ мм}$$

Визначаємо найбільші припуски як різницю найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{нб} = L_{нб\ заг.} - L_{нб\ дет.} = 44,75 - 44 = 0,75 \text{ мм}$$

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

$$2Z_{нм} = L_{нм\ заг.} - L_{нм\ дет.} = 44 - 44,85 = 0,15 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунку за формулою:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = 2Z_{нб\ заг.} - 2Z_{нм\ заг.}$$

$$1,0 - 0,25 = 1,5 - 0,75 \text{ – розрахунок зроблено вірно.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм} + H_z - H_\delta,$$

де H_z – нижнє відхилення заготовки, $H_z = 0,50$ мм; H_δ – нижнє відхилення деталі, $H_\delta = 0,15$ мм.

На основі розрахунку будемо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торця заготовки у розмір $44_{-0,15}$ мм. (рис. 2.7).

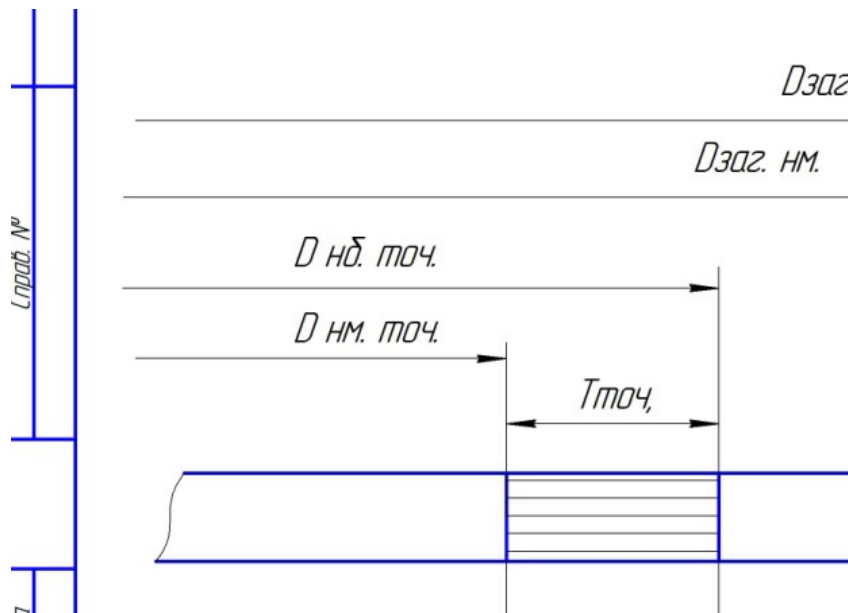


Рис. 2.7 – Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торців деталі в розмір $44_{-0,15}$ мм.

2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання

Оброблення поверхонь деталі здійснюється як на універсальному обладнанні так і з числовою системою керування. Обробка торців, отвору, фасонної поверхні (контурна обробка) здійснюється на токарному верстаті. Чистова обробка отвору $\text{Ø}55^{+0,011}$ здійснюється на розточувальному верстаті. Чорнова обробка циліндричних поверхонь здійснюється на універсальному обладнанні. обробка отворів $\text{Ø}40$ здійснюється на свердлувальному верстаті з використанням спеціального оснащення. Режими різання розраховуємо за загальноприйнятою методикою [6].

Контурну обробку поверхонь виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі CORMAK CK7150 LT12, рис. 2.8.

Використовуються інструменти, що оснащені пластинками Sandvik Coromant.



Рис. 2.8 – Токарний верстат мод. CORMAK CK7150 LT12

Технічні характеристики верстата приведені у табл. 2.8

Технічні характеристики верстата мод. CORMAK CK7150 LT12

Найменування параметра	Одиниця вим.	Величина
Максимальний діаметр точіння над станиною	мм	380
Максимальний діаметр точіння над супортом	мм	320
Максимальна довжина обробки	мм	750
Діаметр отвору в шпинделі	мм	90
Величина робочого переміщення по осі X	мм	356
Величина робочого переміщення по осі	мм	750
Максимальна швидкість холостого переміщень	м / хв.	8...10
Максимально допустиме зусилля по осі X	кН	14,68
Максимально допустиме зусилля по осі	кН	14,68
Тип інструментального револьвера		VDI
Кількість позицій в револьвері		10
Перетин державки різців	мм	25x25
Час зміни інструменту	сек.	0,5
Точність позиціонування супорта	мм	± 0,005
Повторюваність позиціонування супорта	мм	± 0,0025
Частота обертання шпинделя	об / хв	6000
Максимальна потужність приводу головного руху	кВт	11,0
Габаритні розміри верстата (довжина × ширина × висота)	мм	2050x1520x 1750
Маса верстата	кг	3150

Режими різання визначаємо в середовищі програмного продукту, розробленого фірмою Sandvik Coromant – Coro Plus Tool Guide та традиційним методом – за емпіричними формулами.

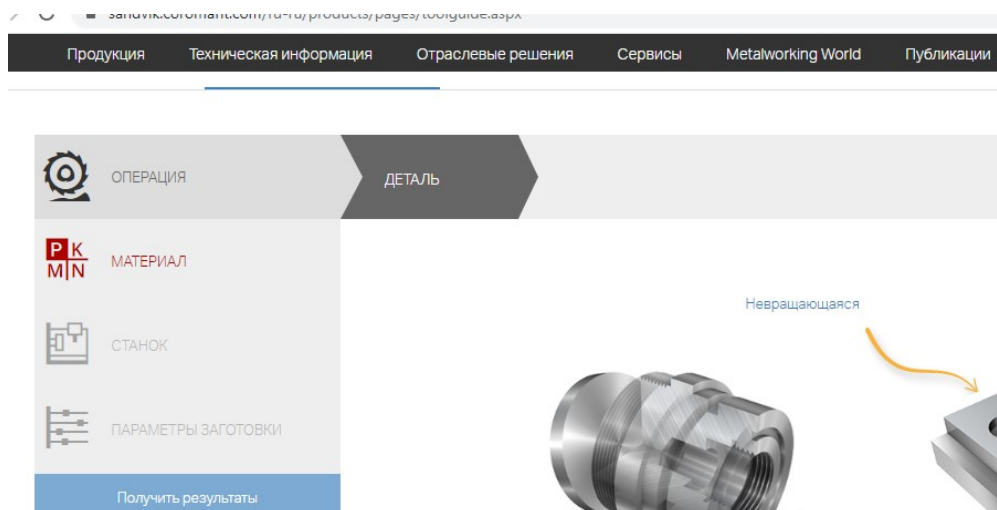
Матеріал деталі сталь 40X за класифікацією Sandvik Coromant належить до сталей групи – леговані сталі феритного класу, вміст хрому у сталі не вище 1,2%.

Оброблюваність сталі залежить від вмісту легуючих елементів, термообробки і методу отримання заготовки (поковка, лиття та ін.)

