

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра


Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

на тему: «Зміцнення зубчастого колеса коробки передач»

Шифр: ДРАТ 24.21148.000 ПЗ

Виконав: студент 3 курсу, група АТс-21-2  Віталій ШЕВЧУК

Керівник  к.т.н., доц. Олександр РУДИК

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ  Олександр ДИХА

11 06 2024_р.

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Галузь знань: 27 «Транспорт»
Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»
Спеціалізація: «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою ТАМ
Диха О.В.
" 11 " 08 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Шевчуку Віталію Миколайовичу

1. Тема проєкту (роботи): «Зміцнення зубчастого колеса коробки передач».

Керівник роботи: Рудик Олександр Юхимович, к.т.н., доц. каф. ТАМ.

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024 р. № 8 (29)

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) на кафедру: 20.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): *матеріали переддипломної практики.*

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

1). Будова і принцип роботи коробки передач автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».

2). Призначення і конструкція веденої шестерні третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана» (аналіз технологічності конструкції шестерні, визначення типу виробництва, припуски та ковальські напуски заготовки шестерні, розміри поковки та їх допустимі відхилення).

3). Проектування ТП виготовлення шестерні (розробка маршрутної карти, розрахунок припусків на обробку).

4). Розрахунок режимів різання шестерні (аналітичним методом, за нормативами).

5). Розрахунок норм часу на механічну обробку шестерні.

6). Розрахунок точності токарної операції.

7). Проектування та розрахунок верстатного пристосування.

8). Розробка технології зміцнення веденої шестерні КПП (опис роботи та вимоги до неї, вибір та обґрунтування марки сталі, розробка технології ХТО, контроль якості ХТО).

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

– розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи).

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

7. Дата видачі завдання: 4 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Огляд літературних джерел.	10.04.2024	вик.
2	Будова і принцип роботи коробки передач автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».	15.04.2024	вик.
3	Призначення і конструкція веденої шестерні третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».	20.04.2024	вик.
4	Проектування ТП виготовлення шестерні.	01.05.2024	вик.
5	Розрахунок режимів різання і норм часу на механічну обробку шестерні.	15.05.2024	вик.
6	Розрахунок точності токарної операції. Проектування та розрахунок верстатного пристосування.	25.05.2024	вик.
7	Розробка технології зміцнення веденої шестерні КПП.	10.06.2024	вик.
8	Оформлення роботи	20.06.2024	вик.
9	Захист роботи	22.06.2024	

Студент



Віталій ШЕВЧУК

Керівник роботи



Олександр РУДИК

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 75 сторінки, кількість рисунків – 10, таблиць – 9, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 23.

Студент гр. АТс-21-2 Шевчук В.М.

Тема «Зміцнення зубчастого колеса коробки передач»

Дана бакалаврська дипломна робота присвячена розробці технологічних процесів виготовлення і зміцнення веденої шестерні третьої передачі коробки перемикачів передач (КПП) автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».

У дипломній роботі вирішувались наступні завдання:

1. Будова і принцип роботи коробки передач автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».

2. Призначення і конструкція веденої шестерні третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана» (аналіз технологічності конструкції шестерні, визначення типу виробництва, припуски та ковальські напуски заготовки шестерні, розміри поковки та їх допустимі відхилення).

3. Проектування ТП виготовлення шестерні (розробка маршрутною карти, розрахунок припусків на обробку).

4. Розрахунок режимів різання шестерні (аналітичним методом, за нормативами).

5. Розрахунок норм часу на механічну обробку шестерні.

6. Розрахунок точності токарної операції.

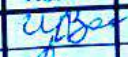



7. Проектування та розрахунок верстатного пристосування.

8. Розробка технології зміцнення веденої шестерні КПП (опис роботи та вимоги до неї, вибір та обґрунтування марки сталі, розробка технології ХТО, контроль якості ХТО).

Перелік ключових слів: ЗАЗ-1105 «ДАНА», КПП, ВЕДЕНА ШЕСТЕРНА ТРЕТЬОЇ ПЕРЕДАЧІ, ВИГОТОВЛЕННЯ, ХТО.

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Будова і принцип роботи коробки передач автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».....	10
2 Призначення і конструкція веденої шестерні третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана»	13
2.1 Аналіз технологічності конструкції шестерні	13
2.2 Визначення типу виробництва	15
2.3 Вибір заготовки шестерні.....	16
2.3.1 Припуски та ковальські напуски шестерні	17
2.3.2 Розміри поковки та їх допустимі відхилення	18
3. Проектування технологічного процесу виготовлення шестерні.....	20
3.1 Розробка маршрутної карти технологічного процесу виготовлення шестерні	20
3.2 Розрахунок припусків на обробку шестерні	21
4 Розрахунок режимів різання шестерні.....	27
4.1 Розрахунок режимів різання шестерні аналітичним методом	27
4.2 Розрахунок режимів різання шестерні за нормативами	32

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміцнення зубчастого колеса коробки передач	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Шевчук					4	72
Перевір.		Рудик				ХНУгр.АТс-21-2		
Н. Контр.		Маковкін						
Затверд.		Диха						

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
 Вступ	 9
 1 Будова і принцип роботи коробки передач автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана»	 10
 2 Призначення і конструкція веденої шестерні третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана».....	 13
2.1 Аналіз технологічності конструкції шестерні	13
2.2 Визначення типу виробництва	15
2.3 Вибір заготовки шестерні	16
2.3.1 Припуски та ковальські напуски шестерні	17
2.3.2 Розміри поковки та їх допустимі відхилення	18
 3. Проктування технологічного процесу виготовлення шестерні.....	 20
3.1 Розробка маршрутної карти технологічного процесу виготовлення шестерні	 20
3.2 Розрахунок припусків на обробку шестерні	21
 4 Розрахунок режимів різання шестерні.....	 27
4.1 Розрахунок режимів різання шестерні аналітичним методом	27
4.2 Розрахунок режимів різання шестерні за нормативами	32

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Шевчук			Зміцнення зубчастого колеса коробки передач	Літ.	Арк.	Акрушів		
Перевір.		Рудик				4	75			
Н. Контр.		Маковкін				ХНУгр.АТс-21-2				
Затверд.		Диха								

5 Розрахунок норм часу на механічну обробку шестерні.....	37
6 Розрахунок точності токарної операції.....	43
7 Проектування та розрахунок верстатного пристосування	46
8 Розробка технології зміцнення веденої шестерні КПП	49
8.1 Опис роботи веденої шестерні та вимоги до неї	49
8.2 Вибір та обґрунтування марки сталі для веденої шестерні.....	50
8.3 Розробка технології ХТО веденої шестерні.....	52
8.4 Контроль якості ХТО веденої шестерні	54
Висновки	57
Список використаних джерел.....	57
Додатки.....	60

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Анотація

Розроблений технологічний процес виготовлення веденої шестерні третьої передачі коробки перемикачів передач (КПП) автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана» з розробкою маршрутної карти, операційних ескізів механічної обробки, обчисленням припусків на обробку і режимів різання. Спроектоване верстатне пристосування.

Розроблена технологія хіміко-термічної обробки (ХТО) шестерні. Відповідно до умов експлуатації й вимогами до даної деталі для її виготовлення обрана сталь 18ХГТ. Розрахунки параметрів режиму ХТО шестерні проводився у відповідності із властивостями й особливостями обраної сталі: цементация, загартування з цементацийного нагрівання (з підстужуванням), низький відпуск. Обрані методи контролю властивостей шестерні відповідно до вимог до неї.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The technological process of manufacturing the driven gear of the third gear of the gearbox (PPC) of the ZAZ-1105 "Dana" car was developed with the development of a route map, operational sketches of mechanical processing, calculation of machining allowances and cutting modes. Designed machine adaptation.

The technology of chemical-thermal treatment (CHT) of the gear has been developed. In accordance with the operating conditions and requirements for this part, 18KHT steel was chosen for its manufacture. Calculations of the parameters of the CHTO mode of the gear were carried out in accordance with the properties and characteristics of the selected steel: cementation, hardening from cementation heating (with cooling), low tempering. The selected methods of controlling the properties of the gear according to the requirements for it.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

КПП – коробка перемикачів передач.

