

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня ВШ.02.005.31"
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

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 ДРБ.ФІТА.ПМ.23.07.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-20-2
Шифр


Підпис

Роман МАСНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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


Підпис

Віталій ТКАЧУК
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 «28» 06 2023

Хмельницький 20 23

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Маснюк Роман Віталійович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня ВШ.02.005.31" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету _____

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ КО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Маснюк Р. В. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 37,50 %, добре 50,00 %, задовільно 12,50 %, шкалою ЄКТС: А 32,43 %, В 29,73 %, С 18,92 %, D 8,11 %, E 10,81 %.

Методист факультету _____

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Роман Маснюк під час виконання дипломного проекту продемонстрував зручності знання з прикладної механіки при розв'язанні виробничих задач. Висини розробити технологію проекту та проєктувати допоміжне оснащення. Загалом дипломна робота виконана згідно завдань та заслуговує на оцінку "добре".

Керівник дипломного проекту _____

(підпис)

(ім'я, прізвище)

" 26 " 06 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри _____

технологія машинобудування
(назва)

" 27 " 06 2023 р.

2023 р.

Віталій ТКАЧУК
(підпис, ім'я, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Маснюка Романа Віталійовича

Тема: *Технологія виготовлення деталі "Вала-шестерня ВШ.02.005.31" з використанням верстатів з ЧПК*

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Обсяг дипломного проекту:

кількість листків креслень кількість сторінок записки

1. Короткий зміст ДП та прийнятих рішень.

В дипломній роботі Маснюка Р. В. виконано розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі "вала-шестерні ВШ.02.005.31". запропоновано конструкцію верстатного пристрою, виконані розрахунки, спроектовано контрольний пристрій. Технологічний процес розроблено із застосуванням верстатів з ЧПК типу Haas.

2. Висновок про відповідність ДР дипломному завданню.

Дипломна робота повністю відповідає завданню на дипломний проект.....

3. Характеристика виконання кожного розділу проекту, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи.

В загальному розділі обґрунтовано тип виробництва та форми організації робіт, виконано аналіз технологічності конструкції деталі.

В технологічному розділі спроектовано заготовку, розраховані припуски та режими різання, спроектовані операції механічної обробки, проведено технічне нормування.

В конструкторському розділі спроектовані верстатний пристрій для свердлування отвору, контрольно-вимірювальний пристрій

Позитивні сторони проекту.

Проведено аналіз технологічності конструкції деталі, виконано розрахунок припусків та режимів різання, на більшості технологічних операцій запропоновано використовувати верстати з ЧПК; проведено розрахунки конструкцію верстатного пристрою, проаналізовано точність оброблення;

5. Негативні сторони проекту.

Суттєвих зауважень не виявлено.....

.....

.....

.....

.....

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки проекту.

Кресленки графічної частини дипломної роботи виконані з дотриманням вимог ЕСКД, при цьому широко використані комп'ютерні технології при оформленні креслень. Пояснювальна записка виконана акуратно з дотриманням вимог ЕСКД.

7. Відгук про проект в цілому.

В цілому дипломна робота Маснюка Романа Віталійовича виконана на достатньому інженерному рівні та заслуговує оцінки «добре».


8. Інші зауваження.

Немає.

9. Оцінка дипломного проекту.

Дипломна робота Маснюка Р.В. заслуговує оцінки "....."

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я по батькові, посада, місце роботи). Доросєв С. А.,
к.т.н., доцент кафедри архітектури та містобудування
Заслужує оцінки «добре»

"....." червня..... 2023 р.  (підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	7
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	9
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	10
2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	12
2.4 Розрахунок режимів різання	19
2.5 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ програми	25
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	30
3.1 Проектування робочого пристосування	30
3.2 Проектування контрольного інструменту	33
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	35
4.1 Законодавча та нормативна база України про охорону праці	35
1.2 Безпека технологічного обладнання та технологічних процесів	38
ВИСНОВКИ	42
Список використаної літератури	43

ВСТУП

Машинобудування є основною галуззю промисловості, яка визначає рівень науково-технічного прогресу і зростання продуктивності праці в усьому господарстві. Це досягається завдяки розробці і виробництву машин, обладнання, приладів та іншої техніки, які забезпечують автоматизацію, поліпшення процесів виробництва і підвищення якості продукції.

Одним з основних конструкційних матеріалів у машинобудуванні є чорний метал, зокрема сталь. Чорна металургія є головним постачальником сировини для виробництва металевих компонентів машин та обладнання.

Однак, в сучасному машинобудуванні спостерігається тенденція заміщення чорних металів кольоровими матеріалами, такими як алюміній, а також композитними матеріалами, що поєднують метали, пластмаси і кераміку. Це зумовлено бажанням знизити вагу конструкцій, поліпшити їхні характеристики і властивості, а також ефективніше використовувати ресурси.

Сучасний розвиток машинобудування полягає у безперервному впровадженні нових технологій та матеріалів. Наприклад, заміна "ручних" верстатів на верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) дозволяє підвищити продуктивність і точність виготовлення продукції. Це сприяє оптимізації та удосконаленню механізмів, машин та приладів, забезпечує високу якість вироблених компонентів і скорочення часу виробництва.

Технологія машинобудування є галуззю науки, яка вивчає технологічні процеси виготовлення машинобудівних виробів. Її основною метою є дослідження та розробка методів і прийомів виробництва, які забезпечують необхідну якість та кількість виробів з найвищими техніко-економічними показниками.

Технологічні процеси машинобудування включають в себе вибір та обробку матеріалів, проектування та конструювання деталей та складних механізмів, збирання і монтаж виробів, проведення контролю якості та випробувань. Дослідники в цій галузі вивчають оптимальні методи обробки

матеріалів, використання новітніх технологій виробництва, автоматизацію та роботизацію процесів, а також удосконалення систем управління та контролю.

Результати досліджень у галузі технології машинобудування використовуються для забезпечення необхідної якості та кількості виробів. Це означає, що наукові розробки і практичні рекомендації впроваджуються в виробничу діяльність для поліпшення технологічних процесів, зниження витрат матеріалів та ресурсів, підвищення продуктивності та ефективності виробництва.

Техніко-економічні показники включають в себе вартість виробництва, терміни виготовлення, якість продукції, використання ресурсів, рентабельність та конкурентоспроможність на ринку.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Вал-шестерня використовується як швидкохідний вал в циліндричних зубчастих редукторах. Він обертається в корпусі редуктора, встановлений на двох підшипниках. У процесі роботи на деталь діють згинальний момент, що з'являється завдяки формі зубів, момент, що крутить, переданий валом-шестірнею від двигуна до колеса. Крім того, зуби схильні до тертя в зоні зачеплення. Особливістю цієї деталі є поєднання валу та шестерні, що зменшує номенклатуру комплектуючих, підвищує здатність з'єднання вал – шестерня, робить вузол більш компактним.

Циліндричні зубчасті редуктори застосовуються для перетворення крутного моменту двигуна та швидкості до значень, необхідних робочим органам машин. Під час роботи опір пересування робочого органу змінюється, що призводить до коливань навантажень на весь редуктор загалом і його елементів зокрема. Крім того, під час пусків гальмування відбуваються ривки, які так само передаються на елементи редуктора.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Якщо річний обсяг випуску деталей не зазначений у завданні на дипломну роботу, то він може бути визначений за формулою:

$$N = mM \left(1 + \frac{\gamma\delta}{100}\right), \quad (1.1)$$

де: m – кількість однойменних деталей у машині (1 шт);

M – річний обсяг випуску машин (6000 шт) ;

γ – 5...10 кількість запасних частин у відсотках;

δ – 2...6 відсоток браку та технологічних втрат, включаючи деталі, що використовуються для налаштування верстата, у відсотках.

Тип виробництва визначається за річним обсягом випуску та масою деталі за таблицею 1.1.

$$N = 1 \cdot 6000 \left(1 + \frac{8 \cdot 5}{100}\right) = 8400,$$

Таблиця 1.1 – Типи виробництва

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібносерійне	Середньосерійне	Багатосерійне	Масове
До 1.0	До 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	>200000
1.0-2.5	До 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2.5-5.0	До 10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5.0-10	До 10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
Більше 10	До 10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Вага деталі 1,2 кг, отже, при річному обсязі випуску більше 1 00 деталей тип виробництва буде середньосерійним.

Масове виробництво характеризується вузькою номенклатурою та великим обсягом випуску виробів, що безперервно виготовляються протягом тривалого періоду часу. При масовому виробництві технологічні процеси розробляються докладно і добре оснащуються, що дозволяє забезпечити високу точність і взаємозамінність деталей, малу трудомісткість, а отже, і нижчу, ніж за серійному виробництві, собівартість виробів.

При масовому виробництві, можливо, ширше застосовувати механізацію та автоматизацію виробничих процесів, швидкодіючі спеціальні пристрої, різальний та міряльний інструмент.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Вибір заготовки має значний вплив на трудомісткість та собівартість технологічного процесу виготовлення деталі. Спосіб отримання заготовки встановлюється на основі аналізу креслення готової деталі та технічних умов, встановлених для її виготовлення.

При виборі заготовки враховуються різні фактори, такі як матеріал, форма, розмір та вага готової деталі, а також виробнича програма. Наприклад, якщо в кресленні деталі вказано використання сталі марки Ст.5, 13ХНЗА, 40Х тощо, то заготовки з цих матеріалів можуть бути отримані шляхом кування, штампування або безпосередньо з прокату. У випадку, коли матеріалом деталі є ливарна сталь, чавун або кольорові сплави, використовується метод лиття для отримання заготовок.

Масштаб виробництва, або виробнича програма, також має важливе значення при виборі способу отримання заготовки. При одиночному виготовленні або виробництві невеликої серії заготовка може бути отримана шляхом кування, ручного формування у піщані форми за дерев'яною моделлю, оскільки інші способи, такі як штампування в закріплених штампах або машинне формування за металічною моделлю, можуть бути неекономічними через високу вартість оснастки, такої як штампи або металеві моделі.

У масовому виробництві слід віддавати перевагу таким прогресивним методам отримання заготовок, як лиття в оболонкові форми, лиття за витоплюваними моделями, лиття в кокіль, лиття під тиском, штампування в закритих безоблойних штампах, штампування на горизонтально-кувальній машині тощо.

Розглядаючи найпоширеніші варіанти отримання заготовки, я дійшов висновку, що для мого завдання найбільш підходить заготовка, отримана зі штампуванням у закритому штампі на кривошипному гарячештампувальному

пресі. Так виготовлення заготовки займатиме мінімальний час та трудомісткість.