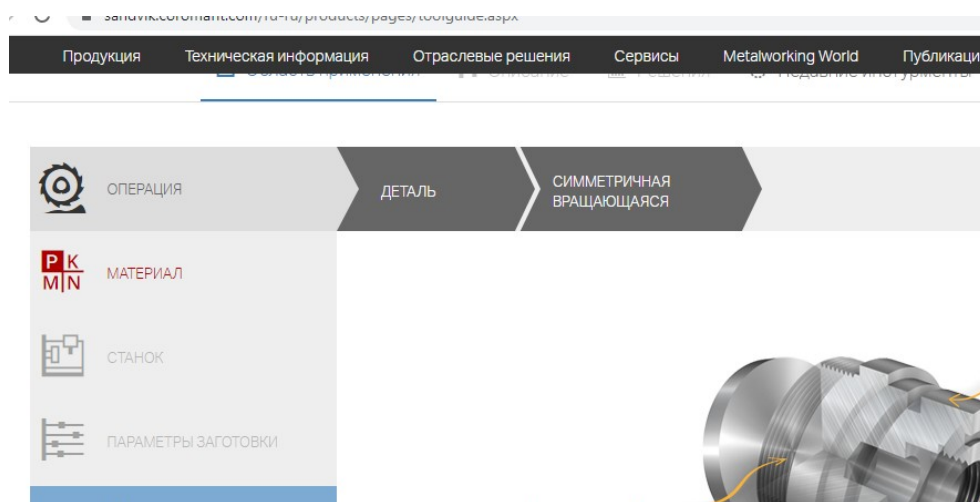
Як правило, оброблюваність погіршується в міру збільшення вмісту легуючих елементів.

Послідовність вибору режимів різання в Coro Plus Tool Guide:

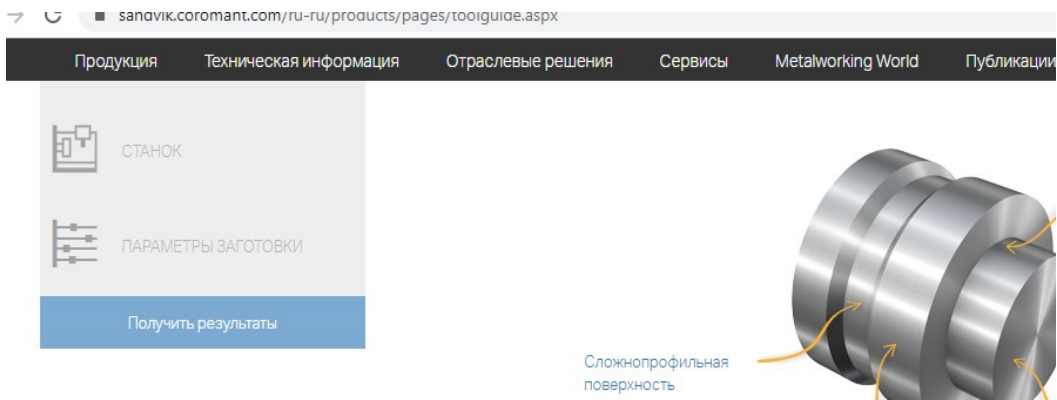
1. Визначаємо вид деталі, що обробляється: якщо тіло обертання то обирається схема (точіння/розточування).



2. Визначається вид обробки



3. Вибирається вид поверхні, яка обробляється



4. Після вибору виду поверхні у розрахункову форму вводяться параметри поверхні та марка матеріалу.

2.8.1 Визначення режимів різання для точіння уступів та торця Coro Plus Tool Guide

1. Підрізання торця

Інструмент – різець CoroTurn TR SRDCN 2022K 10-A, оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-N7 222

Встановлено:

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 165 \text{ м/хв}$	$s = 0,25 \text{ мм/об}$	$t = 1 \text{ мм}$

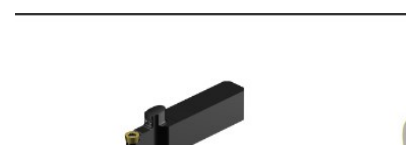


2.8.2 Чорнове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn TR QS-SRDCN 202025-10XC, оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-N7 222

Встановлено:

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 150 \text{ м/хв}$	$s = 0,385 \text{ мм/об}$	$t = 1 \text{ мм}$



2.8.3 Чистове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn TR G4-TR-V13HBR-27050C, оснащений пластиною TR-VB308-F 1125.

Встановлено:

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 240$ м/хв	$s = 0,18$ мм/об	$t = 0.2$ мм



2.8.4 Чистове точіння фасонного профілю деталі

Інструмент – різець Coro Cut N1230 15-25A2, оснащений пластиною N12302-0150-0002-СМ 1125.

Встановлено:

Швидкість різання	Подача	Глибина різання
$v = 190$ м/хв	$s = 0,1$ мм/об	$t = 0.15$ мм



2.8.5 Аналітичний розрахунок режимів різання при свердлуванні отворів

Устаткування – Свердлувальний верстат мод. 2A135.

Інструмент – свердло спіральне, Ø12,0 мм, Р6М5, ДСТУ 14952:2015. [6]

Глибина різання при свердлуванні отвору:

$$t = D/2 = 12/2 = 6 \text{ мм.}$$

де D – максимальний діаметр оброблюваної поверхні, мм, $D = 12$ мм

Подача на оберт $S_o = 0,25$ мм/об [6], табл.25.

Визначаємо швидкість різання згідно формули:

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

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

Знаходимо період стійкості інструмента: $T = 45$ хв. [6], табл.30.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v},$$

де K_{M_v} - коефіцієнт, що ураховує характеристики оброблюваного матеріалу заготовки:

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

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

K_{U_v} – коефіцієнт, що ураховує характеристики матеріалу інструменту,

$K_{U_v} = 1,0$ [6], табл. 15; K_{L_v} – коефіцієнт, що враховує глибину обробки, $K_{L_v} = 1,0$;

[6], табл.6.

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

$$V = \frac{6,8}{25^{0,2}} \frac{12,0^{0,4}}{0,1^{0,7}} 1,2 = 29,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000}{3,14} \frac{29,3}{12} = 640 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо $n = 630$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 630}{1000} = 23,73 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо момент різання:

$$M = 10 C_M D^q S^y K_p,$$

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

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

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

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2,0^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,93 = 9,8 \text{ Н м}$$

Знаходимо потужність різання, кВт:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{9.81 \cdot 630}{9750} = 0,64 \text{ кВт.}$$

Дане значення потужності різання повинне відповідати умові

$$N \leq 1,2 \cdot N_{\phi} \cdot \eta.$$

де N_{ϕ} - потужність двигуна верстата, кВт; η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,75$;

11 $0,75 \cdot 1,2 > 0,64$ – умова забезпечення потужності виконується.

Машинний час обробки отвору:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n},$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу; $L_{p.x.} = L_{piz.} + y$,

де $L_{piz.}$ – глибина різання, $L_{piz.} = 8$ мм, y – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту. $y = 10$ мм [7], с.303.

$$T_o = 18/0,1 \cdot 630 = 1,2 \text{ хв}$$

2.8.6 Аналітичний розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отвору $\phi 40$

Обробка ведеться на свердлувальному верстаті мод. 2A135. Ріжучий інструмент свердло $\phi 40$ мм. з швидкорізальної сталі Р6М5.

Визначаємо глибину різання:

$$t = (D-d)/2 = (40-12)/2 = 14 \text{ мм.}$$

Подача при свердлінні отворів без обмежуючих факторів обирається максимально допустимою: $S = 0.2$ мм/об., [4, с. 277, табл. 25].