ТП – технологічний процес.

ХТО – хіміко-термічна обробка.

ВТК – відділ технічного контролю.

КГШП – кривошипний гарячештампувальний прес.

НРС – твердість за Роквеллом, [МПа].

$\sigma_{0,2}$ – границя (межа) текучості, [МПа].

σ_B – межа короткочасної міцності, [МПа].

Δ_5 – відносне подовження при розриві, [%]

ψ – відносне звуження, [%].

КСУ – ударна в'язкість, [кДж/м²].

С – вуглець.

Ті – титан.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. ЗАЗ-1105 «Дана» – передньопривідний автомобіль. На ньому встановлена п'ятиступінчаста КПП, від працездатності складових якої залежить можливість руху цього авто. Тому розглядалась технологія зміцнення його веденої шестерні третьої передачі: цементация, загартування з цементацийного нагрівання (з підстужуванням) і низький відпуск.

Новизна роботи. Розроблений ТП виготовлення шестерні з розробкою маршрутної карти, операційних ескізів механічної обробки та обчисленням відповідних припусків. Проведені розрахунки режимів різання, спроектоване верстатне пристосування, розроблена технологія ХТО.

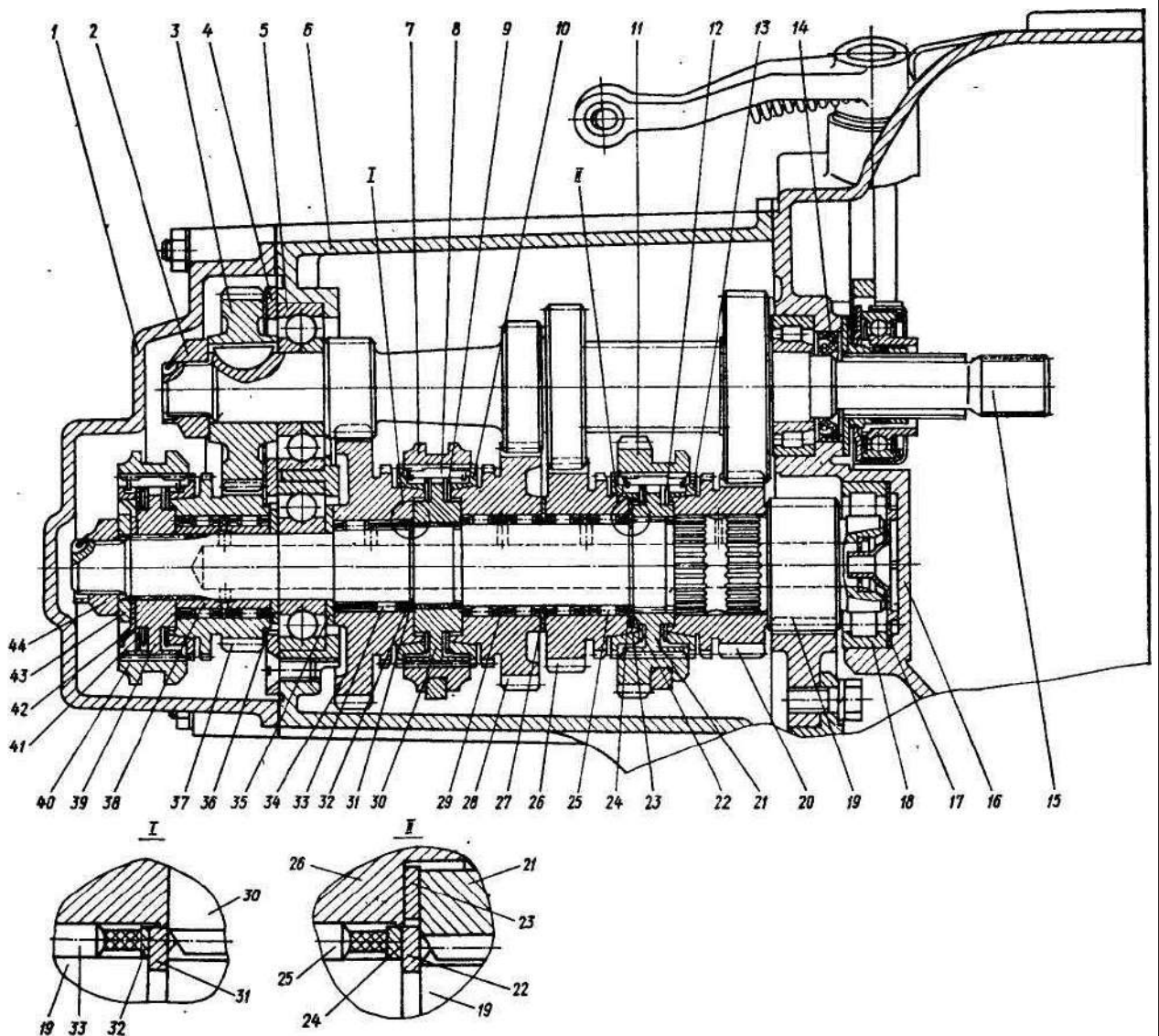
Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці: розроблений ТП виготовлення шестерні й технологія його ХТО.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Будова і принцип роботи коробки передач автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана»

На автомобілі встановлена механічна, двовальна, триходова, п'ятиступінчаста КПП з п'ятьма передачами вперед і однією назад, виконана в одному картері з головною передачею [1-2].

Усі шестерні КПП, крім заднього ходу, мають косозубчасту форму та постійне зачеплення. Ведучі шестерні 1-ї передачі мають 34 зуби (рис. 1.1), 2-ї – 28, 3-ї – 26, 4-ї – 20, а 5-ї – 37. Вони вільно обертаються на валу ведучої шестерні 19 головної передачі.



1 – кришка задня; 2, 44 – гайки; 3 – шестерня ведуча 5-ї передачі; 4 – кришка підшипників; 5, 18 – підшипники; 6 – картер КПП; 7 – муфта включення 1-ї та 2-ї

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

10

передач; 8 – сухар синхронізатора; 9, 12 – пружини синхронізаторів 1-ї, 2-ї, та 3-ї-4-ї передач; 10, 13 – кільця блокуючі синхронізатори 1-ї, 2-ї, та 3-ї-4-ї передач; 11 – ведена шестерня ведена заднього ходу; 14 – манжета; 15 – вал ведучий; 16 – картер зчеплення; 17 – шайба мастиловідбивна; 19 – ведуча шестерня-вал головної передачі; 20, 26, 28, 34, 37 – ведені шестерні 4-ї, 3-ї, 2-ї, 1-ї та 5-ї передач; 21 – маточина веденої шестерні заднього ходу; 22, 31 – кільця стопорні; 23, 27 – шайби опорні; 24, 32 – кільця; 25, 33 – голчасті підшипники; 27 – прокладні кільця; 30 – маточина муфти включення 1-ї та 2-ї передач; 35, 36 – шайби упорні; 38 – втулка розпорна; 39 – маточина муфти 5-ї передачі; 40 – муфта включення 5-ї передачі; 41, 42 – шайби упорні сухарів 5-ї передачі; 43 – упорна шайба.

Рисунок 1.1 – КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана» (поздовжній переріз)

Ведуча, проміжна та задня шестерні заднього ходу мають прямі зубці. Шестерні 1-ї – 5-ї передач вмикаються за допомогою ковзних муфт та синхронізаторів [3-4].

Муфти переміщуються за допомогою вилок перемикання, закріплених на штоках [5].

Передаточні відношення КПП: для 1-ї – $38/11 = 3,454$; для 2-ї – $37/18 = 2,056$; для 3-ї – $36/27 = 1,333$; для 4-ї – $31/32 = 0,969$; для 5-ї – $27/37 = 0,730$; для заднього ходу – $47/14 = 3,358$; для головної передачі – $62/16 = 3,875$ [6].

На шестернях не допускається пошкодження або надмірний зношення зубців. Контактна пляма зчеплення зубців шестерень повинна бути розташована на всій робочій поверхні, яка повинна бути гладкою і без слідів зношування та навалювання металу.