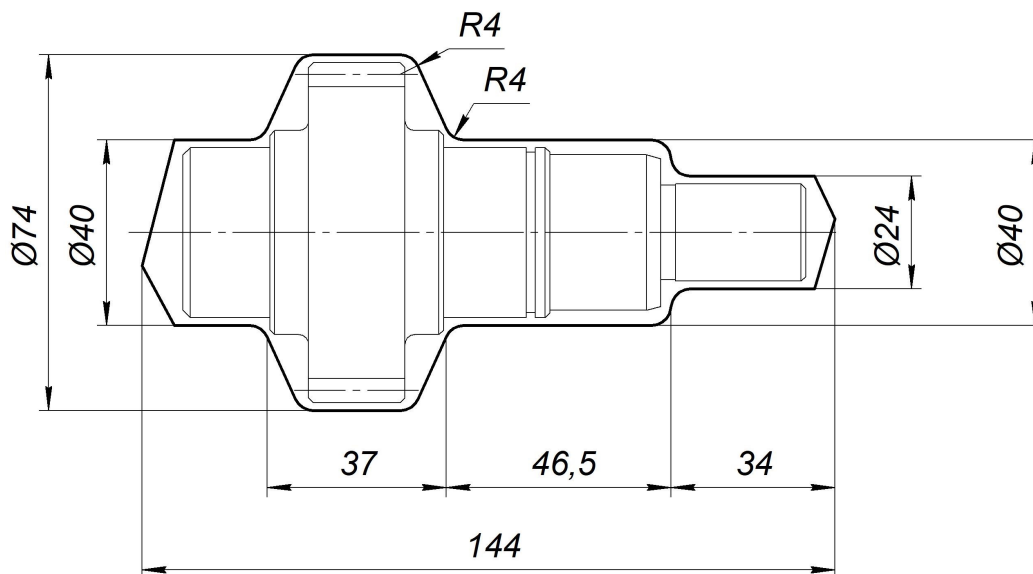


Рисунок 2.1 – Поковка

2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

У машинобудуванні використовують два методи розрахунку припусків на обробку: дослідно-статистичний та розрахунково-аналітичний.

Таблиця 2.1 – Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків

Технологічні переходи під час обробки	Значення елементів припуску, мкм				Допуск, мкм	Розрахунковий Мінімальний припуск, мкм	Граничні значення Припусків, мкм		Граничні розміри, мкм	
	R_z	T	ρ	ϵ			$2Z_{min}^{расч}$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$	D_{min}
Вихідні дані	160	200	390	—	1200	—	—	—		
Обточування чорнове	50	50	23,4	300	250		1800	2750	37,09 6	38,20 6
Чистове	6,3	12	—	6	30		90	280	35,29 6	35,54 6
Шліфування чистове	2,5	5			16		15	29	35,0 17	35,04 2

Розрахунок припусків на обробку:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.1)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + \delta_{i-1} - \delta_i \quad (2.2)$$

При шліфування:

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot (Rz_2 + T_2) = 2 \cdot (2,5 + 5) = 15 \text{ мкм}; \quad (2.3)$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + \delta_1 - \delta_2 = 15 + 30 - 16 = 29 \text{ мкм}; \quad (2.4)$$

При чистовій обробці:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (Rz_1 + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2}) = 2 \cdot (6,3 + 12 + \sqrt{23,4^2 + 18^2}) = 90 \text{ мкм}; \quad (2.5)$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + \delta_1 - \delta_2 = 90 + 250 - 62 = 280 \text{ мкм}; \quad (2.6)$$

При чорновій обробці:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (Rz_0 + T_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2}) = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{390^2 + 300^2}) = 1800 \text{ мкм}; \quad (2.7)$$

$$2Z_{1\max} = 2Z_{2\min} + \delta_0 - \delta_1 = 1800 + 1200 - 250 = 2750 \text{ мкм}; \quad (2.8)$$

Визначимо мінімальний та максимальний розміри на кожному переході.

При шліфуванні

$$d_{3\min} = 35,002 \text{ мм}$$

$$d_{3\max} = 35,018 \text{ мм}$$

При чистовому точінні

$$d_{2\min} = d_{3\min} + 2Z_{3\max} = 35,002 + 0,015 = 35,017 \text{ мм} \quad (2.9)$$

$$d_{2\max} = d_{3\max} + 2Z_{3\max} = 35,017 + 0,250 = 35,267 \text{ мм} \quad (2.10)$$

При чорновому точінні

$$d_{1\min} = d_{2\min} + 2Z_{2\max} = 35,017 + 0,259 = 35,296 \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$d_{1\max} = d_{2\max} + 2Z_{2\max} = 35,296 + 0,250 = 35,546 \text{ мм} \quad (2.12)$$

Діаметр заготовки

$$d_{0\min} = d_{1\min} + 2Z_{1\max} = 35,296 + 1,800 = 37,096 \text{ мм} \quad (2.13)$$

$$d_{0\max} = d_{1\max} + 2Z_{1\max} = 37,096 + 1,200 = 38,296 \text{ мм} \quad (2.14)$$

2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Деталь має виготовлятися з мінімальними трудовими та матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити значною мірою від правильного

вибору варіанта технологічного процесу, та його оснащення, механізації та автоматизації, застосування оптимальних режимів обробки.

Оцінюючи технологічності враховуються такі характеристики:

– конструкція деталі повинна складатися зі стандартних та уніфікованих конструктивних елементів або бути стандартною загалом. Вал-шестерня складається із простих геометричних фігур – циліндрів. Складних фасонних поверхонь чи поверхонь отримання яких неможливо при сучасних методах обробки немає. Усі елементи (канавки, заокруглення, фаски) стандартизовані.

– фізико-хімічні властивості та механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форма та розмір повинні відповідати вимогам технології виготовлення. Властивості матеріалу (Сталь 40X) та геометричні параметри дозволяють обробляти деталь без наявного устаткування із застосуванням стандартних інструментів.

– раціональність вибору заготовки. У багатосерійному та масовому виробництві вигідно застосовувати заготовки наближені за розмірами та формою до розмірів та форми деталі. Отримані штампування заготовки задовольняють цю умову.

- технологічність окремих елементів. Всі елементи деталі (фаски, округлення, канавки) виконуються із застосуванням стандартного інструменту та не вимагають виготовлення спеціального.

- точність та шорсткість поверхонь;

- оброблюваність матеріалу різанням;

Технологічність деталі характеризується коефіцієнтом використання матеріалу:

$$K_m = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\% \quad (2.15)$$

де Q_1 – маса деталі (1,2 кг);

Q_2 – маса заготовки (1,39)

Розраховано із застосуванням Solid Works.

$$K_m = \frac{1.2}{1.39} \cdot 100\% = 86 \%$$

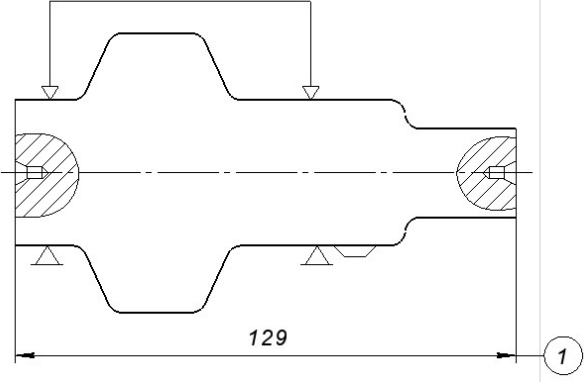
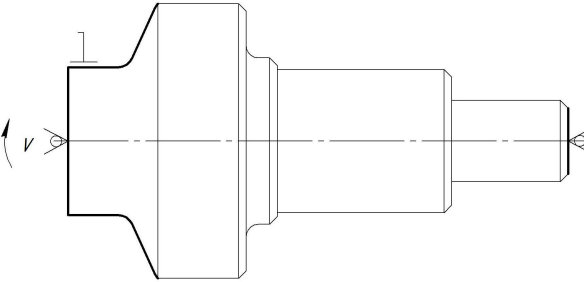
Оскільки $K_o = 86 \%$, то можна зробити висновок, що матеріал витрачається раціонально (мала кількість металу йде в стружку).

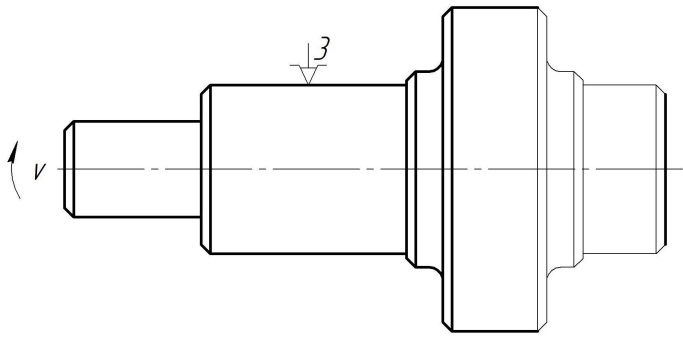
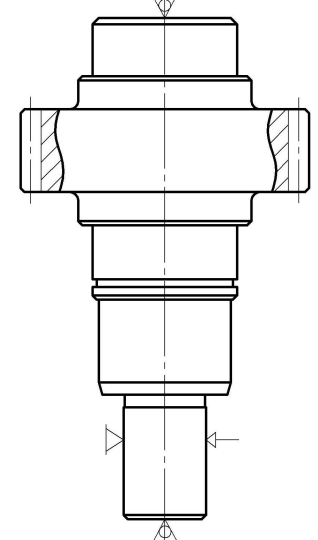
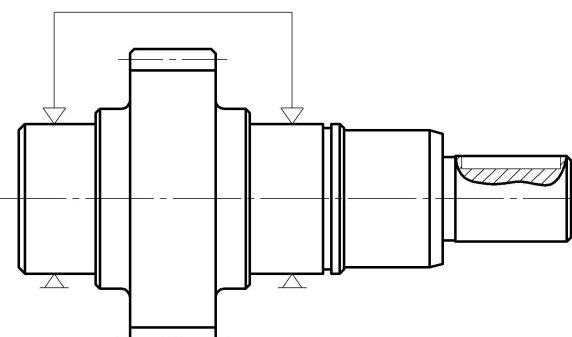
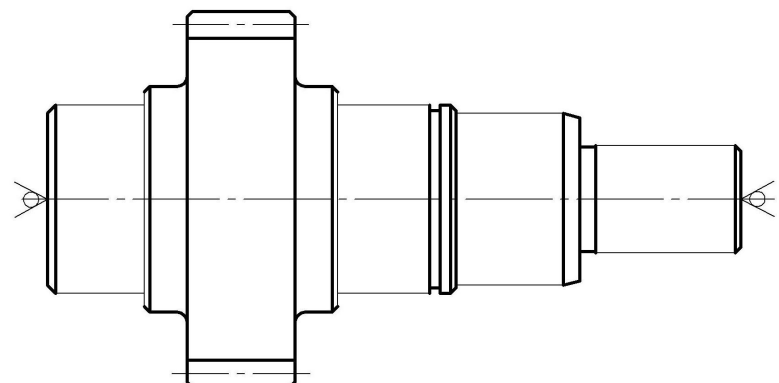
Технологічною називають базу, що використовується для визначення положення заготовки або виробу при його виготовленні чи збиранні.