Швидкість різання визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$$

де коефіцієнт $C_v = 9,8$ і показники ступеню $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$ [4, с. 278, табл.. 28], T – період стійкості інструменту $T = 45$ [4, с. 279, табл.. 30], K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{lv}$$

де K_{Mv} – коефіцієнт на матеріал що обробляється [4, с. 261, табл. 1, табл.2]

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{nv}$$

K_{Iv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал $K_{Iv} = 1$ [4, с. 263, табл. 6],

K_{lv} – коефіцієнт враховуючий глибину свердлення $K_{lv} = 1$ [4, с. 280, табл. 31]

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{430} \right)^{-0,9} = 0,6$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6$$

$$v = \frac{9,8}{45^{0,2}} \frac{12,5^{0,4}}{0,25^{0,5}} 0,6 = 13,51$$

Число обертів шпинделя:

$$n = 1000v / \pi D = 1000 \cdot 13,51 / 3,14 \cdot 40 = 64 \text{ об/хв}$$

Згідно до паспорту верстата приймаємо $n = 63$ об/хв

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 63}{1000} = 7,9 \text{ м/хв}$$

Кругний момент розраховується за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p$$

де K_p та C_M - довідникові коефіцієнти, q та y - показники степені.

$C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ [4, с. 281, табл. 32]

Коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки, що оброблюється та визначається із виразу:

$$K_p = K_{mp}$$

Значення коефіцієнта K_{mp} приведені у [4, с. 264, табл. 9]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n, n = 1$$

$$K_{MP} = \left(\frac{430}{750} \right)^1 = 0,57$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 40^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,57 = 60 \text{ Нм}$$

Осьова сила P_o , Н визначається за формулою;

$$P_o = 10 C_p D^q s^y K_p$$

де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$. [4, с. 281, табл. 32]

$K_p = K_{MP}$ і рівний значенню K_{MP} для крутного моменту:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 40^1 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,57 = 4280 \text{ Нм}$$

Потужність різання N , кВт визначається за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{60 \cdot 63}{9750} = 4 \text{ кВт}$$

де n – частота обертання інструмента.

Розрахунок основного машинного часу обробки T_m , хв.

$$T_m = \frac{L_{px}}{n s_o}$$

$$L_{px} = 10 + 8 = 18 \text{ мм}$$

$$T_m = \frac{18}{63 \cdot 0,2} = 1,45 \text{ хв.}$$

2.8.7 Визначення режимів різання при обробці деталі «Блок 250»

Режими різання по всім переходам обробки деталі «Блок 250». зводимо у табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Режими різання при обробці деталі «Блок 250»

№ оп.	2. Зміст операції	t_r , мм	S_o , мм/об	$S_{хв.}$, мм/х в	$V_{o.}$, м/хв	n_o , об/хв	L_p , мм	t_o , хв.	
1	2	3	4	6	7	8	9	10	
005	<u>Токарна</u> 1.Підрізати торець	1,5	0,25	40	125	160	100	0,45	
	2.Розточити отв. Ø55H7	0,5	0,2	70	61,3	355	40	1,75	
	2.Розточити отв. Ø54,6 (Ø55H7) начисто	0,25	0,2	70	61,3	355	40	1,75	
010	Координатно-розточна Розточити отв. Ø55H7 начисто	0,1	0,1	35,5	61,3	355	40	3,5	
015	<u>Токарна з ЧПК</u> 1.Точити зовнішні поверхні по контуру, начорно	1,0	0,385	-	150	-	-	3,2	
	2.Точити зовнішні поверхні по контуру начисто з припуском по фасонній поверхні 0,2 мм	0,1	0,15	-	190	-	-	1,75	
020	Термічна СВЧ								
025	Круглошліфувальна Шліфувати профільну поверхню начисто	0,1	-	-	2200	35	48	2,2	
030	Свердлувальна ЧПК 1. Свердлити отв. Ø12	6	0,25	157	23,7	630	18	0,12	
	2. Розсвердлити отв. Ø40	14	0,2	12,6	9,7	63	18	1,5	
035	Слюсарна								2
040	Балансувальна								5
045	Контрольна								2

2.9 Написання програми для токарного оброблення деталі «Блок» з використанням середовища Esprit

Алгоритм написання програми для контурної обробки деталі «Блок» виконується наступним чином:

1. Створюється 3D модель деталі з використанням SolidWorks та імпортується в середовище Esprit.
2. Проводиться розпізнавання елементів профілю деталі «Блок».
3. Здійснюється вибір інструменту та його параметрів.
4. Здійснюється вибір типу оброблення.
5. Розрахунок режимів різання.
6. Трасування траєкторії руху інструмента.
7. Вивід згенерованої програми для обробки.
8. Фрагмент програми обробки деталі блок в редакторі ESPRIT наведено нижче:

```
O0000
( )
(<< COMPANY_TAEGUTEC >>)
(<< ESPRIT_VERSION_ >>)
( DATA_YEAR_TIME_ )
(26.12.2021 19:34:41)
(<< POSTPROCESSOR_FANUC_HAAS_LATHE_ZK_ONLY>>)
(<< CONTROLLER- FANUC_HAAS >>)
N0001 G21
N0002 M09
N0003 G00
N0004 T0302
( TOOL_ T0003 )
N0005 G97 S849 M03
N0006 G00 G54 X250.0 Z125.0 M08
N0007 G50 S4500
N0008 G96 S120
N0009 G99
N0010 X20.811 Z1.0
N0011 G01 X-6.0 F0.1
N0012 G01 Z2.0
N0013 G00 X20.811
N0014 Z0
N0015 G01 X-6.0
N0016 G01 Z1.0
N0017 G99
N0018 G50 S4500
N0019 G96 S120 M03
N0020 G00 X13.0 Z4.6
N0021 G01 Z-33.196
N0022 G01 X15.0
N0023 G00 Z4.6
N0024 X11.0
N0025 G01 Z-18.629
```

Рис. 2.9 – Фрагмент керуючої програми обробки деталі «Блок 250» в середовищі ESPRIT

2.10. Нормування витрат часу механічної обробки деталі «Блок 250»

За умов серійного виробництва розраховуємо норми штучно-калькуляційного часу $T_{шт.к.}$

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

де $T_{шт}$ – штучний час обробки деталі, хв.;

$$T_{шт} = T_o + T_\delta + T_{обс.} + T_{відп.},$$

де T_o – машинний час, хв.; T_δ – допоміжний час обробки, хв.;

Допоміжний час розраховується:

$$T_\delta = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим},$$

де $T_{вст}$ – час зняття та установки деталі, хв.;

$T_{з.о}$ – час розкріплення та закріплення деталі, хв.

$T_{кер}$ – час, відведений на прийоми керування верстатом, хв.

$T_{вим}$ – час контролю (вимірювання) розмірів деталі, хв.

$T_{обс.}$ – час, враховуючий обслуговування робочого місця, хв.

$T_{відп.}$ – необхідний час на відпочинок, хв.

$T_{н.з.}$ – підготовчо-заключний час обробки, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.; t_3 – число днів, що враховують запас, $t_3 = 12$; $\Phi = 254$ число робочих днів на рік.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,4 \text{ шт.}, \text{ приймаємо } 50 \text{ шт.}$$

2.10.1. Розрахунок норм часу на операцію 005 – Токарна

Основний час $T_o = 3$ хв.