Шестерні замінюють, якщо навалювання металу присутнє на 15% поверхні хоча б на 2-х зубцях. Зазор зчеплення між шестернями повинен становити для 1-ї – 5-ї передач (0,060-0,360) мм, максимальний зазор – не $> 0,150$ мм. Монтажний зазор між внутрішніми діаметрами шестерень 1-ї – 5-ї передач, голчастими підшипниками та валом повинен бути (0,010-0,050) мм, максимальний зазор – не

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

> 0,070 мм. При зносах, які перевищують допустимі межі, вал або шестерні замінюються [7].

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Призначення і конструкція веденої шестерні третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана»

Ведуча шестерня 3-ї передачі (поз. 26 на рис. 1.1) є обертовим вузлом і призначена для передачі крутного моменту. Вона має гладкий центральний отвір, який є основною конструкційною основою. Шестерня має зубчастий вінець з модулем $m = 5$ мм з кількістю зубців $z = 32$, а також евольвентний шліцевий вінець з модулем $m = 5$ мм і кількістю шліців $z = 26$ (рис. А1).

2.1 Аналіз технологічності конструкції шестерні

Шестерня відноситься до деталей типу обертових тіл і має центральний отвір. Деталь вистачає достатньо жорсткою в радіальному та осьовому напрямках. Це означає, що під час виготовлення можна використати нормативні режими різання без їх зменшення. Деталь має визначені базові поверхні: торці, центральний отвір, циліндричну зовнішню поверхню, що дозволяє використати прості верстатні пристрої для операцій механічної обробки [8-9].

Згідно з ДСТУ ISO 2540:2018 розраховуємо кількісні показники технологічності – середню якість точності виготовлення поверхонь шестерні:

$$IT_{сер} = \frac{\sum IT_i * n_i}{\sum n_i}, \quad (2.1)$$

де IT_i – квалітет точності i -ої поверхні,

n_i – кількість поверхонь, які мають квалітет точності IT_i .

Для розрахунку середнього квалітету точності складаємо табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Точність поверхонь шестерні

Квалітет точності IT	7	10	12	14
Кількість поверхонь	2	1	1	13

$$IT_{сер} = \frac{7*2+10*1+12*1+14*13}{2+1+1+13} = 12,80$$

Коефіцієнт точності:

$$K_{точн} = 1 - \frac{1}{IT_{сер}}, \quad (2.2)$$

$$K_{точн} = 1 - \frac{1}{12,80} = 0,92.$$

Коефіцієнт шорсткості. Для його розрахунку складемо табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхонь шестерні

Значення шорсткості, Ra	1,0	3,2	6,3	12,5
Кількість поверхонь	4	1	3	11

Середня шорсткість:

$$Ш_{сер} = \frac{\sum Ra_i * n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де Ra_i – значення шорсткості i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь, які мають однакову шорсткість.

$$Ш_{сер} = \frac{1,0*4 + 3,2*1 + 6,3*3 + 12,5*11}{4 + 1 + 3 + 11} = 8,60 \text{ мкм.}$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{сер}}, \quad (2.4)$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{8,60} = 0,12$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{m_{д}}{m_{з}}, \quad (2.5)$$

де $m_{д}$ – маса шестерні,

$m_{з}$ – маса заготовки шестерні.

$$K_{в.м.} = \frac{3,56}{6,1} = 0,58.$$

2.2 Визначення типу виробництва

При заданому щорічному випуску деталей $N = 6400$ штук та масі шестерні $m = 3,560$ кг виробництво – серійне [12], у якому деталі виготовляються партіями наступного розміру:

$$n = \frac{N * a}{\Phi}, \quad (2.6)$$

де N – щорічний обсяг випуску шестерень;

a – кількість днів запасу шестерень;

Φ – кількість робочих днів у році.

$$n = \frac{6400 * 6}{255} = 150,60 \text{ шт.}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $n = 150,0$ шт.

За розміром партії деталей, уточнюємо, що виробництво відповідає середньосерійному режиму.

2.3 Вибір заготовки шестерні

Метод штамповки на КГШП дозволяє отримати заготовку шестерні (рис. А2) з необхідними розмірами та формою. Цей метод забезпечує достатню точність розмірів заготовки та необхідну продуктивність [11-12].

Тепер визначимо стандартні параметри точності заготовки згідно з ДСТУ 7505-89: група сталі – М2. Клас точності кування – Т3.

Розрахункова маса поковки (заготовки):

$$m_p = m_\partial * k_p, \quad (2.7)$$

де k_p – розрахунковий коефіцієнт.

$$m_p = 3,56 * 1,50 = 5,34 \text{ кг}$$

Розміри фігури (циліндра), що описує поковку, вимірюються в мм:

– діаметр

$$D_\phi = D_\partial * 1,05 \quad (2.8)$$

$$D_\phi = 170,0 * 1,05 = 178,50,$$

– довжина

$$L_\phi = L_\partial * 1,05 \quad (2.9)$$

$$L_\phi = 55,0 * 1,05 = 57,750.$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса фігури, яка описує поковку:

$$m_{\phi} = \frac{\pi * D_{\phi}^2}{4} * L_{\phi} * \rho \quad (2.10)$$

$$m_{\phi} = \frac{3,14 * 17,85^2}{4} * 5,775 * 7,87 = 11368г = 11,3680кг.$$

Коефіцієнт, який визначається відношенням розрахункової маси поковки до маси фігури:

$$m_p / m_{\phi} = 5,34 / 11,3680 = 0,470.$$

Ступень складності поковки – С 2. Конфігурація поверхні роз'єму штампа – П (плоска). За групою сталі, класу точності і ступеню складності початковий індекс поковки – 11.

2.3.1 Припуски та ковальські напуски шестерні

Основні припуски на розміри, мм [12-13]:

1,70 – Ø 135,0 мм і Ra 6,3;

1,40 – Ø 123,0 мм і Ra 12,5;

1,80 – Ø 170,0 мм і Ra 6,3;

1,80 – товщина 55,0 мм і Ra 1,0;

1,20 – товщина 30,0 мм і Ra 12,5.

Додаткові припуски, які враховують:

– зміщення по поверхні роз'єму штампа 0,30 мм;

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– відхилення від площинності 0,40 мм.

Нахил штамбу:

– на зовнішній поверхні – не $> 5^\circ$ (приймаємо 5°);

– на внутрішній поверхні – не $> 7^\circ$ (приймаємо 7°).

2.3.2 Розміри поковки та їх допустимі відхилення

Розміри заготовки, мм:

– діаметр $135 + (1,7 + 0,3) * 2 = 139,0$, приймаємо 139,0;

– діаметр $170 + (1,8 + 0,3) * 2 = 174,20$, приймаємо 174,50;

– діаметр $123 + (1,4 + 0,3) * 2 = 126,40$, приймаємо 126,50;

– товщина $30 + (1,2 + 0,4) * 2 = 33,20$, приймаємо 33,50;

– товщина $55 + (1,8 + 0,4) * 2 = 59,40$, приймаємо 59,50.

Радіус заокруглення зовнішніх кутів – 3,60 мм.

Допустимі відхилення розмірів, мм:

– $\varnothing 139^{+1,4}_{-0,8}$, $\varnothing 174,5^{+1,6}_{-0,9}$, $\varnothing 126,5^{+1,4}_{-0,8}$;

– товщина $33,5^{+1,1}_{-0,5}$, $39,5^{+1,3}_{-0,7}$.

Допуск на остаточний облой: 0,80 мм [12-13].

Допуск на відхилення від площинності: 0,80 мм.

Допуск на відхилення концентричності пробитого отвору від зовнішнього контуру поковки: 1,00 мм.

Допуск на зсув по поверхні роз'єму штамба: 0,60 мм.

Максимальна висота заусенця: 3,00 мм..