Вибір технологічних баз є одним із складних завдань проектування технологічного процесу. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежить:

- точність отримання заданих розмірів;
- правильність взаємного розташування поверхонь;
- ступінь складності технологічного оснащення, різального та вимірювального інструментів.

Таблиця 2.2 – Технологічні бази

Операція	Схема
<p>Операція 005 Фрезерно-центрувальна: Технологічна база – необроблена поверхня $\varnothing 40$ мм, формувальний ухил.</p>	
<p>Операція 010 Токарна з ЧПК Технологічна база – оброблений торець $\varnothing 24$ мм, центрувальні отвори $\varnothing 3,15$ мм.</p>	

<p>Операція 015 Токарна з ЧПК</p> <p>Технологічна база – оброблений торець $\varnothing 40$ мм, оброблена поверхня $\varnothing 37$ мм .</p>	 <p>A technical drawing of a shaft in a side view. The left end is chamfered, indicated by a dashed line and a '3' with a downward arrow. The main diameter of the shaft is labeled as 37. The shaft has several steps and a larger diameter section on the right.</p>
<p>Операція 020 Зубофрезерна:</p> <p>Технологічна база – центрувальні отвори $\varnothing 3,15$ мм, торець $\varnothing 20,4$</p>	 <p>A technical drawing of a shaft in a side view. The left end is chamfered, indicated by a dashed line and a '3' with a downward arrow. The main diameter of the shaft is labeled as 20.4. The shaft has several steps and a larger diameter section on the right.</p>
<p>Операція 025 Фрезерна:</p> <p>Технологічна база – оброблена поверхня $\varnothing 35,4$ мм, торець $\varnothing 20,4$ мм</p>	 <p>A technical drawing of a shaft in a side view. The left end is chamfered, indicated by a dashed line and a '3' with a downward arrow. The main diameter of the shaft is labeled as 20.4. The shaft has several steps and a larger diameter section on the right.</p>
<p>Операція 030 Круглошліфувальна:</p> <p>Технологічна база – центрувальні отвори $\varnothing 3,15$ мм.</p>	 <p>A technical drawing of a shaft in a side view. The left end is chamfered, indicated by a dashed line and a '3' with a downward arrow. The main diameter of the shaft is labeled as 20.4. The shaft has several steps and a larger diameter section on the right.</p>


Технологічний процес виготовлення валів-шестерень, дещо відрізняється від технологічного процесу виготовлення звичайних ступінчатих валів. Заготовки, частіше поковки, для валів-шестерень, валики з центральними отворами виконують суцільними, тому отвори отримують глибоким свердлінням з двох сторін, яке виконується після обточування в центрах зовнішніх поверхонь, підготовка шийок під затиск в патроні і під люнет.

На основі аналізу робочого кресленника можна зробити висновок, що деталь є технологічною і може бути виготовлена. Робочий кресленник містить всю необхідну інформацію для виготовлення деталі. Крім того, деталь має симетричну форму і є тілом обертання. Обробка даної заготовки може бути здійснена як одним, так і декількома інструментами.

Для розробки технологічного процесу редукторного вал-шестерні з максимальною ефективністю і мінімальною собівартістю, розв'язання таких проблем можуть бути корисними: розробка плану оброблення, розробка технологічної документації, розробка пристрою для верстата. В разі необхідності може бути потрібно розробити спеціальне пристосування або пристосовлення для забезпечення точності і ефективності обробки.

Таблиця 2.3 – Технологічний процес

Номер операції	Найменування та зміст операції	Технологічне обладнання, різальний інструмент
1	2	3
000	Заготівельна: Заготовку отримуємо на кривошипному гарячештампувальному пресі.	КГШП 

005	Фрезерно-центрувальна: Обробити заготовку розміром 129мм.	2Г942 Верстат фрезерно-центрувальний 
010	Токарна з ЧПК Обточити поверхні начорно Ø21мм на довжину 29, Ø37мм на довжину 45, Ø43мм на довжину 8, Ø71мм, заокруглення R2, фаски. Обточити поверхні начисто Ø35,4мм на довжину 17,8, Ø42мм на довжину 8,2, Ø70мм, заокруглення R2, фаски, канавку Ø34,5мм.	Weiler W 35 CNC  TaeguTec C4-TCLNL 27050-0904-TB  TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB
015	Токарна з ЧПК Обточити поверхні Ø20,4мм на довжину 30,3, Ø32,4мм на	Weiler W 35 CNC TaeguTec C4-TCLNL 27050-0904-TB

	<p>довжину 53мм, $\varnothing 35,4\text{мм}$, $\varnothing 42\text{мм}$, торці $\varnothing 42\text{мм}$, $\varnothing 70\text{мм}$, 4 фаски 1x45, конус 15 на довжину 3 мм, заокруглення R2. Проточити канавки $\varnothing 19,5\text{мм}$, $\varnothing 34,5\text{мм}$, $\varnothing 31,5\text{мм}$, $\varnothing 33\text{мм}$ Свердлити отвір, зенкувати, нарізати різьблення M6-6H</p>	<p>ТаeguTec TCLNL 2020 K0904-TB</p> <p>Канавковий ТаeguTec SFXCN 2525 M1006</p>  <p>Свердло ТаeguTec 3HD 050-048-06 P18</p> <p>Мітчик ТаeguTec TRH454C05 M6X1.0</p>
<p>020</p>	<p>Зубофрезерна: Фрезерувати зубці $m=2.5\text{мм}$, $z=26$.</p>	 <p>Зубофрезерний верстат 53A10</p>  <p>Фреза черв'ячна M 2,5. 20° р6м5 90x80x32.</p>

<p>025</p>	<p>Фрезерна: Фрезерувати шпонко- вий паз.</p>	 <p>Обробний центр з ЧПК EV850L</p>  <p>Фреза TaeguTec 2S-TE90CV-106-06-05</p>
<p>030</p>	<p>Круглошліфувальна: Шліфувати поверхню Ø35k6, шліфувати поверхню Ø35k6, шліфувати поверхню Ø32h8, шліфувати поверхню Ø20h8, шліфувати торець Ø40мм, шліфувати торець Ø40мм</p>	 <p>Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N (05-1370)</p>  <p>Круг шліфувальний прямої з виточкою ПП на керамічній зв'язці ($D = 400$ мм, $B = 40$ мм)</p>

2.4 Розрахунок режимів різання

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

1. Точіння торців $\varnothing 40, \varnothing 24$.

а) Подача $s = 1,5$ мм/об, [2]

б) Глибина різання $t = 2,5$ мм, [2]

в) Швидкість різання

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y B^u z^p} K_v \quad (2.16)$$

$C_v = 332$ $x = 0,1$
 $y = 0,4$ $m = 0,20$ - емпіричні коефіцієнти, [2]

$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ - поправочний коефіцієнт, [2]

$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ - к-т, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$K_\Gamma = 1,0$ - к-т, що характеризує групу сталі з оброблюваності

$n_v = -0,9$ - показник ступеня, [2]

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{490} \right)^{-0,9} = 0.63 \quad (2.17)$$

$K_{pv} = 0,8$ - к-т, що відбиває стан поверхні заготовки [2]

$K_{iv} = 1,0$ - к-т, що враховує якість матеріалу інструменту [2]

$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} = 0.63 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0.5$

$T = 60$ хв – стійкість інструменту, [2]

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y B^u z^p} K_v = \frac{332 \cdot 160^{0,2}}{60^{0,20} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0.15^{0,4}} \cdot 0.5 = 214 \text{ м/хв.} \quad (2.18)$$

$$\text{г) Сила різання } P_z = \frac{10 C_p t^x s^y B^n z K_p}{D^q n^w} \quad (2.19)$$

$C_p = 825$ $x = 1,0$
 $y = 0,75$ $n = 0.3$ - емпіричні коефіцієнти, [2]

$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$ - поправочний коефіцієнт, [2]

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$ - поправочний к-т для сталі та чавуну, що враховує вплив

якості матеріалу, що обробляється на силові залежності, [2]

$n = 0,75$ - показник ступеня для твердого сплаву, [2]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{490}{750} \right)^{0,75} = 0,53$$

$K_{\varphi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1,0$ $K_{\lambda p} = 1,0$ $K_{r p} = 0,87$ - поправочні к-ти, що

враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання при обробці сталі та чавуну, [2]

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p} = 0,53 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,43$$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s^y B^n z K_p}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^{0,24} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 10 \cdot 0,65}{160^{1,3} \cdot 425,95^{0,2}} = 381 \text{ Н} \quad (2.20)$$

д) Потужність різання $N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{381 \cdot 214}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт}$ (2.21)

е) Частота обертання фрези

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 214}{3,14 \cdot 160} = 426 \text{ об/хв, приймаємо } n = 450 \text{ об/хв, тоді:}$$

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 450}{1000} = 226 \text{ м/хв} \quad (2.22)$$

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{381 \cdot 226}{1020 \cdot 60} = 1,4 \text{ кВт} \quad (2.23)$$

Верстат: фрезерно-центрувальний 2Г942

Операція 010 Токарна з ЧПК

1. Точіння $\varnothing 43$.