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

Визначаємо час на установку та зняття деталі

де $(T_{вст} + T_{з.о})$ – час на установку деталі в цангу та її затиск, $T_{вст} + T_{з.о} = 0,55$ хв [3] с.199.

$T_{кер}$ – час, що включає прийоми керування, і складається з часу на вмикання верстата - 0,01 хв; часу переміщення супорта в напрямку Z – 0,06 хв.; часу переміщення супорта в напрямку Y – 0,06 хв.; часу підведення ріжучого інструменту до деталі – 0,08 хв. [3], с.202...203.

Тоді $T_{кер} = 0.01 + 0.06 + 0,06 + 0.08 = 0.21$ хв.

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

$$T_{\partial} = (0.22 + 0,21 + 0,20) \times 1,85 = 1,092 \text{ хв.}$$

Час оперативний $T_{он.} = T_o + T_{\partial}$

$$T_{он.} = 3 + 1,092 = 4,092 \text{ хв.}$$

Час, враховуючий витрати на відпочинок та обслуговування робочого місця:

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

де $P_{об.від}$ – норматив часу для обслуговування робочого місця, природні потреби і відпочинок для серійного виробництва; $P_{об.від} = 6\%$, [1], с.215.

$$T_{об} + T_{від} = 6/100 \times (3 + 1,092) = 0,015 \text{ хв.}$$

Час штучний $T_{ум} = 4,092 + 0,015 = 4,17$ хв.

Час підготовчо-заключний включає час на встановлення пристрою та наладку верстата $T_{н.-з.} = 16$ хв.; часу для отримання інструменту $T_{н.-з.} = 2$ хв.; час, що враховує додаткові прийоми $T_{н.-з.} = 14$ хв.

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

Час штучно-калькуляційний на операцію $T_{ум.-к} = 4,17 + 32/1000 = 4,2$ хв.

Норми часу для інших операцій механічного оброблення деталі «Блок 250» розраховуємо аналогічно та зводимо у табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Нормування часу на обробку деталі «Блок 250»

№ оп.	Назва операції	$T_{o.}$, хв	$T_{дод.}$, хв.			$T_{оп.}$, хв	$T_{обс.-від.}$, хв	$T_{шт.}$, хв	$T_{п-з}$, хв	N, шт	$T_{шт-к}$, хв
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	Токарна	4	0,22	0,21	0,20	5,092	0,15	5,17	32	1000	5,2
010	<u>Координатно-розточна</u>	3,5	0,25	0,2	0,4	5,06	0,2	5,26	28	1000	5,3
015	Токарна з ЧПК(чорнова)	3,2	1,5	0,8	0,20	7,8	0,2	8,0	32	1000	8,03
	Чистова	2,2	1,2	0,4	0,3	5,7	0,2	5,9	28	1000	5,95
020	Термічна СВЧ										2
025	Кругло-шліфувальна	2,2	0,3	0,3	0,2	3,65	0,25	3,9	24	1000	3,95
030	Свердлувальна ЧПК	2,1	2,4	1,2	-	8,8	0,3	9,1	35	1000	9,15
	Розсверд-ння	9	0,2	0,20	-	9,75	0,75	10,5	32	1000	10,55
035	Слюсарна										2
040	Балансувальна										5
045	Контрольна										2
											59,2

2.11 Оформлення технологічної документації

На розроблений технологічний процес комплект технологічної документації наведений в додатках (додаток Б).

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлування шести отворів $\text{Ø}40\text{мм}$

Для обробки отворів $\text{Ø}40\text{мм}$ вибираємо схему базування [6] при якій заготовка встановлюється на внутрішню циліндричну поверхню $\text{Ø}55\text{H}7$ мм з упором в торець та затиском зверху.

Схема базування заготовки наведена на рис. 3.1.

Базування по внутрішній циліндричній поверхні залишає заготовку 3-х степеней вільності. Упор в торець та затиск зверху з необхідним зусиллям унеможливають поворот заготовки відносно осі за рахунок сил тертя. Таким чином заготовка обмежена від переміщення в просторі за всіма можливими напрямками.

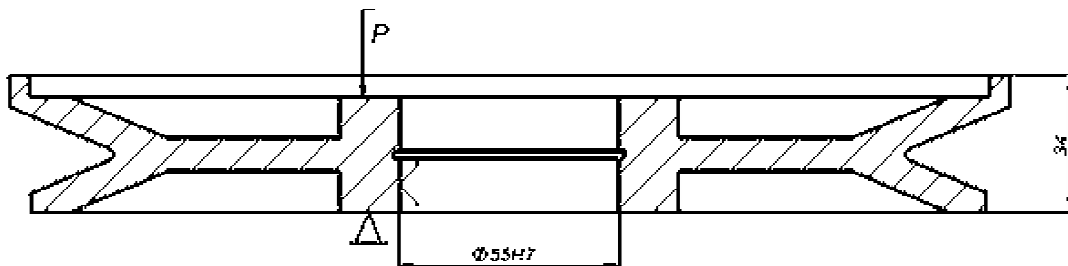


Рис. 3.1. Схема базування заготовки

Заготовка базується по внутрішній циліндричній поверхні $\text{Ø}55\text{H}7$ мм. Базування по торцю забезпечується упором в плоску поверхню.

3.1.1. Розрахунок пристрою на точність

При обробленні 6-ти отворів застосовуємо верстатний пристрій з механічним затиском, що дозволить обробити отвори з одного установа з мінімальною похибкою розташування поверхонь. Необхідно досягнути точності положення центр. отв. відносно осі заготовки та їх позиціонування.

Для забезпечення необхідної точності оброблення, пристрій має забезпечуватись умова:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$$

де $\varepsilon_{\text{доп.}}$ – допустима сумарна похибка:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega;$$

де T – допуск на розмір по довжині розміщення отвору, $T = 200$ мкм;

ω – точність оброблення, що забезпечує свердлувальний верстат з ЧПК мод. Cormak ZX7055.

$$\omega = 0,01 \text{ мм};$$

k – попр. Коефіцієнт, що враховує точність оброблення, $k = 1,0 \dots 1,1$ [11].

Приймаємо $k = 1,1$. Тоді:

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

ε_y – похибка, що характеризує встановлення заготовки в пристрій. Обробка отвору $\varnothing 40$ виконується наскрізь за два переходи. Технологічна та вимірювальна бази співпадають, тому $\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} = 0$;

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

3.1.2. Розрахунок сили затиску

Схема прикладання зусиль, що діють на заготовку при затиску, показана на рис. 3.1.

При обробленні отвору $\varnothing 40$ мм діють: момент від сил різання при свердлуванні M_P ; осьова сила різання P_o , момент сил тертя M_{T1} між торцевою поверхнею заготовки та опорною поверхнею плоского затиску.