Вартість заготовки, грн.:

$$S_{заг} = \frac{C_i}{1000} * Q * K_m * K_c * K_e * K_n * K_m - (Q - q) * \frac{S_{відх}}{1000} \quad (2.11)$$

де C_i – базова вартість 1 тонни заготовок;

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Q – маса заготовки;

K_T – коефіцієнт, який залежний від класу точності;

K_C – коефіцієнт, який залежний від ступеня складності;

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

K_П – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок;

K_M – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу;

q – маса деталі;

S_{відх} – ціна 1 т відходів.

$$S_{заг} = \frac{1355,233}{1000} * 6,1 * 1,0 * 0,9 * 0,9 * 1,0 * 1,79 - (6,1 - 3,56) * \frac{162,628}{1000} = 11,573 \text{ грн.}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Проектування технологічного процесу виготовлення шестерні

3.1 Розробка маршрутної карти технологічного процесу виготовлення шестерні

Відповідно до креслення шестерні (рис. А1) та річного обсягу випуску, приймаємо наступний маршрут її обробки [12-13] (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Маршрутний ТП виготовлення шестерні

№ операції	Найменування і зміст операції	Модель станка	Ріжучий інструмент	Технологічні бази
005	Токарна з ЧПК: 1. Чорнове точіння торців $\varnothing 123,0$ мм і $\varnothing 170,0$ мм. 2. Чистове точіння торця $\varnothing 123,0$ мм. 3. Чорнове розточування отвору $\varnothing 100,0$ мм. 4. Чистове розточування отвору $\varnothing 100,0$ мм.	16K20T1-02	Різець прохідний 25 ζ 160, T15K6 Різець розточний 25 ζ 250, T15K6	Поверхня $\varnothing 170,0$ мм, торець
010	Токарна з ЧПК: 1. Чорнове точіння торців $\varnothing 135,0$ мм і $\varnothing 170,0$ мм поверхонь $\varnothing 135,0$ мм і $\varnothing 170,0$ мм. 2. Чистове точіння торця $\varnothing 135,0$ мм і поверхні $\varnothing 135,0$ мм. 3. Точіння канавки.	16K20T1-02	Різець прохідний 25 ζ 160, T15K6 Різець канавковий 25 ζ 160, T15K6	Отвір, торець
015	Зубодовбальна: 1. Довбання шліців.	5122	Довбак $\varnothing 100,0$ мм, P6M5	Отвір, торець
020	Зубофрезерувальна: 1. Фрезерування зубів.	5B312	Фреза черв'ячна $\varnothing 100,0$ мм, P6M5	Отвір, торець
025	Термічна:	Піч Ц-25		
030	Внутрішньошліфувальна: 1. Шліфування отвору $\varnothing 100,0$ мм.	3K228B	Коло шліфувальне 1-80 50 20 E9A 40 CM1 7 K 40м/с А 1кл. ДСТУ 2424-83	Зуби, торець

	2. Шліфування торця Ø123,0 мм.		Коло шліфувальне 11-125/92 45 32-13,13,70 E5 40 CM2 7 Б 40м/с А 1кл. ДСТУ 2424-83	
035	Плоскошліфувальна: 1. Шліфування торця Ø135,0 мм.	3Д723	Коло шліфувальне 11 1-450 80 203 E25 CM1 К 35м/с А 1кл. ДСТУ 2424-83	Торець
040	Зубошліфувальна: 1. Шліфування зубів.	5841	Коло шліфувальне 4-250 25 76-5 EB25 CM1 К 35м/с А 1кл. ДСТУ 2424-83	Отвір, торець
045	Контрольна	Стіл ВТК		

3.2 Розрахунок припусків на обробку шестерні

Розраховуємо припуски на поверхню $\varnothing 100^{+0,035}$ мм. Заготовку шестерні отримуємо штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні містить наступні операції [12-13]:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Припуски:

$$2 * z_{\min} = 2 * \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon^2} \right), \quad (3.1)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, які отримані на попередній операції;

T_{i-1} – глибина дефектного шару, який отриманий на попередній операції;

ρ_{i-1} – просторове відхилення, яке отримане на попередній операції;

ε – похибка базування на цій операції.

Для всіх операцій виписуємо значення Rz і T :

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21148.000. ПЗ				

– для заготовки:

$$Rz = 150,0 \text{ мкм}, T = 250,0 \text{ мкм};$$

– для чорнового точіння:

$$Rz = 50,0 \text{ мкм}, T = 50,0 \text{ мкм};$$

– для чистового точіння:

$$Rz = 20,0 \text{ мкм}, T = 25,0 \text{ мкм}.$$

Просторове відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{zc}^2 + \rho_{відх}^2}, \quad (3.2)$$

де ρ_{zc} – допуск на зсув по поверхні роз'єму штампа;

$\rho_{відх}$ – допуск на відхилення (ексцентриситет) пробивання центрального отвору відносно зовнішнього контуру заготовки.

Тому:

$$\rho_3 = \sqrt{0,6^2 + 1^2} = 1,166 \text{ мм};$$

$$\rho_1 = 0,06 * \rho_3 \quad (3.3)$$

$$\rho_1 = 0,06 * 1,166 = 0,07 \text{ мм}$$

$$\rho_2 = 0,040 * \rho_3 \quad (3.4)$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_2 = 0,040 * 1,166 = 0,047 \text{ мм}$$

Похибка фіксації:

$$\varepsilon_1 = 130 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2 = 0,06 * \varepsilon_1;$$

$$\varepsilon_2 = 0,06 * 130 = 7,8 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 0,04 * \varepsilon_1;$$

$$\varepsilon_3 = 0,04 * 130 = 5,2 \text{ мкм}.$$

Допуски на всі операції ТП.

$$2 * z_{\min 1} = 2 * \left(150 + 250 + \sqrt{1166^2 + 130^2} \right) = 2 * 1573 \text{ мкм};$$

$$2 * z_{\min 2} = 2 * \left(50 + 50 + \sqrt{70^2 + 7,8^2} \right) = 2 * 170 \text{ мкм};$$

$$2 * z_{\min 3} = 2 * \left(20 + 25 + \sqrt{47^2 + 5,2^2} \right) = 2 * 92 \text{ мкм}.$$

Складаємо табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку отвору $\varnothing 100^{+0,035}$ мм

Назва операції	Елементи припуску, мкм				Припуск $2 \cdot z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2 \cdot z_{\min}^{np}$	$2 \cdot z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	1166	–	–	96,365	2000	94,0	96,0	–	–
Точіння чорнове	50	50	70	130	1573,0	99,511	350	99,160	99,510	3510,0	5160,0
Точіння чистове	20	25	47	7,8	170,0	99,851	87	99,764	99,851	341,0	604,0
Шліфування	–	–	–	5,2	92,0	100,035	35	100,000	100,035	184,0	236,0

Графу в табл. 3.2 "Розрахунковий розмір" (d_p) заповнюється, починаючи з кінцевого розміру, послідовним відніманням розрахункового \min припуску кожного технологічного переходу.

Для чистового точіння шестерні:

$$d_{p2} = 100,035 - 2 * 0,092 = 99,851 \text{ мм.}$$

Для чорнового точіння шестерні:

$$d_{p1} = 99,851 - 2 * 0,170 = 99,511 \text{ мм.}$$

Для заготовки шестерні:

$$d_{p3} = 99,511 - 2 * 1,573 = 96,365 \text{ мм.}$$

Приймаємо допуски для кожного переходу відповідно до кваліфікації того чи іншого виду обробки [9-12]:

- для заготовки $\delta_3 = 2000,0$ мкм;
- для чорнового точіння $\delta_1 = 350,0$ мкм;
- для чистового точіння $\delta_2 = 87,0$ мкм;
- для шліфування: $\delta_3 = 35,0$ мкм.