а) Подача $s = 0,8 \text{ мм/об}$, [2]

б) Глибина різання $t = 3 \text{ мм}$, [2]

в) Швидкість різання $V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v$ (2.24)

$C_v = 340$ $x = 0,15$

$y = 0,45$ $m = 0,20$ - емпіричні коефіцієнти, [2]

$K_v = K_{mv} K_{пв} K_{ив}$ - поправочний коефіцієнт, [2]

$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ - к-т, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$K_{\Gamma} = 1,0$ - к-т, що характеризує групу сталі з оброблюваності,

$n_v = 1,0$ - показник ступеня, [2]

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{490} \right)^{1,0} = 1,53 \quad (2.25)$$

$K_{пв} = 0,8$ - к-т, що відбиває стан поверхні заготовки, [2]

$K_{ив} = 1,0$ - к-т, що враховує якість матеріалу інструменту, [2]

$$K_v = K_{mv} K_{пв} K_{ив} = 1,53 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,22$$

$T = 90$ хв - стійкість інструменту, [2]

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{340}{90^{0,20} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,22 = 109,6 \text{ м/хв.} \quad (2.26)$$

$$\text{г) Сила різання } P_z = 10 C_p t^x s^y V^n K_p \quad (2.27)$$

$$C_p = 300 \quad x = 1,0$$

$$y = 0,75 \quad n = -0,15 \quad \text{- емпіричні коефіцієнти, [2]}$$

$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$ - поправочний коефіцієнт, [2]

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$ - поправочний к-т для сталі та чавуну, що враховує вплив

якості матеріалу, що обробляється на силові залежності., [2]

$n = 0,75$ - показник ступеня для твердого сплаву, [2]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_A}{750} \right)^n = \left(\frac{490}{750} \right)^{0,75} = 0,72 \quad (2.28)$$

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,0$ $K_{\lambda p} = 1,0$ $K_{rp} = 0,93$ - поправочні к-ти, що врахову-

ють вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові

сили різання при обробці сталі та чавуну, [2]

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,62$$

$$P_z = 10C_p t^x s^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 109,6^{-0,15} \cdot 0,62 = 4263 \text{ Н}$$

д) Потужність різання $N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{4263 \cdot 109,6}{1020 \cdot 60} = 7,6 \text{ кВт}$ (2.29)

е) Частота обертання оброблюваної деталі $n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 109,6}{3,14 \cdot 43} = 807$

об/хв, приймаємо $n = 800$ об/хв, тоді:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 43 \cdot 800}{1000} = 108 \text{ м/хв}$$
 (2.30)

Верстат: Токарний з ЧПК Weiler W 35 CNC

Операція 020 Зубофрезерна ($m=2,5$ $z=26$)

а) Подача $s = 0,05$ мм/зуб, [2]

б) Глибина різання $t = 6,25$ мм, [2]

в) Швидкість різання

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y B^u z^p} K_v$$
 (2.31)

$$C_v = 53 \quad x = 0,3$$

$$y = 0,2 \quad m = 0,33 \quad \text{- емпіричні коефіцієнти, [2]}$$

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} \text{ - поправочний коефіцієнт, [2]}$$

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \text{ - к-т враховує якість оброблюваного матеріалу}$$

$K_\Gamma = 1,0$ - к-т характеризує групу сталі з оброблюваності,

$n_v = 1,0$ - показник ступеня, [2]

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{490} \right)^{1,0} = 1,53$$
 (2.32)

$K_{nv} = 0,8$ - к-т відбиває стан поверхні заготовки, [2]

$K_{iv} = 1,0$ - к-т, що враховує якість матеріалу інструменту, [2]

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{\dot{e}v} = 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,53$$

$T = 180$ хв - стійкість інструменту, [2]

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y B^u z^p} K_v = \frac{53 \cdot 71^{0,45}}{180^{0,33} \cdot 6,25^{0,3} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 15^{0,1} \cdot 12^{0,1}} \cdot 1,53 = 62,4 \text{ м/хв.}$$

$$\text{г) Сила різання } P_z = \frac{10 C_p t^x s^y B^n z K_{mp}}{D^q n^w} \quad (2.33)$$

$$C_p = 47 \quad x = 0,86$$

$$y = 0,72 \quad n = -0,15 \quad \text{- емпіричні коефіцієнти, [2]}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad \text{- поправочний к-т для сталі та чавуну, що враховує вплив}$$

якості матеріалу, що обробляється на силові залежності [2]

$$n = 0,75 \quad \text{- показник ступеня для твердого сплаву, [2]}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{490}{750} \right)^{0,3} = 0,88 \quad (2.34)$$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s^y B^n z K_p}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 47 \cdot 6,25^{1,0} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 15^{-0,15} \cdot 12 \cdot 0,88}{71^{0,86} \cdot 280^0} = 387,5 \text{ Н} \quad (2.35)$$

$$\text{д) Потужність різання } N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{387,5 \cdot 62,4}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт} \quad (2.36)$$

е) Частота обертання фрези

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 62,4}{3,14 \cdot 71} = 280 \text{ об/хв, прийmemo } n = 300 \text{ об/хв, тоді:}$$

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 300}{1000} = 67 \text{ м/хв} \quad (2.37)$$

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{387,5 \cdot 67}{1020 \cdot 60} = 0,42 \text{ кВт} \quad (2.38)$$

Верстат: 53A10

Операція 030 Шліфувальна

1. Шліфування $\varnothing 35$.

$$\text{а) Поздовжня подача } s = 0,4B = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мм/об, [2]}$$

$$\text{б) Глибина шліфування } t = 0,01 \text{ мм, с. 301, [2]}$$

$$\text{в) Швидкість круга } V_e = 35 \text{ м/с, с. 301, [2]}$$

$$\text{г) Швидкість заготовки } V_c = 25 \text{ м/хв, с. 301, [2]}$$

д) Ефективна потужність $N = C_N V_3^r t^x s^y d^q$ кВт

$C_N = 1,3$; $r = 0,75$; $x = 0,85$; $y = 0,7$; - емпіричні коефіцієнти, [2]

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 12^{0,7} = 1,66 \text{ кВт}$$

Інструмент – шліфувальний круг ПП на керамічній зв'язці ($D = 400$ мм, $B = 40$ мм).

Верстат: круглошліфувальний 3М150 (с.31, таб.18 [2]).

2.5 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ програми

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі вала-шестерня.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks (рис 2.2) та завантажено у середовище Esprit.

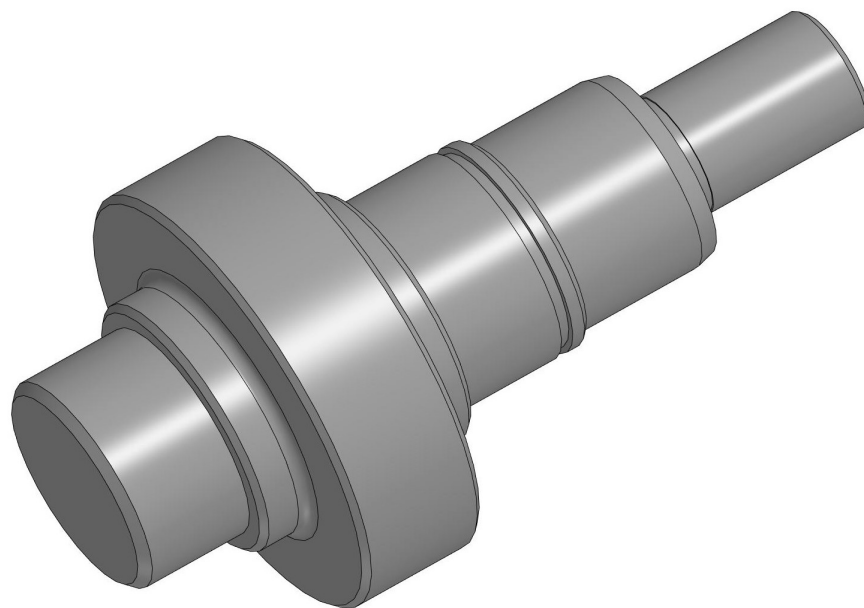


Рисунок 2.2 – 3D модель вала-шестерні

2. Створено заготовку (рис 2.3)

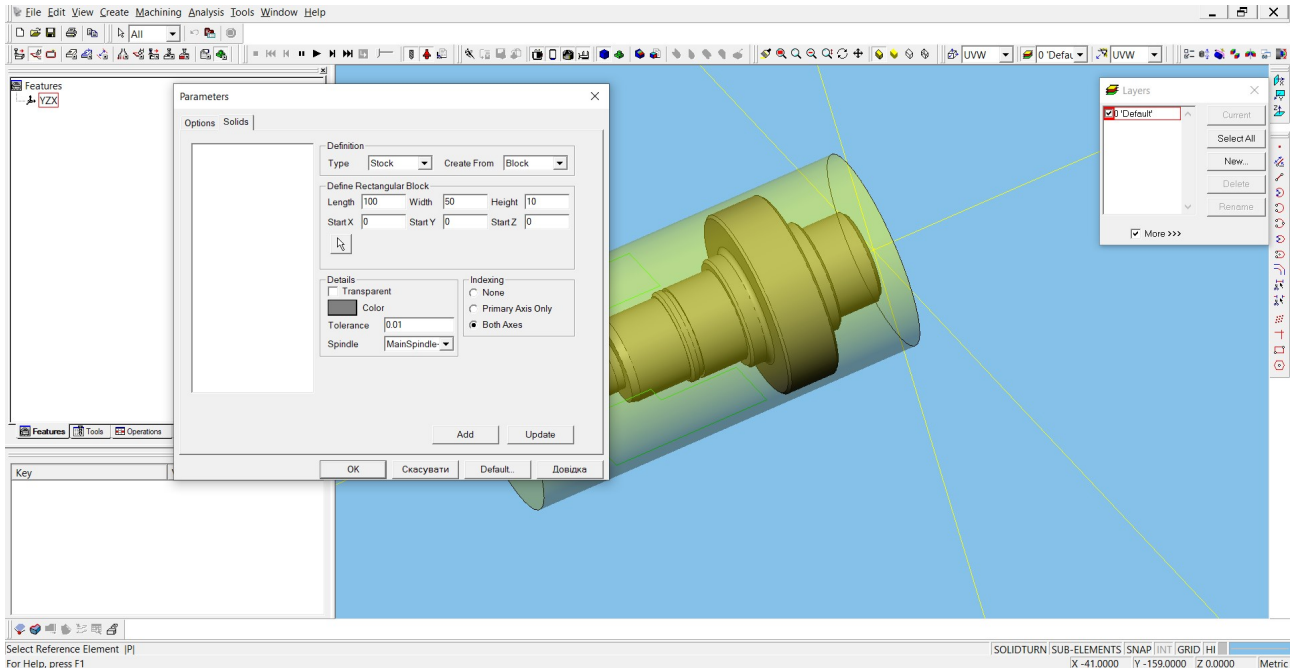


Рисунок 2.3 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.4.