Під дією суми моментів заготовка повинна знаходитись у положенні рівноваги. Умова рівноваги заготовки:

$$M_{T1} + M_{T2} \geq kM_p,$$

де M_{T1} – момент тертя, що виникає на торцевій поверхні заготовки, розраховується за формулою:

$$M_{T1} = F_{T1} \cdot \frac{D}{2},$$

де F_{T1} – сила тертя, що діє на опорній поверхні заготовки між торцевою поверхнею заготовки та плоскою поверхнею затиску, Н м;

$$F_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1;$$

f_1 – коефіцієнт тертя, що діє на поверхні затиску, $f_1 = 0,1$;

D – діаметр заготовки, $D = 250$ мм,

P_o – сила різання, що діє вздовж вісі при свердлуванні $P_o = 4280$ Н, тоді;

$$M_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2},$$

M_{T2} – момент тертя на опорних верхнях, розраховується за формулою:

$$M_{T2} = 4F_{T2} \cdot \frac{D}{2},$$

де F_{T2} – сила тертя, що діє на опорній поверхні,

f_2 – коефіцієнт тертя, що діє на опорній поверхні, $f_2 = 0,1$ [13];

D_1 – діаметр заготовки, тоді:

$$M_{T2} = 4f_2 \left(\frac{Q + P_o}{2} \right) \frac{D_1}{2}$$

$D_1 = 250$ мм.

k – коефіцієнт запасу, [13], с.266

Коефіцієнт запасу визначається із формули:

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

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$;

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

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від спрацювання ріжучого інструменту, $k_2 = 1,0$ [13], с.267;

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

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

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність положення рукояток керування у пристроєві; $k_5 = 1,0$ [13], с.268

k_6 – коефіцієнт, що залежить від моментів, що повертають заготовку щодо опор, $k_6 = 1,2$ [13], с.268.

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

M_p – момент різання при свердлуванні отвору $\varnothing 40$ мм, $M_p = 60$ Н м.

$$(Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} + 4 \left(f_2 \cdot \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right) \cdot \frac{D_1}{2} \geq k M_p$$

Зусилля затиску Q :

$$Q = \frac{(2kM_p / D - P_o)(f_1 + 2f_2 \cdot \cos \alpha / 2)}{(f_1 + 2f_2 \cdot \cos \alpha / 2)} = \frac{(2 \cdot 1,8 \cdot 5.85) / 0,13 - 346,5 \cdot (0,1 + 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ)}{0,13 \cdot (0,1 + 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ)}$$

$$= 3600 \text{ Н.}$$

Зусилля затиску Q утворюється плоским затиском, який переміщується вниз по циліндричній поверхні напрямного пальця при закручуванні гайки.

Схема затиску в пристрої приведена на рис. 3.2.

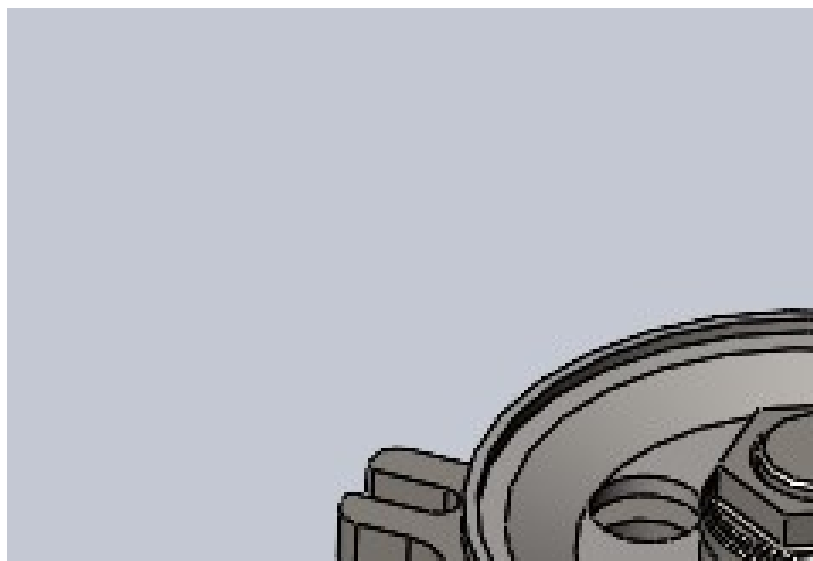


Рис. 3.2 – Модель верстатного пристрою для свердління отворів

Крутний момент, що виникає на гайці, розраховується із формули:

$$M = (W \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} + q) \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{np}),$$

де l_2, l_1 – плечі важеля, приймаємо $l_1 = 90$ мм, $l_2 = 90$ мм; $\alpha = 20^\circ$;

q – зусилля зворотної пружини, що повертає плоский затиск у початкове положення, приймаємо; d_{cp} – діаметр різьби середній, який становить 48 мм;

α – кут підйому різьби, $\alpha = 2^\circ 56'$ [], с.;

φ_{np} – кут тертя в різьбі, ($tg\varphi_{np}$ – коефіцієнт тертя приведений для профілю метричної різьби), $tg(\alpha + \varphi_{np}) = 0,1521$ [12]; $Q = W = 3600$ Н.

$$M = (1438 \cdot \frac{90 + 90}{90} + 100) \cdot \frac{20}{2} \cdot 0,1521 = 17000 \text{ Н мм.}$$

При стандартній довжині ключа гайкового $L = 400$ мм, зусилля, що має прикладатися до ключа, буде дорівнювати:

$$P = \frac{M}{L} = \frac{17000}{400} = 42,5 \text{ Н}$$

3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Перевіряємо на міцність різьбове з'єднання, за допомогою якого плоский затиск встановлюється на шпильці. Умова міцності різьби:

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

де d_1 – діаметр різьби внутрішній, $d_1 = 20$ мм;

$[\sigma_p]$ – напруження при розтязі, що допусткається, $[\sigma_p] = 60$ МПа.

$$\underline{\text{пруження пї}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3600}{3,14 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,009 \text{ м}$$

$d_{1,розр} < d_1$ – умова міцності забезпечується.

3.1.4 Опис конструкції та принцип роботи пристрою

Верстатний пристрій для свердлування 6-ти отворів $\varnothing 40$ мм в деталі з торця складається із базової основи з напрямним пальцем та провушинами для базування та фіксації пристрою на столі верстата із Т – подібними пазами, що мають ширину 20 мм. На верхній, опорній площині плити в центрі розташований напрямний палець $\varnothing 55H7$ мм. Для затиску заготовки використовується механічний затиск з торця за допомогою різьбового з'єднання. При закручуванні гайки шайба притискає торець деталі й виконує затиск. При відкручуванні гайки деталь звільняється.

Дослідження системи пристрій-деталь на жорсткість в середовищі solidworks simulation (рис. 3.3) підтвердили його працездатність.