Граничний розмір (d_{\max}) отримуємо на основі розрахункових розмірів, округлених до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальний розмір (d_{\min}) визначається через віднімання \max граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Таким чином, мінімальний \varnothing під час шліфування:

$$d_{\min 3} = 100,035 - 0,035 = 100,0 \text{ мм.}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При чистовому точінні шестерні:

$$d_{\min 2} = 99,851 - 0,087 = 99,764 \text{ мм.}$$

При точінні шестерні:

$$d_{\min 1} = 99,510 - 0,350 = 99,160 \text{ мм.}$$

Для заготовки шестерні:

$$d_{\min 3} = 96,0 - 2,0 = 94,0 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків [11-13]:

– max:

$$2 * z_{\max}^{np} = d_{\min i} - d_{\min i-1}; \quad (3.5)$$

– min:

$$2 * z_{\min}^{np} = d_{\max i} - d_{\max i-1}. \quad (3.6)$$

Для шліфування шестерні:

$$2 * z_{\max}^{np} = 100,000 - 99,764 = 0,236 \text{ мм};$$

$$2 * z_{\min}^{np} = 100,035 - 99,851 = 0,184 \text{ мм.}$$

Для чистового точіння:

$$2 * z_{\max}^{np} = 99,764 - 99,160 = 0,604 \text{ мм};$$

$$2 * z_{\min}^{np} = 99,851 - 99,510 = 0,341 \text{ мм.}$$

Для чорнового точіння:

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2 * z_{\max}^{np} = 99,160 - 94,000 = 5,160 \text{ мм};$$

$$2 * z_{\min}^{np} = 99,510 - 96,000 = 3,510 \text{ мм}.$$

Загальні припуски:

$$2 * z_{o\min} = 35100 + 3410 + 1840 = 40350 \text{ мкм};$$

$$2 * z_{o\max} = 51600 + 6040 + 2360 = 60000 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$z_{o\text{ном}} = z_{o\min} + ES_3 - ES_d, \quad (3.7)$$

де ES_3 і ES_d – верхні відхилення діаметра заготовки та діаметра шестерні (деталі).

$$z_{o\text{ном}} = 40350 + 7000 - 350 = 47000 \text{ мкм}.$$

Номінальний діаметр заготовки шестерні:

$$d_{з\text{ном}} = d_{д\text{ном}} - z_{o\text{ном}}, \quad (3.8)$$

де $d_{д\text{ном}}$ – номінальний діаметр шестерні.

$$d_{з\text{ном}} = 100,00 - 4,70 = 95,30 \text{ мм}.$$

Перевірка виконаних розрахунків:

$$z_{\max 3}^{np} - z_{\min 3}^{np} = 2360 - 1840 = 520 \text{ мкм}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 87,0 - 35,0 = 52,0 \text{ мкм};$$

$$z_{\max 2}^{np} - z_{\min 2}^{np} = 6040 - 3410 = 2630 \text{ мкм}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 350,0 - 87,0 = 263,0 \text{ мкм};$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_{\max 1}^{np} - z_{\min 1}^{np} = 51600 - 35100 = 16500 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 20000 - 3500 = 16500 \text{ мкм}.$$

Припуски та граничні відхилення на усі інші оброблювані поверхні визначаємо за ДСТУ 7505-89 і зводимо у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Припуски та граничні відхилення на оброблювані поверхні шестерні (мм)

Розмір шестерні	Припуск		Граничні відхилення
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 100^{+0,035}$	–	2*2,35	+0,7 -1,3
$\varnothing 135_{-0,16}$	2*2,00	–	+1,4 -0,8
$\varnothing 170_{-1}$	2*2,250	–	+1,6 -0,9
$\varnothing 123_{-1}$	2*1,750	–	+1,4 -0,8
30±0,26	2*1,750	–	+1,1 -0,5
55±0,37	2*2,250	–	+1,3 -0,7

4 Розрахунок режимів різання шестерні

4.1 Розрахунок режимів різання шестерні аналітичним методом

Операція 005 – токарна з ЧПК. Модель верстата 16K20T1-02

Інструмент з пластинкою з твердого сплаву Т15К6. Операція включає чорнове точіння торців діаметрами $\varnothing 123,0$ мм і $\varnothing 170,0$ мм, чистове точіння торця діаметром $\varnothing 123,0$ мм, чорнове і чистове розточування отвору діаметром $\varnothing 100,0$ мм.

Глибина різання [10-13]:

$$t = 1,750 \text{ мм}.$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендована та прийнята згідно з паспортом станка подача:

$$S_o = 0,400 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання [13, 14]:

$$V = \frac{C_V}{T^m * t^x * S^y} * K_V, \quad (4.1)$$

де C_V – постійний коефіцієнт для даного типу обробки;

T – міцність інструменту;

t – глибина різання;

S – подача,

K_V – поправний коефіцієнт.

m, x, y – коефіцієнти:

$$x = 0,150;$$

$$y = 0,350;$$

$$m = 0,20.$$

$$K_V = K_{uV} * K_{mV} * K_{nV}, \quad (4.2)$$

де K_{uV} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструмента;

K_{mV} – коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу;

K_{nV} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні.

$$K_{mV} = K_\sigma * \left(\frac{750}{\sigma_\sigma} \right)^{n_V}, \quad (4.3)$$

де K_σ – коефіцієнт, який характеризує групу сталі за оброблюваністю;

n_V – показник степені.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{.MV} = 0,8 * \left(\frac{750}{950} \right)^1 = 0,630;$$

$$K_{иV} = 1,00;$$

$$K_{пV} = 0,80;$$

$$K_V = 1,00 * 0,630 * 0,80 = 0,50;$$

$$T = 45,0 \text{ хв.};$$

$$C_V = 350,0;$$

$$V = \frac{350}{45^{0,20} * 1,75^{0,150} * 0,4^{0,350}} * 0,50 = 104,0 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}; \quad (4.4)$$

$$n = \frac{1000 * 104,0}{3,14 * 170} = 195,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання $n_{пр} = 160,0 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 * 170,0 * 160,0}{1000} = 85,0 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя для $\varnothing 123,0 \text{ мм}$:

$$n = \frac{1000 * 104,0}{3,14 * 123,0} = 269,0 \text{ хв}^{-1}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання $n_{пр} = 250,0 \text{ хв}^{-1}$.

$$V_{\partial} = \frac{3,14 * 123,0 * 250,0}{1000} = 97,0 \text{ м/хв.}$$

Для розточування отвору $\varnothing 100,0$ мм приймаємо швидкість на 20% менше:

$$V = 104,0 * 0,80 = 83,20 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * 83,2}{3,14 * 100,0} = 265,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання $n_{пр} = 250,0 \text{ хв}^{-1}$.

$$V_{\partial} = \frac{3,14 * 100,0 * 250,0}{1000} = 79,0 \text{ м/хв.}$$

Сила різання [13, 14]:

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p, \quad (4.5)$$

де $C_p = 300,0$ – постійний коефіцієнт;

$x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ – показники ступені.

$$K_p = K_{MP} * K_{\varphi P} * K_{\gamma P} * K_{\lambda P} * K_{rP}, \quad (4.6)$$

де K_{MP} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу;

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\phi P}$, $K_{\gamma P}$, $K_{\lambda P}$, K_{IP} – коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (4.7)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{950}{750} \right)^{0,750} = 1,190;$$

$$K_P = 1,190 * 0,890 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 1,060;$$

$$P_z = 10 * 300,0 * 1,25^1 * 0,4^{0,75} * 97^{-0,15} * 1,06 = 1007,0 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60}, \quad (4.8)$$

$$N = \frac{1007,0 * 97,0}{1020 * 60} = 1,60 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна головного приводу верстата:

$$N_{cm} = 11,0 \text{ кВт,}$$

$$N < N_{cm}.$$

Таким чином, привод верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

Операція 035 – плоскошліфувальна. Верстат моделі 3Д723

Режими різання [10]. Поздовжня подача:

$$S = 0,2 * B, \quad (4.9)$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де В – ширина круга.

$$S = 0,2 * 80,0 = 16,0 \text{ мм/подв.хід.}$$

Швидкість шестерні:

$$V = 20 \text{ м/хв.}$$

Частота подвійних ходів стола:

$$n_{\text{подв.х.}} = \frac{135}{16,0} = 8,40 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо $n_{\text{подв.х.}} = 9,0 \text{ хв}^{-1}$

4.2 Розрахунок режимів різання шестерні за нормативами

Операція 010 – токарна обробка з ЧПУ. Використовується станок моделі 16K20T1-02

Інструмент з пластинкою з твердого сплаву Т15К6. Зміст операції включає: чорнове точіння торців діаметрами $\varnothing 135,0$ мм і $\varnothing 170,0$ мм, поверхонь $\varnothing 135,0$ мм і $\varnothing 170,0$ мм, чистове точіння торця і поверхні діаметром $\varnothing 135,0$ мм, а також точіння канавки [13, 14].