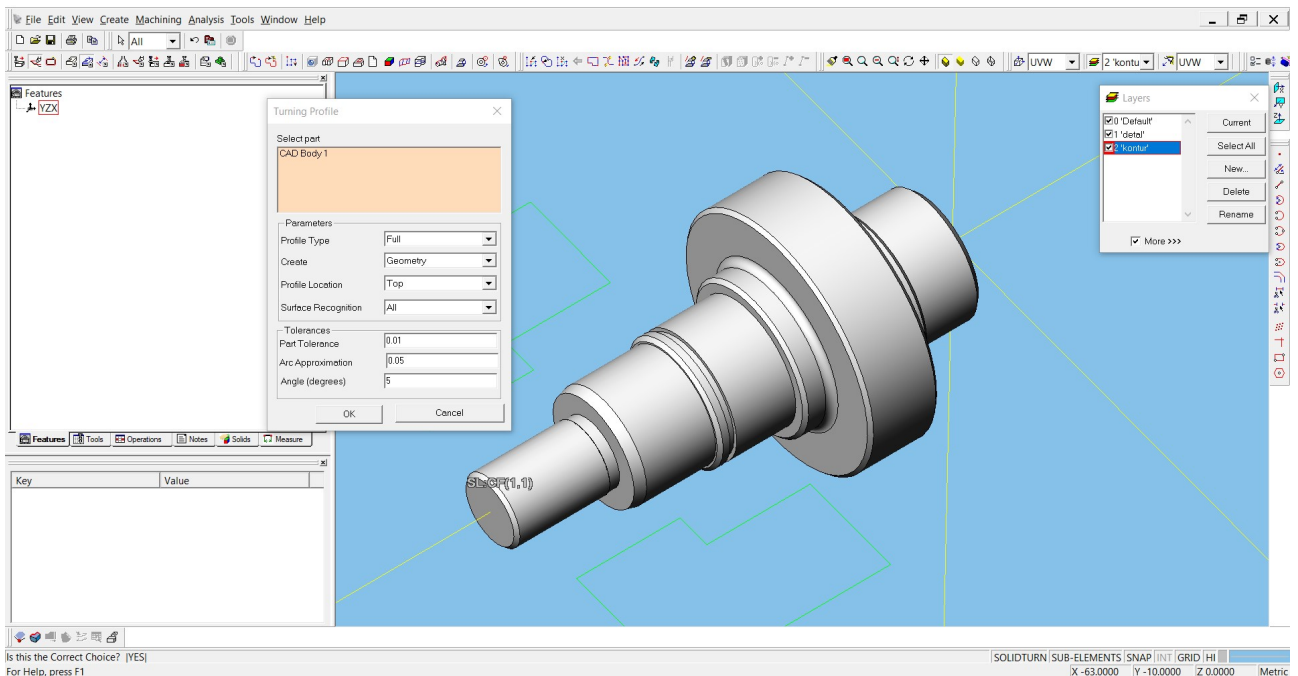


Рисунок 2.4 – Розпізнання в SAM ESRIT елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення – «Чернове оброблення» (рис. 5).

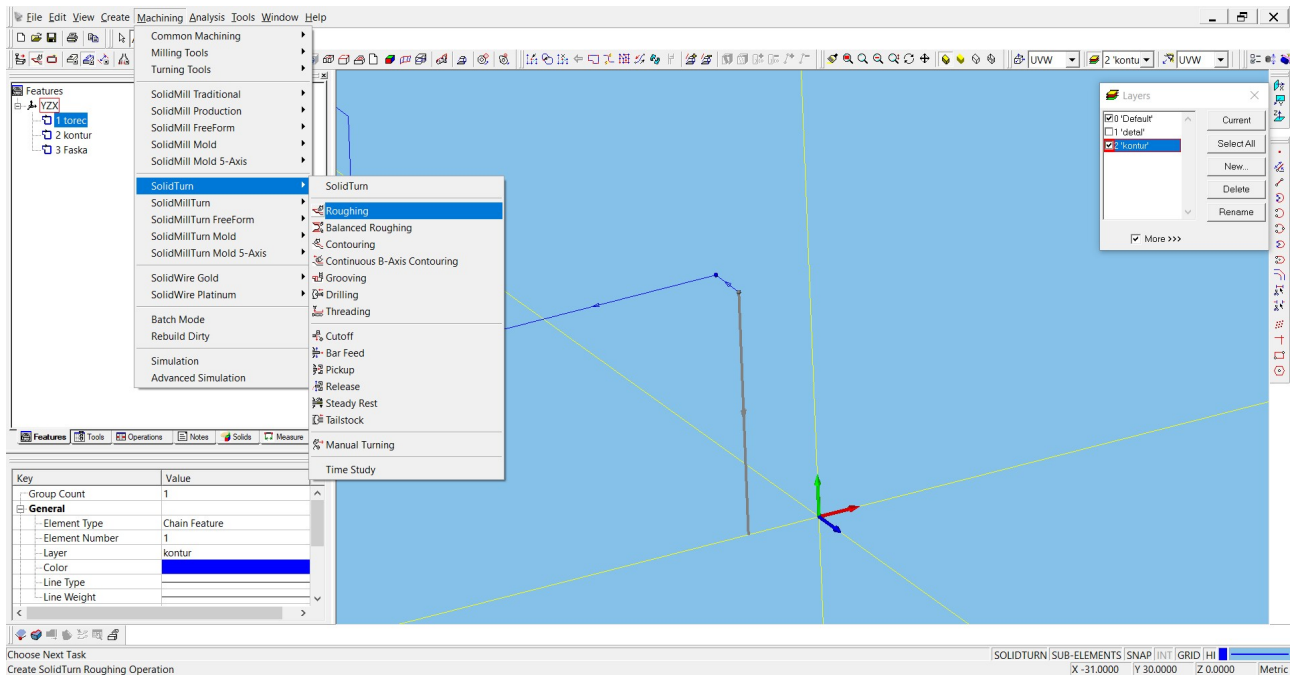


Рисунок 2.5 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис.2.5).

6. Вибрано режими різання (рис 2.6).

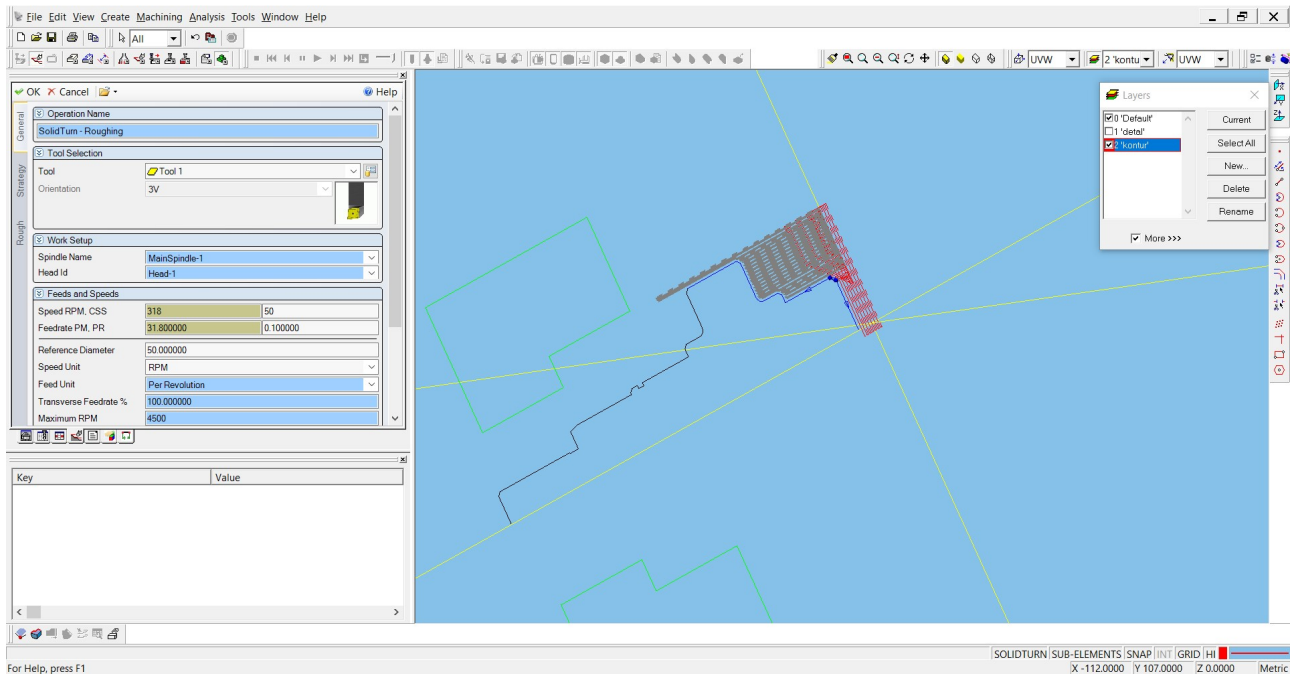


Рисунок 2.6– Вибір режимів оброблення

7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.7).

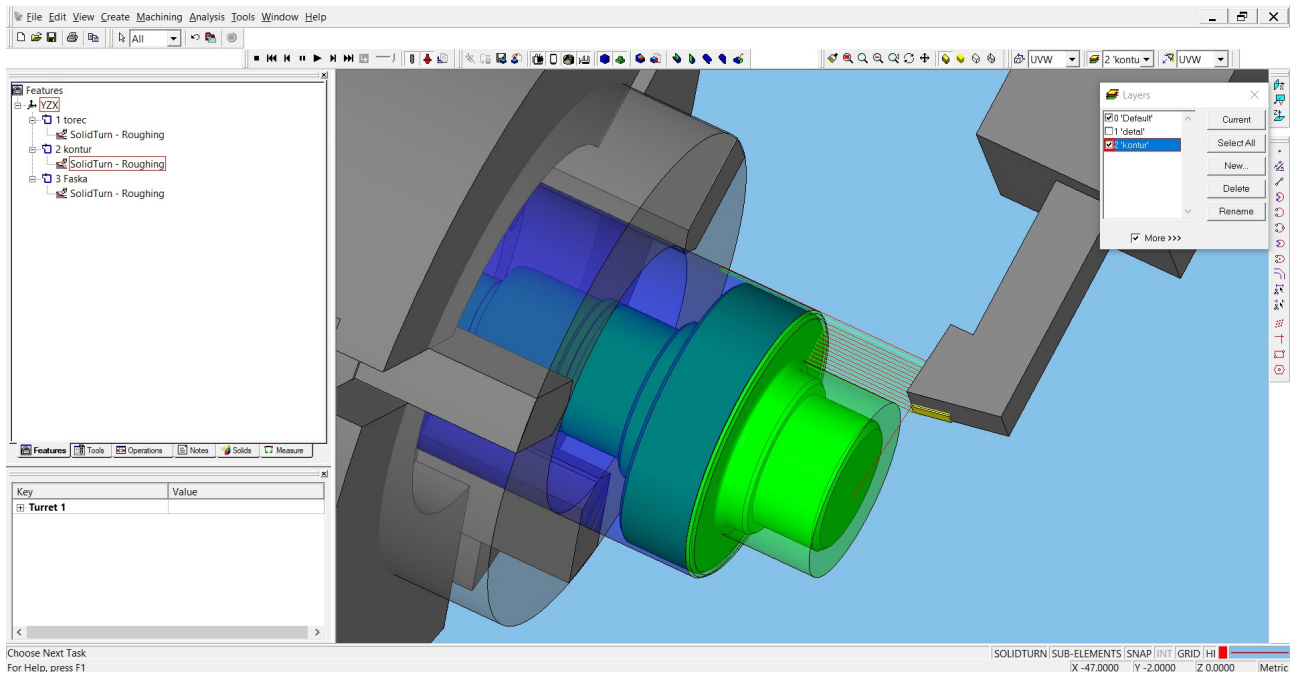


Рисунок 2.7 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні контуру вала-шестерні

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.8).