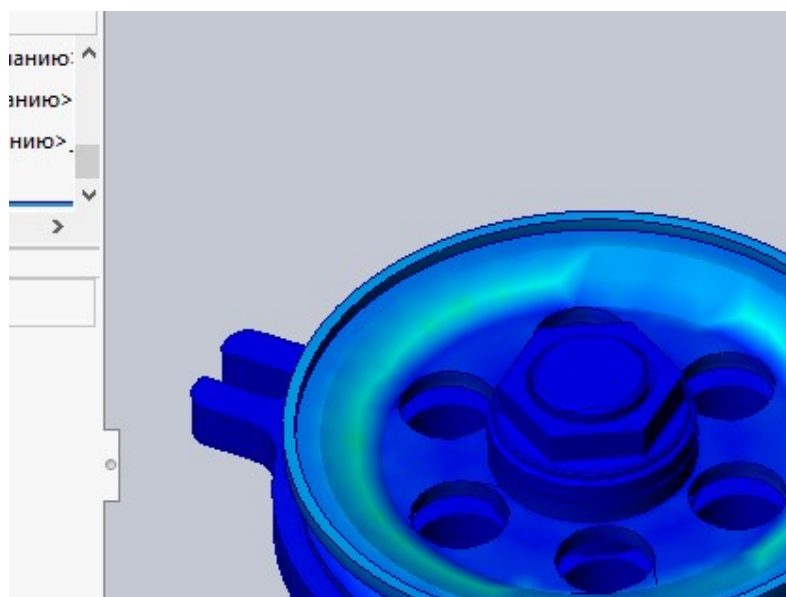


Рис. 3.3 – Дослідження верстатного пристрою для свердління отворів

3.2 Проектування контрольно-вимірального пристрою

3.2.1 Вибір схеми вимірювання

Згідно технічних вимог до деталі «Блок 250» необхідно контролювати радіальне биття фасонної поверхні відносно бази А – не більше 0,03 мм.

Для контролю відхилення фасонної поверхні вибираємо схему вимірювання, наведену на рис. 3.4.

Рис. 3.4– Схема контролю радіального биття

Операція контролю відхилень радіального биття здійснюється наступним чином. Деталь встановлюється на спеціальній оправці в центра. Биття контрольованої поверхні здійснюється за допомогою індикатора часового типу, що закріплений у стійці. Попередньо індикатор встановлюється на «0». При обертанні деталі навколо власної вісі індикатор фіксує переміщення наконечника, що відображає фактичне радіальне биття $\Delta 1$.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Рекомендації до зменшення рівня небезпеки на виробництві

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Охорона праці є складовою низки фундаментальних прав людини, визначених Конституцією та Законами України.

Повністю безпечних та нешкідливих умов праці не існує. Виробниче середовище завжди характеризується наявністю певних ризиків для здоров'я людини.

Складні виробничі умови, пожежі, аварії та інші причини призводять до того, що в світі на виробництві щорічно реєструється до 50 млн. нещасних випадків, внаслідок яких гине більш ніж 250 тис. працездатного населення та щосекунди травмуються 2 людини.

Внаслідок несприятливих умов праці в Україні щорічно виявляється від 5 до 8 тис. професійних захворювань. Крім того, шкідливі чинники виробничого середовища є причиною виникнення різноманітних загальних захворювань. Останнім часом в Україні поступово зменшується кількість нещасних випадків та зумовлених ними травмувань. Також спостерігаються негативні тенденції зростання професійних захворювань, що пов'язано з подальшим погіршенням умов праці, старінням та зношеністю виробничих фондів.

Незважаючи на значну тенденцію зниження виробничого травматизму в цілому по Україні (у порівнянні з попередніми роками), рівень травматизму в машинобудівній галузі залишається на досить високому рівні (рис. 4.1).

На гістограмі наочно показано динаміку виробничого травматизму в машинобудуванні [10].

Найпоширенішою організаційною причиною травматизму є ігнорування

вимог інструкцій з охорони праці – 31-41 % від загальної кількості усіх травмованих осіб.

Друге місце посідають такі порушення, як невиконання посадових обов'язків (9-15 %). З психофізіологічних причин найпоширенішою є особиста необережність та необачність потерпілого – близько 13,3-20 % випадків [10].

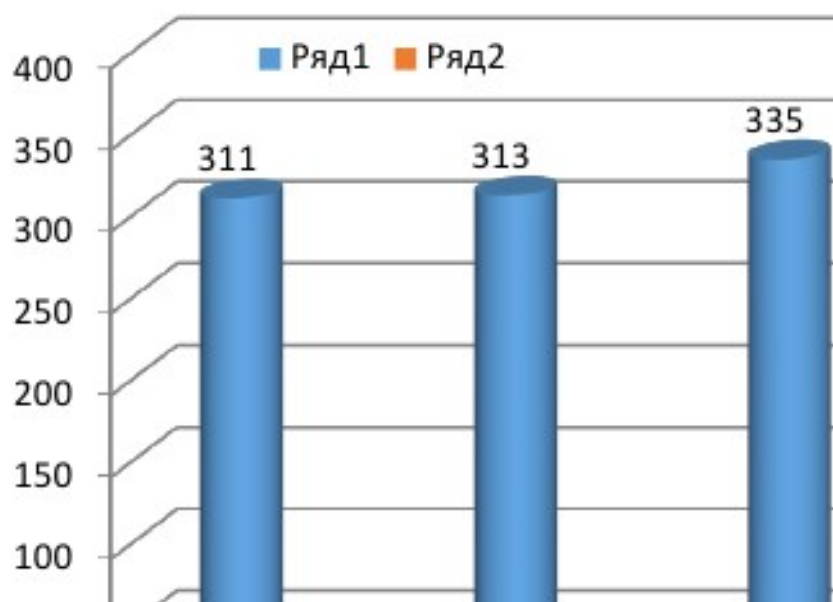


Рис.4.1 – Кількість потерпілих працівників в галузі машинобудування через нещасні випадки – ряд 1; з летальним наслідком – ряд 2

Аналіз нещасних випадків на виробництві показав, що основними їх причинами є організаційні (до 60%), низький рівень управління, відсутність необхідних знань з охорони праці, умінь та навичок безпечної праці, належного контролю за станом виробничого середовища.

Високого рівня безпеки неможливо досягнути, без участі працівників, їх свідомого ставлення до власної безпеки та безпеки оточуючих.

Таким чином загальний рівень безпеки на виробництві є суспільним надбанням, що характеризує об'єкт в цілому.

Відповідно до наказу №246 МОЗ України «Про порядок проведення медичного огляду працівників» допускаються працівники, що пройшли медичний огляд і не мають протипоказань.

Всі працівники без виключень повинні пройти відповідне навчання та інструктаж з питань техніки безпеки та охорони праці.

При роботі за верстатами оператори знаходяться в просторі постійної або періодичної дії чинників, що несуть небезпеку для життя і здоров'я людини. Небезпечними є рухомі робочі органи технологічного обладнання (планшайби, ріжучий інструмент, стружка, рухомі столи верстатів, ремінні та ланцюгові передачі конвеєрів, органи підйомно-транспортних машин і т.д.)

Небезпечними явищами також є шум, вібрації, ультразвук, шкідливі випари газів, які можуть виникати під час технологічного процесу. При експлуатації технологічного обладнання передбачають застосування засобів колективного та індивідуального захисту:

- контроль повітряного середовища виробничих приміщень;
- дотримання показників освітлення виробничих приміщень та робочих місць;
- засоби захисту від впливу випромінювань, шуму, вібрації, ураження електричним струмом, а також від впливу хімічних, механічних, біологічних чинників;
- контроль стану засобів індивідуального захисту: (ізолюючі костюми, засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг та взуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху і т. д.).

4.2 Аналіз випадкового збігу факторів, що призводять до травматизму та нещасних випадків

У виробничих цехах під час виготовлення продукції небезпечні ситуації періодично виникають із-за умови, що працівник опинився у небезпечній зоні чи в околі миттєво-утвореного збігу небезпечних умов, які

виникли за наявних небезпечних чинників за певних обставин. Як результат, виникають реальні загрози життю та здоров'ю від небезпечних чинників аварійної ситуації.