Рекомендована та прийнята згідно з паспортом станка подача:

$$S_0 = 0,40 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання [13, 14]:

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = V_{\text{табл}} * K_1 * K_2 * K_3, \quad (4.10)$$

де $V_{\text{табл}}$ – значення швидкості з таблиці,

K_1 – коефіцієнт, залежний від матеріалу, що обробляється;

K_2 – коефіцієнт, залежний від стійкості та марки твердого сплаву;

K_3 – коефіцієнт, залежний від типу обробки.

$$V_{\text{табл}} = 115,0 \text{ м/хв.};$$

$$K_1 = 0,750.$$

$$K_2 = 1,550.$$

$$K_3 = 1,0.$$

$$V = 115,0 * 0,750 * 1,550 * 1,0 = 134,0 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя для $\varnothing 170,0$ мм.

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \quad (4.11)$$

$$n = \frac{1000 * 134}{3,14 * 170,0} = 250,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання $n_{\text{пр}} = 250,0 \text{ хв}^{-1}$.

Справжня швидкість різання:

$$V_{\varnothing} = 134,0 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя для $\varnothing 135,0$ мм:

$$n = \frac{1000 * 134}{3,14 * 135,0} = 315,0 \text{ хв}^{-1}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання $n_{пр} = 315,0 \text{ хв}^{-1}$.

$$V_{\partial} = 134,0 \text{ м/хв.}$$

Для точіння канавки приймаємо швидкість на 20% менше:

$$V = 134,0 * 0,8 = 107,0 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * 107,0}{3,14 * 135} = 252,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання $n_{пр} = 250,0 \text{ хв}^{-1}$.

$$V_{\partial} = \frac{3,14 * 135 * 250}{1000} = 106,0 \text{ м/хв.}$$

Операція 15 – зубодовбальна. Верстат моделі 5122

Подача [8]:

$$S_0 = S_{0\text{табл}} * K_S, \quad (4.12)$$

де K_S – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу.

$$S_{0\text{табл}} = 0,2 \text{ мм/подв.хід;}$$

$$K_S = 1,0;$$

$$S_0 = 0,2 * 1,0 = 0,2 \text{ мм/подв.хід.}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_0 = 0,2 \text{ мм/подв.хід.}$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість різання [10-12]:

$$V = V_{табл} * K_V, \quad (4.13)$$

де $K_V = 1,0$ – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу.

$$V_{табл} = 24,0 \text{ м/хв.}$$

$$V = 24,0 * 1,0 = 24,0 \text{ м/хв.}$$

Число подвійних ходів довб'яка:

$$n_{подвх} = \frac{1000 * V}{2 * L_{р.х.}}, \quad (4.14)$$

де $L_{р.х.}$ – довжина робочого ходу.

$$L_{р.х.} = L_{різ} + 6, \quad (4.15)$$

де $L_{різ}$ – довжина різання.

$$L_{р.х.} = 13,0 + 6 = 19,0 \text{ мм,}$$

$$n_{подвх.} = \frac{1000 * 24,0}{2 * 19,0} = 632,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата число подвійних ходів довб'яка $n_{подвх.} = 500,0 \text{ хв}^{-1}$.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_d = \frac{2 * L_{p.x.} * n_{подвх.}}{1000}, \quad (4.16)$$

$$V_d = \frac{2 * 19,0 * 500,0}{1000} = 19,0 \text{ м/хв.}$$

Аналогічно розраховуємо режими різання на інші операції (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Зведена таблиця режимів різання шестерні

№ операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання t, мм	Довжина різання l _{рез} , мм	Подача S ₀ , мм/об.		Швидкість V, м/хв.		Частота обертання n, хв ⁻¹		Хвилина подача S _м , мм/хв.	Основний час t ₀ , хв.	
				розрахункова	прийнята	розрахункова	прийнята	розрахункова	прийнята			
005	Токарна з ЧПК											
	1. Чорнове точіння:											
	Ø123,0 мм	1,250	11,50	0,40	0,40	104,0	97,0	269,0	250,0	100,0	0,20	
	Ø170,0 мм	1,750	23,50	0,40	0,40	104,0	85,0	195,0	160,0	64,0	0,410	
	2. Чистове точіння											
	Ø123,0 мм	0,50	11,50	0,150	0,150	251,0	243,0	650,0	630,0	94,50	0,210	
010	3. Чорнове розточування											
	Ø100,0 мм	1,930	55,0	0,40	0,40	83,0	79,0	265,0	250,0	100,0	0,620	
	4. Чистове розточування											
	Ø100,0 мм	0,302	55,0	0,150	0,150	201,0	198,0	640,0	630,0	94,50	0,660	
015	Токарна з ЧПК											
	1. Чорнове точіння:											
	Ø135,0 мм	1,250	17,50	0,40	0,40	134,0	134,0	315,0	315,0	126,0	0,190	
	Ø135,0 мм	1,40	20,0	0,40	0,40	134,0	134,0	315,0	315,0	126,0	0,140	
	Ø170,0 мм	1,750	17,50	0,40	0,40	134,0	134,0	250,0	250,0	100,0	0,140	
	Ø170,0 мм	2,250	30,0	0,40	0,40	134,0	134,0	250,0	250,0	100,0	0,3	
	2. Чистове точіння:											
	Ø135,0 мм	0,50	17,50	0,150	0,150	186,0,0	170,0	439,0	400,0	60,0	0,40	
Ø135,0 мм	0,60	20,0	0,150	0,150	186,0	170,0	439,0	400,0	60,0	0,380		
020	3. Точіння канавки.											
	5,0	6,50	0,40	0,40	107,0	106,0	252,0	250,0	100,0	0,180		
015	Зубодовбальна:											
020	Зубофрезерувальна:											
030	Внутрішньошліфувальна:											
035	1. Довбання шліців.											
	5,350	13,0	0,20	0,02	24,0	19,0	632,0	500,0	100,0	4,350		
040	1. Фрезерування зубів.											
	6,250	30,0	2,10	0,80	40,0	39,0	127,0	125,0	100,0	21,440		
030	2. Шліфування отвору Ø100,0 мм											
	0,118	55,0	0,0034	0,0034	70,0	70,0	223,0	223,0	0,130	0,420		
035	2. Шліфування торця Ø123,0 мм											
	0,50	0,50	0,0022	0,0022	70,0	70,0	200,0	200,0	1,980	0,090		
035	Плоскошліфувальна:											
	Шліфування торця Ø135,0 мм.											
040	Зубошліфувальна:											
040	1. Шліфування зубів.											
	0,10	30,0	0,80	0,80	10,0	10,0	167,0	167,0	133,60	13,030		

5 Розрахунок норм часу на механічну обробку шестерні

У середньосерійному виробництві розраховують норму штучно-калькуляційного часу [13, 14]:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (5.1)$$

де $t_{шт}$ – штучний час;

$t_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час;

n – розмір партії деталей.

Штучний час:

$$t_{шт} = t_o + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп}, \quad (5.2)$$

де t_o – основний час;

$t_{дон}$ – допоміжний час;

$t_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{відп}$ – час на відпочинок.

Додатковий час:

$$t_e = (t_{ус.} + t_{з.в.} + t_{уп.} + t_{вим.}) * k, \quad (5.3)$$

де $t_{ус.}$ – час на установку і знімання шестерні;

$t_{з.в.}$ – час на закріплення та відкріплення шестерні;

$t_{уп.}$ – час на прийоми керування верстатом;

$t_{вим.}$ – час на вимірювання шестерні;

$k = 1,85$ – коефіцієнт, який враховує тип виробництва (середньосерійне).

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час на обслуговування та відпочинок $t_{обс}$ і $t_{відп}$ у серійному виробництві окремо не визначають: у нормативах дають суму цих двох складових у відсотках від оперативного часу $t_{он}$:

$$t_{он} = t_o + t_g. \quad (5.4)$$

Норма часу для операції 005 – токарної з ЧПК.

Основний час на операцію:

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_{oi}, \quad (5.5)$$

де t_{oi} – основний час для i -го переходу.