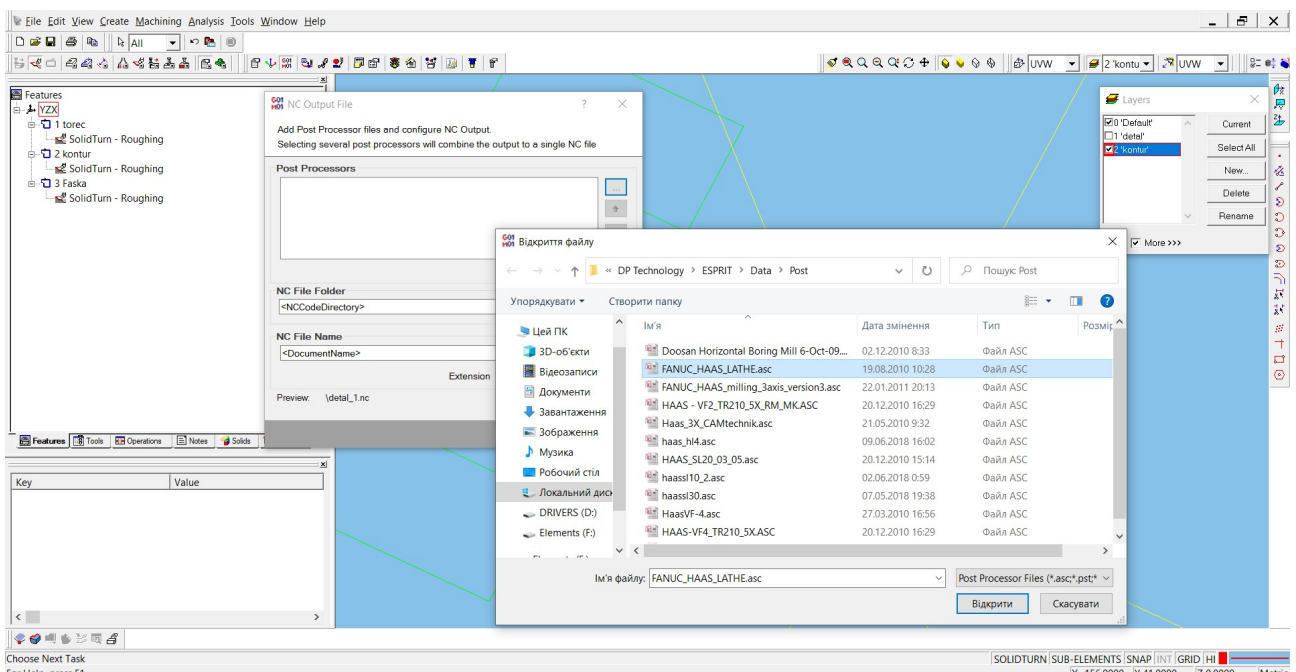
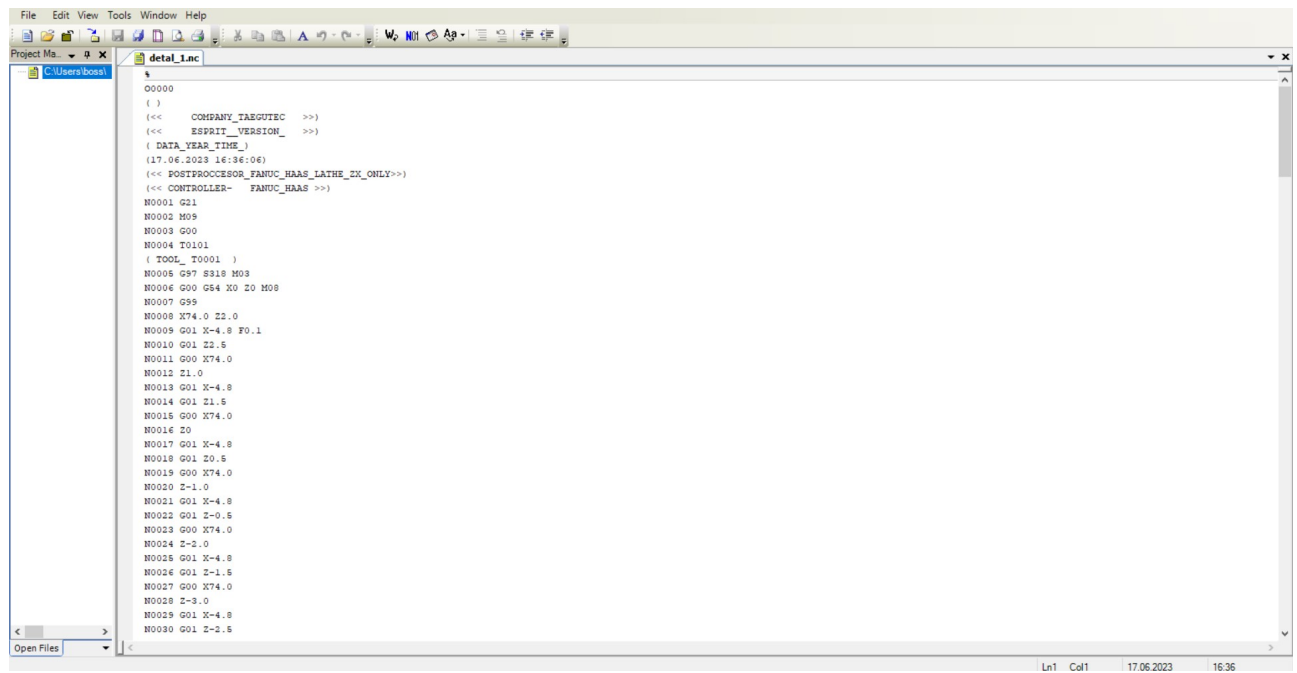


Рисунок 2.8 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M коді



```
O0000
( )
(<< COMPANY_TAGUTEC >>)
(<< SERIAL_VERSION_ >>)
( DATA_YEAR_TIME_ )
(17.06.2023 16:34:06)
(<< POSTPROCESSOR_FANUC HAAS LATHE_EX_ONLY>>)
(<< CONTROLLER- FANUC HAAS >>)
N0001 G21
N0002 M05
N0003 G00
N0004 T0101
( TOOL_T0001 )
N0005 G97 S210 M03
N0006 G00 G54 X0 Z0 M08
N0007 G99
N0008 X74.0 Z2.0
N0009 G01 X-4.8 F0.1
N0010 G01 Z2.5
N0011 G00 X74.0
N0012 Z1.0
N0013 G01 X-4.8
N0014 G01 Z1.5
N0015 G00 X74.0
N0016 Z0
N0017 G01 X-4.8
N0018 G01 Z0.5
N0019 G00 X74.0
N0020 Z-1.0
N0021 G01 X-4.8
N0022 G01 Z-0.5
N0023 G00 X74.0
N0024 Z-2.0
N0025 G01 X-4.8
N0026 G01 Z-1.5
N0027 G00 X74.0
N0028 Z-3.0
N0029 G01 X-4.8
N0030 G01 Z-2.5
```

Рисунок 2.9 – Фрагмент згенерованої програми

Текст програми наведено у додатках.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування робочого пристосування

Технологічне оснащення є важливою складовою частиною виробництва машинобудування і становить 20% собівартості виробів. Простежується, що найскладнішою та найвартіснішою частиною оснащення є пристосування. З усього масиву пристосувань, які знаходяться в експлуатації, 90% становлять верстатні пристосування для установки заготовок і інструменту.

На машинобудівних підприємствах застосовуються різні типи верстатних тисків: поворотні та нерухомі, з ручним або пневмогідравлічним приводом, а також прецизійні, синусні та лекальні.

Тиски призначені для базування та закріплення заготовок плоских деталей при обробці їх на фрезерних та свердлильних верстатах з ЧПК.

Тиск з пневмогідравлічним приводом складається з основи, яка кріпиться до верстата за допомогою болтів; корпусу з поршневым пневмогідравлічним приводом; плити з неподвижним щелепою та рухомою щелепою. Плита має кілька пазів, що дозволяє переналаштовувати тиск для обробки інших деталей. Переналаштування також може здійснюватися за допомогою змінних пластин-накладок різної конфігурації. Поршковий пневмогідравлічний привід передає силу стиску-розжиму на рухому щелепу через важіль.

Для виконання фрезерно-центрувальної операції (005) було обрано такий тип пристрою як лещата, що переналагоджуються з пневматичним затискачем.

На рисунку 3.1 зображено схему установки і зв'язок їх з пневмоприводом. Тяга, пропущена через важіль, своїм правим кінцем пов'язана зі штоком приводу, а лівим – з корпусом, пов'язаним з тримачем. Останній служить для встановлення губок, необхідний зазор забезпечується

за допомогою гвинта. Остаточний затискач забезпечується за допомогою пневматичного приводу.