Виробничі процеси машинобудівного підприємства містять зони підвищеної безпеки й характеризуються наявністю небезпечних чинників.

Небезпечні ситуації, що виникають у виробничих цехах можна згрупувати.

Під час механічних операцій (точіння, свердління, обрізання, фрезерування, пресування та ін.), працівник перебуває у небезпечній зоні зі значною кількістю небезпечних чинників. Допустивши помилкову дію, як наслідок, за різних умов, можуть виникнути небезпечні обставини, що знайшли відображення в аналітичній моделі рис.4.2.

розточування рукавів, перевірки роботоздатності гід



Рис. 4.2 – Аналітична блок-схема процесу утворення можливих небезпечних, аварійних ситуацій у машинобудівній галузі

В ході розвитку подій за певних обставин може виникнути одна або декілька небезпечних ситуацій, наслідками яких є: аварія, травма або ситуація без наслідків. При гіршому розвитку подій під впливом додаткових небезпечних чинників формуються передумови до виникнення катастрофи.

4.3 Аналіз та графічне моделювання травмонебезпечних ситуацій на машинобудівному підприємстві

Графічне моделювання небезпечних ситуацій на виробництві дає змогу встановлювати основні небезпеки і розробляти профілактичні заходи. Під час проведення робіт у механічному, інструментальному, складальному, ремонтному та інших цехах такі події, як травми чи аварії мають подібні схеми виникнення. Для аналізу інформаційних потоків й оцінки явищ розробляють графічні схеми-моделі (рис. 4.3).

Розроблена графічна схема-модель небезпечної ситуації (для випадку, коли небезпечна умова або дія є основними) об'єднує множину варіантів розвитку подій (рис.4.3) або їх комбінації.

В роботі розглянуто модель на робочому місці при відпрацюванні операцій технологічного процесу 010 – координатно-розточувальна та 025– круглошліфувальна.

Наприклад, на робочому місці біля розточувального верстата є одна небезпечна умова, яка може безпосередньо призвести до небезпечної ситуації.

Схема подій у такому випадку матиме вигляд: НУ → НС → Аварія, травма, або завершення без наслідків (А, Т, БН). Така схема започаткування ситуації може бути під час падіння заготовки, габаритної деталі зі столу верстата.

ції може бути під час падіння заготовки, г
циліндра) тощо.



Рис. 4.3 – Блок-схема взаємозв'язків у подіях виникнення небезпечної ситуації під час механічних робіт: НУ – сума небезпечних умов; НД – сума небезпечних дій; НС – створена небезпечна ситуація; А – аварійна ситуація; Т – травмування; БН – без наслідків.

4.3.1 Логіко-імітаційне моделювання травмонебезпечних ситуацій

Логіко-імітаційне моделювання травмонебезпечних ситуацій передбачає моделювання процесів формування аварій й виробничих травм (явищ, подій) та їх позначення відповідними символами. Усі події пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками – початкові (базові - кола), проміжні та кінцеві (прямокутники і ромби). Початкові події (умови, небезпечні дії) встановлюють експертними методами, під час обстеження об'єктів, проміжні та кінцеві встановлюють логічним аналізом варіантів подій [9]. За відомою методикою побудуємо логіко-імітаційну модель травмування під час роботи за шліфувальним верстатом (рис. 4.4).

При побудові моделі позначають події відповідними номерами від 1 до 18, проміжна подія 14 характеризує аварію, а подія 18 – травмування.

Ймовірність P базових і проміжних нерозкритих подій визначають на основі емпіричних досліджень, даних стандартів та інших нормативних документів:

$P_1 = 0,2$; $P_2 = 0,35$; $P_3 = 0,4$; $P_6 = 0,25$; $P_7 = 0,05$; $P_8 = 0,2$; $P_9 = 0,35$; $P_{11} = 0,15$;
 $P_{13} = 0,2$.

Для математичних обчислень значень ймовірностей подій розробленої логіко-імітаційної моделі приймають формули булевої алгебри. В такому випадку можна визначити ймовірність наступної події за такими схемами [9].

Для випадку, коли дві базові події ймовірностями P_1 і P_2 за оператором «І» формують наступну третю подію, її ймовірність P_3 визначають за формулою: $P_3 = P_1P_2$.

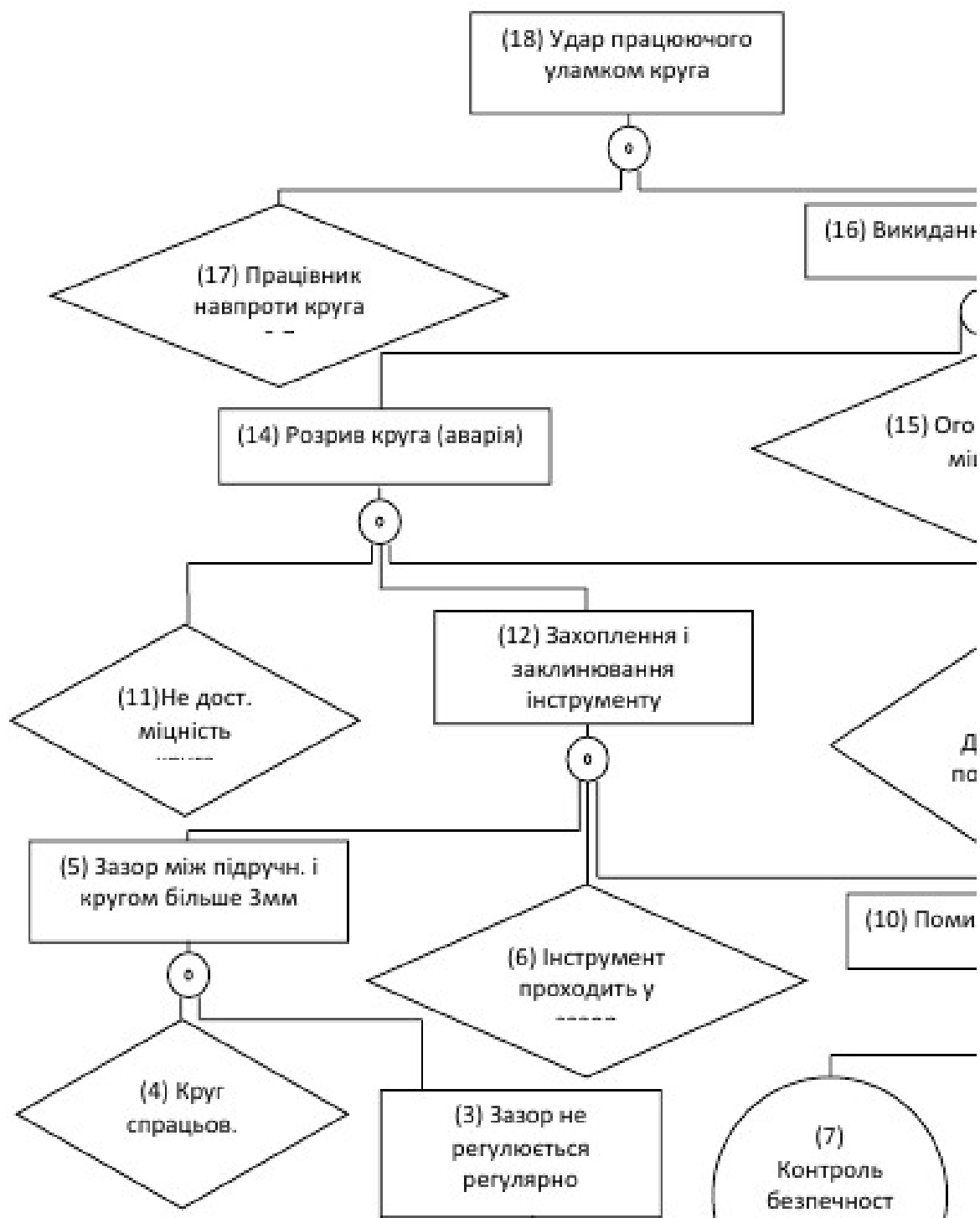


Рис. 4.4. Логіко-імітаційна модель травмування під час роботи за шліфувальним верстатом