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o * n} * i, \quad (5.6)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу;

S_o – подача на оберт;

n – частота обертання;

i – кількість робочих ходів.

$$t_{o1} = \frac{20}{0,4250} * 1 = 0,20 \text{ хв.};$$

$$t_{o2} = \frac{26}{0,4 * 160} * 1 = 0,410 \text{ хв.};$$

$$t_{o3} = \frac{20}{0,15 * 630} * 1 = 0,210 \text{ хв.};$$

$$t_{o4} = \frac{62}{0,4 * 250} * 1 = 0,620 \text{ хв.};$$

$$t_{o5} = \frac{62}{0,15 * 630} * 1 = 0,660 \text{ хв.}.$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний час на операцію:

$$t_o = 0,20 + 0,410 + 0,210 + 0,620 + 0,660 = 2,10 \text{ хв. .}$$

Час на установку та закріплення-відкріплення шестерні у патроні:

$$t_{yc.} + t_{з.в.} = 0,1 \text{ хв.} \quad (5.7)$$

Час на прийоми керування верстатом (увімкнення верстата кнопкою та підведення або відведення інструменту до деталі при обробці):

$$t_{yn.} = 0,010 + 0,025 = 0,035 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання розмірів шестерні:

$$t_{уз.} = 0,160 + 0,130 + 0,130 + 0,130 = 0,550 \text{ хв.}$$

Додатковий час:

$$t_g = (0,100 + 0,035 + 0,550) \cdot 1,850 = 1,270 \text{ хв. .}$$

Оперативний час:

$$t_{on} = 2,10 + 1,270 = 3,370 \text{ хв. .}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок:

$$t_{обс} + t_{відн} = 0,070 \cdot 3,370 = 0,240 \text{ хв. .}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штучний час:

$$t_{um} = 2,10 + 1,270 + 0,240 = 3,610 \text{ хв. .}$$

Підготовчо-заключний час (на: налагодження верстата та інструменту; отримання інструментів на початку та здавання після закінчення роботи):

$$t_{n.z.} = 12,0 + 10,0 = 22,0 \text{ хв. .}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$t_{um-k} = 3,61 + \frac{22,0}{30,0} = 4,34 \text{ хв. .}$$

Норма часу для операції 020 – зубофрезерувальної.

Основний час [10-12]:

$$t_o = \frac{L_{p.x.} * z_{\partial}}{S_o * n * \varepsilon * q}, \quad (5.8)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу;

z_{∂} – число зубів шестерні;

S_o – подача на оберт;

n – частота обертання;

ε – число заходів фрези;

q – число одночасно оброблюваних деталей.

$$t_o = \frac{67 * 32}{0,8 * 125 * 1 * 1} = 21,440 \text{ хв. .}$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час на встановлення та закріплення шестерні на оправці з кріпленням її гайкою зі швидкознімною шайбою:

$$t_{yc.} + t_{з.о.} = 0,260 + 0,050 + 0,036 + 0,10 = 0,446 \text{ хв. .}$$

Час на прийоми керування верстатом (увімкнення верстата кнопкою та підведення або відведення інструменту до шестерні при її обробці):

$$t_{yn.} = 0,01 + 0,04 + 0,10 = 0,150 \text{ хв. .}$$

Час на вимірювання шестерні:

$$t_{вим.} = 0,160 \text{ хв. .}$$

Додатковий час:

$$t_{\delta} = (0,446 + 0,150 + 0,160) * 1,850 = 1,40 \text{ хв. .}$$

Оперативний час:

$$t_{он} = 21,44 + 1,40 = 22,84 \text{ хв. .}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок:

$$t_{обс} + t_{отд} = 0,08 * 22,84 = 1,83 \text{ хв. .}$$

Штучний час:

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{ум} = 21,44 + 1,40 + 1,83 = 24,670 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час (час на наладку верстата та інструменту):

$$t_{п.з.} = 15,0 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$t_{ум-к} = 24,67 + \frac{15,0}{15,0} = 25,670 \text{ хв.}$$

Аналогічно розраховуємо норми часу на інші операції (результати зводимо в табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Зведена таблиця норм часу (хв.)

№ операції	Найменування операції	Основний час, t_0 , хв.	Додатковий час, t_n , хв.			Оперативний час, $t_{оп}$, хв.	Час на обслуговування та відпочинок, $t_{обс} + t_{од}$, хв.	Штучний час, $t_{шт}$, хв.	Підготовчо-заключний час, $t_{п.з.}$, хв.	Величина партії n	Штучно-калькуляційний час, $t_{шт-к}$, хв.
			$t_{ус.} + t_{з.о.}$	$t_{уп.}$	$t_{п.в.}$						
005	Токарна з ЧПК	2,10	0,185	0,065	1,020	3,370	0,240	3,610	22,0	30,0	4,340
010	Токарна з ЧПК	1,730	0,185	0,065	1,000	2,980	0,210	3,190	22,0	30,0	3,920
015	Зубодовбальна	4,350	0,830	0,130	0,370	5,680	0,450	6,130	20,0	50,0	6,530
020	Зубофрезерна	21,440	0,830	0,280	0,300	22,840	1,830	24,670	15,0	15,0	25,670
030	Внутрішньо-шліфувальна	0,510	0,185	0,100	0,440	1,240	0,062	1,302	16,0	50,0	1,622
035	Плоскошліфувальна	2,030	0,120	0,090	0,410	2,650	0,110	0,760	3,0	50,0	0,820
040	Зубошліфувальна	13,030	0,730	1,050	0,410	15,220	0,610	15,830	160,0	50,0	19,030

6 Розрахунок точності токарної операції

Розрахунок точності проводимо на токарну операцію 010, де виконується чистове точіння поверхні шестерні $\varnothing 135,0$ мм. Допуск на оброблювану поверхню $T = 160$ мкм. Сумарна похибка [12, 13]:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{zn} + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{вип}^2 + \varepsilon_y^2}, \quad (6.1)$$

де Δ_{zn} – похибка, обумовлена зношуванням ріжучого інструменту;

Δ_n – похибка налаштування верстата;

$\Delta_{вип}$ – поле розсіювання похибок обробки, зумовлених технологічними факторами випадкового характеру;

ε_y – похибка установки заготовки шестерні.

Похибка, обумовлена зношуванням ріжучого інструменту:

$$\Delta_{zn} = \frac{Z_e * L}{1000}, \quad (6.2)$$

де $Z_e = 9,0$ мкм/км – відносне зношування інструменту;

L – шлях різання.

Шлях різання:

$$L = \frac{\pi * D * l * n}{1000 * S_o}, \quad (6.3)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні;

l – довжина оброблюваної поверхні;

n – кількість деталей в партії;

S_o – подача.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \frac{3,14 * 135,0 * 20,0 * 30}{1000 * 0,15} = 16960 \text{ мм}.$$

$$\Delta_{зп} = \frac{9,0 * 16960}{1000} = 15,0 \text{ мкм}.$$

Похибка настроювання верстату [21]:

$$\Delta_H = \sqrt{\Delta_{зм}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{вим}^2}, \quad (6.4)$$

де $\Delta_{зм}$ – зміщення центру групування розмірів пробних деталей відносно середини поля розсіювання розмірів;

$\Delta_{рег}$ – похибка регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті;

$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання пробних деталей.

$$\Delta_{зм} = \frac{\Delta_{мит}}{\sqrt{m}}, \quad (6.5)$$

де $\Delta_{мит} = 35$ мкм – миттєва похибка обробки;

$m = 5$ – кількість пробних деталей.

$$\Delta_{зм} = \frac{35}{\sqrt{5}} = 15,70 \text{ мкм}.$$

Похибка вимірювання при використанні мікрометра 1-го класу точності $\Delta_{вим} = 9$ мкм [21].

Похибку регулювання приймаємо $\Delta_{рег} = 20$ мкм [21].

$$\Delta_H = \sqrt{15,70^2 + 20^2 + 9^2} = 27,0 \text{ мкм}.$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При установці деталі у патроні приймаємо $\varepsilon_y = 0$.

Сумарна похибка обробки:

$$\Delta_{\Sigma} = 15,0 + 27,0 + 35,0 = 77,0 \text{ мкм.}$$

Необхідна точність обробки поверхні забезпечується, тому що:

$$\Delta_{\Sigma} < T ,$$

(77,0 мкм < 160,0 мкм).

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Проектування та розрахунок верстатного пристосування

Спроектоване пристосування призначене для виконання зубофрезерної операції. Воно складається з оправки, стояка, чаші притискної, шайби, болта гайок та швидкознімної шайби. Заготовка закріплюється на оправці за допомогою гвинтового механізму (рис. А5).