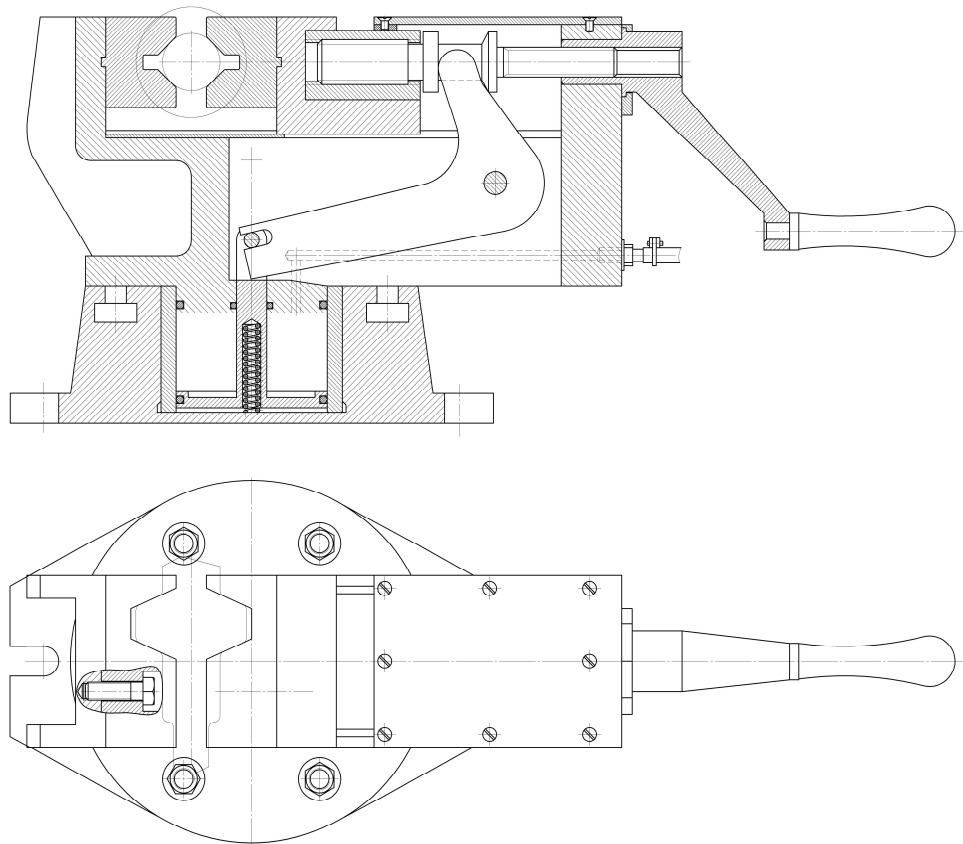


Рисунок 3.1 – Схема переналагоджувальних лещат

Розрахунок сил затискання заготовки пневмоприводом (рис. 3.1). Пневматичні силові приводи широко застосовують у пристроях різноманітних типів. Швидкість, легкість, сталість сили затиску, можливість її регулювання та контролю, а також дистанційне керування затискачами є основними перевагами пневмоприводів для затиску заготовок, що обробляються. Пневматичні приводи широко застосовуються у великосерійному та масовому виробництві.

Для забезпечення надійності затиску заготовки визначимо коефіцієнт запасу $K_{зан}$

$$K_{зан} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 = 2,96 \quad (3.1)$$

де: $K_0 = 1.5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1=1.0\dots1.2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях; $K_2=1.0\dots1.15$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту;

$K_3=1.2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні;

$K_4=1.0\dots1.3$ – коефіцієнт, що враховує сталість сил закріплення;

$K_5=1.0\dots1.2$ – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних пристроїв (тобто зручність закріплення).

Визначимо необхідну силу затиску для заготівлі, що обробляється.

$$W_n = P_z K_{зан} = 426 \cdot 2 \cdot 2,96 = 2521,9H \quad (3.2)$$

Визначимо розрахунковий діаметр пневмоциліндра

$$D_n = \sqrt{W_n / 0,758pn} = \sqrt{2521,9 / 0,758 \cdot 0,39 \cdot 0,85} = 79\text{мм} \quad (3.3)$$

Вибираємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D_y = 100\text{мм}$

Визначимо дійсну силу затиску пневмоциліндра

$$W_n = 0,758 \cdot D_n^2 \cdot p \cdot n = 0,758 \cdot 100^2 \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 2512,77H \quad (3.4)$$

Визначимо час спрацювання пневмоприводу

$$T_c = \frac{D_y \cdot l_x}{d_0^2 \cdot V_g} = \frac{100 \cdot 52}{6^2 \cdot 180} = 0,8c \quad (3.5)$$

де l_x - довжина ходу поршня, $l_x=52$ мм.

d_0 - діаметр повітроводу, $d_0=6$ мм.

V_g - швидкість переміщення повітря, $V_g=180$ (м/с)

Загальний час спрацювання пневмоциліндра показує продуктивність затискного пристрою. Хід поршня встановлюють залежно від конструктивних особливостей верстатного пристрою, оброблюваної деталі та технологічного обладнання.

3.2 Проектування контрольного інструменту

Розрахунок виконавчих розмірів шаблону ведемо за розмірами калібр-пробки

Виконавчі розміри прохідних калібрів-пробок PP_n

$$PP_n = D_{\min} + \Delta_o + \frac{H_k}{2} \quad (3.6)$$

де D_{\min} - найменший граничний розмір виробу, мм

Δ_o - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору щодо граничного розміру виробу, мкм

H_k - допуск на виготовлення калібрів, мкм

$$PP_n = 19 + 0,009 + \frac{0,004}{2} = 19,011 \text{ мм}$$

Виконавчі розміри непрохідних калібрів-пробок HE_n

$$HE_n = D_{\max} + \frac{H_k}{2} \quad (3.7)$$

де D_{\max} - максимальний граничний розмір виробу, мм

$$HE_n = 19,1 + \frac{0,004}{2} = 19,102 \text{ мм}$$

Граничний розмір зношеного калібру-пробки PP_u

$$PP_u = D_{\min} - y_\epsilon \quad (3.8)$$

де y_ϵ - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для отвору за межі поля допуску виробу

$$PP_u = 19 - 0 = 19 \text{ мм}$$

Розрахунок виконавчих розмірів калібрів-скоб

Виконавчі розміри прохідних калібрів-скоб PP_c

$$PP_c = D_{\max} - \Delta_o - \frac{H_k}{2} \quad (3.9)$$

де D_{\min} - найменший граничний розмір виробу, мм

Δ_o - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору щодо граничного розміру виробу, мкм

H_k - допуск на виготовлення калібрів для валу, мкм

$$PP_c = 35,018 - 0,0035 - \frac{0,004}{2} = 35,0107 \text{ мм}$$

Виконавчі розміри непрохідних калібрів-скоб HE_c

$$HE_n = D_{\min} - \frac{H_k}{2} \quad (3.10)$$

де D_{\max} - максимальний граничний розмір виробу, мм

$$HE_n = 35,002 - \frac{0,004}{2} = 35 \text{ мм}$$

Граничний розмір зношеного калібру-скоби PP_i

$$PP_i = D_{\min} + y_\epsilon \quad (3.11)$$

де y_ϵ - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для валу за межі поля допуску виробу

$$PP_i = 35,018 + 0,003 = 35,021.$$

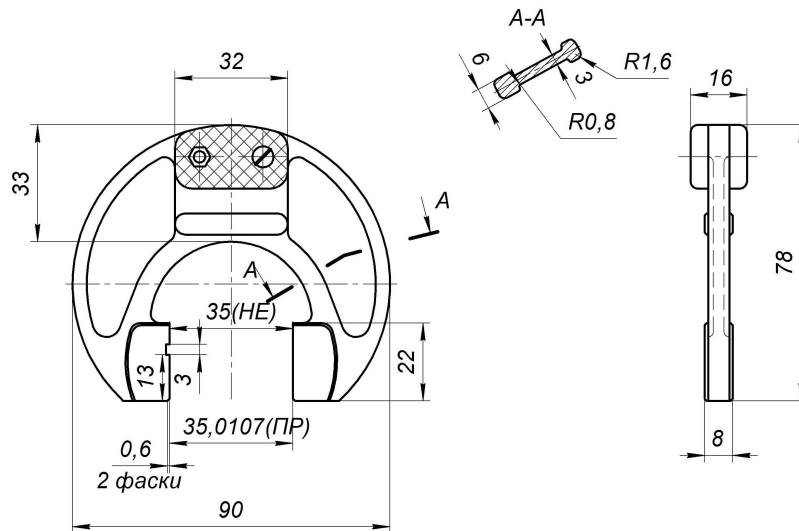


Рисунок 3.2 – Калібр-скоба

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Законодавча та нормативна база України про охорону праці

Охорона праці є важливою галуззю, що забезпечує безпеку та здоров'я працівників на робочому місці. Для забезпечення ефективної охорони праці встановлюються принципи державної політики, права громадян, соціальне страхування, компенсації за важкі та шкідливі умови праці, а також встановлюються вимоги щодо охорони праці при проектуванні, будівництві та реконструкції підприємств.

Основні поняття у галузі охорони праці включають:

1. Робоче місце: Це місце, де працівник виконує свої обов'язки або може перебувати в процесі праці. Робоче місце повинно відповідати нормам безпеки та гігієни праці.

2. Професійні ризики: Це небезпеки, пов'язані з виконанням конкретної роботи або праці в певних умовах, які можуть вплинути на здоров'я та безпеку працівника.

3. Права працівників: Процес праці має бути забезпечений таким чином, щоб працівники мали право на безпеку та здоров'я на робочому місці. Працівники також мають право на інформацію про ризики, пов'язані з їхнім робочим місцем, та право на участь у процесах охорони праці.

4. Відповідальність роботодавця: Роботодавець має забезпечити безпеку та здоров'я працівників на робочому місці шляхом виконання вимог нормативних актів про охорону праці. Він також повинен надавати необхідну інформацію та навчання працівникам.

5. Соціальне страхування: Професійні ризики, нещасні випадки на виробництві та професійні захворювання можуть бути покриті соціальним страхуванням працівників. Це передбачає виплату компенсацій та пільг працівникам у разі виникнення таких ситуацій.

6. Державні нормативні акти: Держава встановлює нормативи та правила, які регулюють охорону праці. Це включає закони, постанови, інструкції, норми та стандарти, що встановлюють вимоги до безпеки та гігієни праці.

Відповідальність за порушення законодавства та нормативних актів про охорону праці може бути передбачена штрафами, адміністративними санкціями або навіть кримінальною відповідальністю.

Охорона праці жінок та неповнолітніх має особливі вимоги і обмеження, оскільки ці групи працівників можуть бути більш вразливими. Наприклад, жінкам можуть бути накладені обмеження в роботі з певними небезпечними речовинами або у певних фізичних умовах праці.