У разі базових подій з ймовірностями P_1 і P_2 та оператора «АБО» ймовірність третьої події P_3 буде наступною: $P_3 = P_1 + P_2 - P_1P_2$.

У разі, якщо чотири і більше випадкових події з оператором «АБО» та відомими значеннями ймовірностей утворюють нову подію, то для спрощення обчислень їх групують по дві або три події, а ймовірність визначають за формулами вище.

Процес поступового групування та аналогічного обчислення здійснюють то тих пір, поки не залишаться дві або три події.

Наступним етапом визначають ймовірність вихідних подій для кожного окремого розгалуження моделі у т.ч. ймовірність виникнення головної події.

За формулами на основі розробленої моделі визначаємо ймовірність подій:

За аналізованими формулами на основі ймовірність подій:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2 = 0,2 + 0,3$$

Значення ймовірності виникнення аварії, а саме через руйнування абразивного круга $P_{14} = 0,0084$.

Таким чином можна стверджувати, що за наявності перебігу подій, що розглядаються моделю, на кожну 1000 аналогічних кругів можна очікувати 8,4 аварії.

Наступним етапом проводимо розрахунки моделі та визначають ймовірність травмування:

$$P_{15} = 0,2; P_{17} = 0,35;$$

$$P_{16} = P_{14} P_{15} = 0,07;$$

$$P_{18} = 0,00059.$$

Отже ймовірність травмування значно нижча ніж ймовірність аварії (0,6 випадків на 1000), оскільки оператор не завжди знаходиться у площині обертання абразивного круга. Звісно уламки круга можуть розлітатися у різні сторони, але їх дія послаблюється захисним огородженням та спецодягом.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті «Технологічне забезпечення виготовлення деталі Блок 250» розроблено технологічні операції маршрутного технологічного процесу, проведено аналіз технологічності конструкції деталі та технічних вимог, запропоновано обґрунтований вибір технологічного обладнання.

Обґрунтовано вибір способу одержання заготовки. Визначено припуски під механічну обробку аналітичним та табличним методами.

Розраховано режими різання за переходами обробки поверхонь деталі. Розрахунки проведено з використанням сучасних програм-калькуляторів, аналітичним й табличним методами. Визначені технічні норми часу, спроектовані технологічні операції.

В конструкторській частині проведено розрахунки та проектування пристроїв для забезпечення процесу механічної обробки та контролю.

Спроектовано верстатний пристрій для обробки отворів 40 мм в деталі з торця, проведені відповідні розрахунки на точність оброблення. Обґрунтовано вибір установочних базових поверхонь, розраховано сили затиску в пристрої.

Для контролю одного з параметрів якості поверхонь після обробки спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій та проведено розрахунки на точність.

Розроблені рекомендації до зменшення рівня небезпеки на виробництві.

Проведено аналіз та графічне й Логіко-імітаційне моделювання травмонебезпечних ситуацій на машинобудівному підприємстві на прикладі відпрацювання операцій технологічного маршруту (010 – Координатно-розточувальна; 025 – Круглошліфувальна).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О, Височанський В., Лютко В., Михайлов М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник для енергетичних і екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. 225 с.

2. Шнековий прес-екструдер: пат. 127064, Україна, МПК 2022.05, а 202007249: заявл.

3. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення філаменту. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2021. Вип. 21, т. 1. С. 152–159.

4. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Михайлов Є. В., Червоткіна О. О. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси. Київ: ПрофКнига, 2021.

5. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasylyv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O., & Bober, A. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2020. Vol. 14. P. 937–944. <https://doi.org/10.5219/1436>.

6. Лупирь, О.В. «Дослідження впливу технологій термічної обробки на структуру та властивості сталі 20Х13» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 132 «Матеріалознавство» / О.В. Лупиря; наук. керівник Т.П. Говорун - Суми: СумДУ, 2018. - 112 с. 2.

7. Руденко Л. Ф. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. /Л.Ф. Руденко, Т.П. Говорун – Суми: СумДУ, 2012. – 171 с.

8. Сталь 40Х13Л [Електронний ресурс]: <https://evk.com.ua/materials/stal20h13l.html>

9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст] : навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : СумДУ, 2016. – 146 с.

10. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці: Навчальний посібник. За заг. ред. к.т.н. І.П. Пістуна. Суми: Університетська книга, 2000. 297 с.

11. Пчелинців В.А. Пошкоджуваність робочих поверхонь деталей машин: навч. пос. / В. А. Пчелинців, В. Н. Раб. – Суми : СумГУ, 2008. – 137 с.

12. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв – Електронні текстові дані (1 файл: 8,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 318 с.

13. Materials science and engineering : an introduction / William D. Callister, Jr.— 7th ed./Printed in the United States of America, 2017. 975 p

14. Говорун Т. П. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. / Т. П. Говорун, О. П. Гапонова, С. В. Марченко. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 163 с.

15. Бурлака, А.Ю. Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки апарату направляючого насоса [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 132 - Матеріалознавство / А.Ю. Бурлака; наук. керівник Т.П. Говорун. - Суми: СумДУ, 2022. - 92 с.

16. Ямшинський М.М. Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах. Дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України, Київ, 2019. 510 с.

17. Вплив легуючих елементів. [Електронний ресурс]: <https://evек.com.ua/reference/vliyanie-legiruyushhix-elementov.html> 20. Легована сталь: особливості, класифікація та характеристики. [Електронний ресурс]: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/legirovannaya-stal-osobennosti-klassifikatsiya-i-kharakteristiki>

18. Bogaert L., Mhemdi H., & Vorobiev E. Residence time distribution and flow pattern modeling of oilseeds in a pilot screw press. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2020. Vol. 27. article number 65. 2020. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020060>.

19. Choton S., Gupta N., Bandral J. D., Anjum N., Choudary A. Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal*. 2020. Vol. 9(2). P. 162–168. <https://doi.org/10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367>

20. Слівна Д. Ю., Євтушенко Н. С.. Напрямок поліпшення стану безпеки праці працівників машинобудівної промисловості / Збірник доповідей XIV Міжнародної науково-методичної конференції та 149 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 1 – 2 грудня 2022 р., НТУ «ХП», – Харків, 2022. – С.134-136

ДОДАТОК А

(Комплект технологічної документації)

ДОДАТОК Б

(Комплект специфікацій)