Медичні огляди працівників певних категорій зазвичай проводяться з метою виявлення можливих протипоказань до виконання певних видів робіт або для контролю за станом здоров'я працівників у зв'язку з впливом робочих умов.

У галузі охорони праці існують державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти, які встановлюють конкретні вимоги та правила для різних галузей промисловості та робочих професій.

Україна має спеціально уповноважені органи державного управління, які відповідають за здійснення контролю та регулювання охорони праці на різних рівнях. Основні органи державного управління охороною праці включають:

1. Міністерство соціальної політики України: Відповідає за розробку та здійснення державної політики в галузі охорони праці, у тому числі прийняття нормативних актів.

2. Державна інспекція з охорони праці: Виконує функції державного нагляду за дотриманням вимог законодавства про охорону праці на підприємствах, проводить перевірки та розслідування нещасних випадків на виробництві.

На підприємстві реалізацію охорони праці виконують такі органи:

1. Служба охорони праці (СОП): Організує та контролює дотримання вимог безпеки та гігієни праці на підприємстві, надає консультації працівникам та управлінню з питань охорони праці.

2. Комісія з питань охорони праці: Формується на підприємстві та складається з представників адміністрації та профспілкового комітету. Вона вирішує питання, пов'язані з охороною праці, проводить аналіз ризиків та розглядає питання професійної підготовки працівників.

Навчання з питань охорони праці проводиться з метою підвищення обізнаності працівників щодо безпеки та гігієни праці, а також навичок виявлення та усунення.

Стандарт OHSAS 18001:2007 (Occupational Health and Safety Assessment Series) є міжнародним стандартом системи управління професійною безпекою і здоров'ям. Він є одним з найбільш досконалих стандартів управління, особливо для підприємств з шкідливими умовами виробництва.

Стандарт OHSAS 18001:2007 ґрунтується на чотирьох основних принципах: планування, виконання, перевірка та прийняття необхідних заходів. Він застосовується при організації будь-якого підприємства чи організації.

Згідно зі стандартом, керівництво несе відповідальність за організацію та ефективну функціонування системи управління охороною праці (СУОП). При створенні СУОП необхідно виконати такі кроки:

1. Визначити перелік нормативно-правових актів, що стосуються організації. Це включає закони, постанови, правила та інші нормативні документи, що регулюють питання безпеки та охорони праці в конкретній країні чи секторі діяльності.

Додатково до переліку нормативно-правових актів, можна виконати інші кроки для створення СУОП, які включають:

2. Визначення мети та об'єктів СУОП.

3. Вивчення ризиків і загроз безпеці та здоров'ю працівників на робочому місці.

4. Розробка політики безпеки та охорони праці, яка відповідає вимогам нормативно-правових актів.

5. Визначення відповідальних осіб за впровадження та виконання СУОП.

6. Розробка процедур та інструкцій, що регламентують дії та вимоги з охорони праці.

7. Проведення навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань безпеки та охорони праці.

8. Встановлення системи контролю та аудиту СУОП для забезпечення виконання вимог стандарту.

Стандарт OHSAS 18001:2007 є ефективним інструментом для організацій, оскільки допомагає систематизувати та управляти процесами охорони праці, забезпечуючи безпеку та здоров'я працівників на робочому місці.

4.2 Безпека технологічного обладнання та технологічних процесів

Складові безпеки технологічного процесу та технологічного обладнання включають ряд аспектів, які повинні бути враховані для забезпечення безпеки на робочому місці і запобігання можливим аваріям. Деякі з цих складових включають:

1. Конструктивні рішення: Врахування безпеки при проектуванні та конструюванні технологічного обладнання, зокрема використання безпечних матеріалів, міцних з'єднань, захисних кожухів та інших елементів, що зменшують ризик аварій.

2. Заходи безпеки: Використання різних заходів безпеки, таких як захисні огороження, автоматичні системи безпеки, системи контролю та аварійний зупин, а також запобіжні засоби, що включають в себе пожежні пристрої, датчики газу, аварійні вимикачі тощо.

3. Технічне обслуговування та контроль: Регулярне технічне обслуговування, огляди та перевірки технологічного обладнання для виявлення можливих несправностей та усунення їх, а також виконання контролю технологічних параметрів.

4. Навчання та інструктаж: Підготовка та навчання персоналу з питань безпеки роботи з технологічним обладнанням, використанням безпечних методів роботи, виявлення та реагування на аварійні ситуації.

5. Документація та процедури: Розробка технічної документації, яка містить інструкції щодо безпеки, процедури реагування на аварійні ситуації, правила експлуатації обладнання та іншу необхідну інформацію.

Електробезпека

Фактори, що впливають на характер ураження електричним струмом, включають:

1. Величина струму: Інтенсивність струму, що проходить через організм людини, визначає характер ураження. Чим більший струм, тим більше можливих ушкоджень.

2. Тривалість дії струму: Час, протягом якого струм протікає через організм, також впливає на наслідки ураження. При тривалому впливі струму можуть виникнути серйозні ушкодження.

3. Шлях проходження струму: Величина ураження залежить від того, як струм протікає через організм. Найбільш небезпечним є прямий контакт зі струмоведучими частинами.

Порогові значення струму за дією на організм людини варіюються залежно від умов, зокрема вологості шкіри, тривалості дії струму та індивідуальних особливостей людини. Зазвичай, порогове значення струму, при якому людина відчуває відразу небезпеку, становить близько 1 міліампера (мА).

Види електротравм можуть бути:

- Ураження електричним струмом через дотик до струмоведучих частин.
- Ураження струмом при виконанні робіт у близькому полі електростатичного чи електромагнітного випромінювання.
- Ураження блискавкою.

Причини електротравм можуть включати неправильне використання або обслуговування електрообладнання, некваліфіковане виконання робіт з

електрикою, несправність або несумісність обладнання, неналежні заходи безпеки та недостатня підготовка персоналу.

Освітлення має велике значення для ефективності та безпеки виконання різних видів робіт. Ось деякі ключові аспекти, пов'язані з освітленням:

1. Достатня освітленість: Недостатня освітленість може призвести до зменшення рівня продуктивності та якості роботи. Працівники можуть пропустити дрібні деталі, зробити помилки або не помітити потенційні небезпеки. Відповідні рівні освітленості повинні бути забезпечені відповідно до типу робіт, виконуваних у приміщенні.

2. Рівномірність освітлення: Рівномірне освітлення допомагає уникнути тіней, сліпучості та виснаженості очей. Різниця у яскравості між різними частинами робочої зони повинна бути мінімізована.

3. Колірна температура: Використання правильної колірної температури світла є важливим. Тепле біле світло (низька колірна температура) може бути сприятливим для відпочинку та розслаблення, тоді як холодне біле світло (висока колірна температура) підвищує бадьорість та увагу.

4. Мінімізація блисків і відблисків: Використання антиблікових покриттів, добре спрямованих джерел світла та правильного розташування світильників може допомогти уникнути неприємних блисків та відблисків на робочій поверхні.

5. Захист очей: Важливо враховувати індивідуальні потреби працівників щодо освітлення. Забезпечення належного освітлення на робочих місцях та надання спеціальних засобів, які допомагають захистити очі (наприклад, антиблікові окуляри), може бути необхідним.

6. Регулярні перерви: Працівникам слід надавати можливість регулярних перерв для відпочинку очей та запобігання втомі.

Загальною метою є створення комфортних і безпечних умов освітлення, які сприяють якісному виконанню робіт і забезпечують збереження зору працівників.

Вентиляція є важливою складовою виробничого середовища, оскільки вона забезпечує достатню циркуляцію повітря та зберігає прийнятні умови для працівників у виробничих приміщеннях. Ось деякі ключові аспекти, пов'язані з вентиляцією:

1. **Забезпечення свіжого повітря:** Вентиляційна система повинна забезпечувати подачу свіжого повітря зовні та видалення відпрацьованого повітря з приміщення. Це допомагає підтримувати достатній рівень кисню та запобігає накопиченню шкідливих речовин, які можуть бути присутні у виробничому середовищі.

2. **Контроль температури та вологості:** Вентиляційна система може бути використана для регулювання температури та вологості у виробничих приміщеннях. Це важливо для забезпечення комфортних умов роботи та попередження перегріву або переохолодження працівників.

3. **Вилучення шкідливих речовин:** Вентиляційна система може включати в себе фільтри та спеціальні пристрої для очищення повітря від шкідливих речовин, таких як пил, газ, пари та інші забруднюючі речовини, що виникають під час виробничого процесу.

4. **Вентиляційне проектування:** Проектування систем вентиляції здійснюється відповідно до відповідних стандартів і норм, таких як СНиП 2.04.05-91. Це включає в себе розрахунки вентиляційних параметрів, вибір вентиляційного обладнання та його розташування для оптимального забезпечення чистот

Висновки

Під час виконання даної бакалаврської роботи були досягнуті такі завдання:

- розроблено технологічний процес обробки деталі вал-шестерня;
- розроблено заготовку, яка була отримана методом лиття з припусками за аналітичними і таблицевими методами;
- розраховані режими різання. А також основний, штучний і штучно-калькуляційний час;
- розраховано і спроектовано спеціальне пристосування – лещата переналагоджувальні з пневмоприводом;
- проведений аналіз безпеки щодо впливу шкідливих факторів на виробництві.

Список використаної літератури

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих закладів освіти. Львів: Світ, 2001. 296 с.
2. Боженко, Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. К.: НМК ВО, 1990. 264 с.
3. Руденко П. О., Харламов В. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К.: Вища школа, 1993. 288 с.
4. Б. М. Гевко, М. Г. Дичковський, А. В. Матвійчук. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навчальний посібник. К.: ТОВ «Кондор», 2009. 220 с.
5. Григурко І. О., Брендюля М. Ф. , Доценко С. М. Технологія машинобудування: дипломне проектування: навчальний посібник для ВНЗ. Львів: Новий світ, 2011. 768 с.
6. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: Підручник. – Житомир.: ЖДТУ, 2005. – 924 с
7. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
8. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с. – Бібліогр.: с. 346 – 353 . ISBN 978-966- 7599-81-2
9. Приходько, В. П. Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв. Методичні матеріали до виконання курсового і дипломного проєктів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Технології машинобудування» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Приходько В. П. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,97 Мбайт). –

Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 89 с. – Назва з екрана. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47783>

10. Приходько В.П., Литвин О. В. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Зм. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. 67 Пояснювальна записка Сікорського».. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22775>

11. www.sandvik.coromant.com.

12. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

13. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.

14. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.