Внутрішній діаметр різьби гвинта з умови його міцності [15-20]:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 * W}{\pi * [\sigma]}}, \quad (7.1)$$

де W – сила закріплення;

$[\sigma] = 150,0$ МПа.– допустиме напруження розтягування [19,20]:

Сила затискування при закріпленні заготовки шестерні [20]:

$$W = \frac{K * M}{\frac{1}{3} * f * \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}, \quad (7.2)$$

де K – коефіцієнт запасу;

M – крутний момент на шпинделі;

f – коефіцієнт тертя;

D і d – зовнішній та внутрішній діаметри притискної чаші.

Крутний момент на шпинделі:

$$M = \frac{P_z * D}{2 * 1000}, \quad (7.3)$$

де D – діаметр фрези.

Величина колової сили різання при фрезеруванні [12]:

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (7.4)$$

де C_P – постійний коефіцієнт для даного виду обробки;

t – глибина різання, мм;

S_z – подача на зуб, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

z – число зубів фрези;

D – діаметр фрези, мм;

n – частота обертання фрези, об/хв.;

x, y, u, q, w – показники степені;

K_{MP} – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (7.5)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{950}{750} \right)^{0,30} = 1,070;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6,25^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 30^{1,1} \cdot 10}{100^{0,86} \cdot 125^0} \cdot 1,070 = 45990 \text{ Н};$$

$$M = \frac{45990 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = 229,950 \text{ Нм};$$

$$W = \frac{1,95 \cdot 229,950}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{0,125^3 - 0,105^3}{0,125^2 - 0,105^2} \right)} = 311150 \text{ Н};$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 31115}{3,14 \cdot 150}} = 16,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний внутрішній діаметр $d_1 = 17,294$ мм, який відповідає різьбі М20.

Перевіримо гвинт на міцність за еквівалентним напруженням:

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{M}{0,2 \cdot d_1^2}\right)^2} \leq [\sigma] \quad (7.6)$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 31115}{3,14 \cdot (17,294 \cdot 10^{-3})^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{229,95}{0,2 \cdot (17,294 \cdot 10^{-3})^2}\right)^2} = 133 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$$\sigma_{екв} < [\sigma] \quad (7.7)$$

Перевірка шестерні за умовою міцності:

$$\sigma = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma] \quad (7.8)$$

$$\sigma = \frac{4 \cdot 31115,0}{3,14 \cdot (17,294 \cdot 10^{-3})^2} = 132,5 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$$\sigma < [\sigma].$$

Точність пристосування:

$$T_{np} = 0,2 \cdot T, \quad (7.9)$$

де T – допуск розміру, виконуваного на даній операції.

$$T_{np} = 0,2 \cdot 120 = 24,0 \text{ мкм}.$$

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Розробка технології зміцнення веденої шестерні КПП

8.1 Опис роботи веденої шестерні та вимоги до неї

Зубчасті колеса, як одні з найпоширеніших деталей у сучасному машинобудуванні, мають високі вимоги до міцності, твердості та стійкості до зношування. Це необхідно для надійної роботи передачі при мінімальних розмірах та масі. Тому вони переважно виготовляються з вуглецевої або легованої сталі з вмістом С (0,1-0,6)% та піддаються термічній або ХТО. Особливу популярність здобули зубчасті колеса після ХТО, що забезпечує високу твердість зубів, зберігаючи міцну серцевину.

Шестерні коробок передач працюють при високих навантаженнях і зношуванні. У процесі експлуатації зуби переносять найбільше навантаження, вигинаючись під тах одноразовими та циклічними навантаженнями, а також відчуючи контактне напруження на бічних робочих поверхнях та зношування на бічних поверхнях.

Для тривалої роботи шестерні необхідна висока статична та втомна міцність, висока контактна міцність і стійкість до зношування зубів. Найважливішою характеристикою є твердість поверхні зубів і серцевини. Тому шестерня повинна мати такі властивості [22, 23]:

- товщина зміцненого шару (0,80–1,00) мм;
- твердість поверхні зубів (61–63) HRC;
- твердість серцевини (40–41) HRC.

Матеріал для виготовлення шестерні має відповідати таким вимогам:

- $\sigma_{0,2} = (780-830) \text{ Н/мм}^2$;
- $\sigma_B = (980-1100) \text{ Н/мм}^2$;
- $\delta_5 \geq 9,0 \%$;
- $\psi \geq 50,0 \%$;
- $KCU = (75-80) \text{ Дж/см}^2$.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2 Вибір та обґрунтування марки сталі для веденої шестерні

Сталь для виготовлення шестерні повинна мати високу прокалюваність і загартовуваність, добру оброблюваність різанням і високу твердість зубів після хіміко-термічної обробки. Найоптимальніший матеріал – сталь 18ХГТ: вона економічно вигідна завдяки низькому вмісту С і великій поширеності.

Сталь 18ХГТ відносять до групи спадково дрібнозернистих сталей, що значно полегшує проведення хіміко-термічної обробки, дозволяючи робити гартування з цементаційного нагрівання. Наявність такого легуючого елемента, як Ті, знижує ступінь росту зерна при нагріванні.

Шестерню зі сталі 18ХГТ цементують, а після цього гартують. Вміст С у поверхневому шарі після насичення повинен бути (0,8-1,0)%. При меншому значенні знижується контактна міцність сталі, а при вищому зростає крихкість і знижується втомна міцність. Оптимальна структура поверхневого шару шестерні – мілкоголчастий мартенсит з рівномірно розподіленими ділянками залишкового аустеніту. Структура серцевини – нижній бейніт.

На рис. 8.1 наведена діаграма ізотермічного перетворення аустеніту для цементованої сталі 18ХГТ. За її допомогою можна визначити критичну швидкість охолодження для поверхні (0,8-1,0) мм – 18 °С/с. На поверхні шестерні для одержання 100% мартенситу швидкість охолодження повинна бути більшою критичної. Для забезпечення потрібну швидкість охолодження, масло будуть використовувати як охолоджувальне середовище [22, 23].

Щоб зняти внутрішні напруження, суттєво не знижуючи твердості, після гартування шестерню відпускають. На рис. 8.2 показано, як температура відпуску впливає на твердість серцевини цементованої шестерні.

Як видно з графіка на рис. 8.2, необхідна твердість серцевини досягається при температурі відпуску в інтервалі (200-300) °С, а при подальшому підвищенні температури твердість знижується. Приймаємо температуру для відпуску $t = (200-220)$ °С, оскільки при ній одержуємо найбільш стабільний рівень механічних властивостей.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

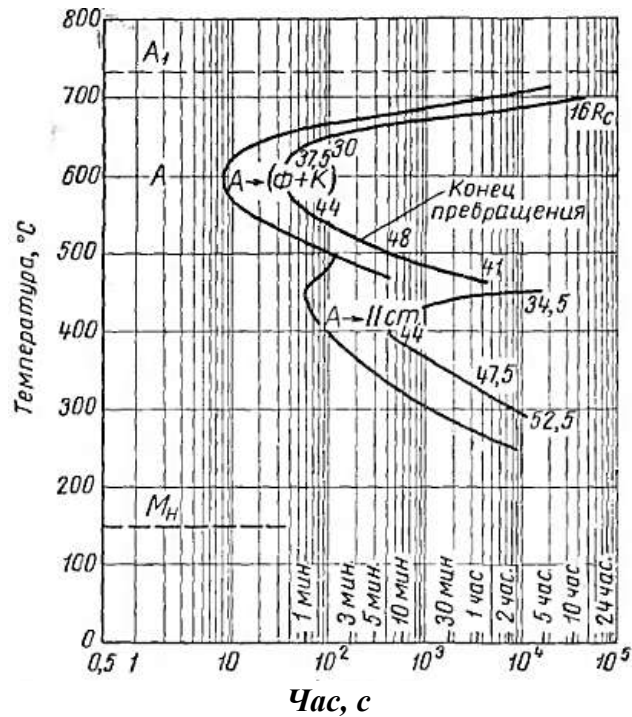


Рисунок 8.1 – Діаграма розпаду переохолодженого аустеніту цементованої сталі 18ХГТ (зі вмістом вуглецю у поверхні 0,95%)

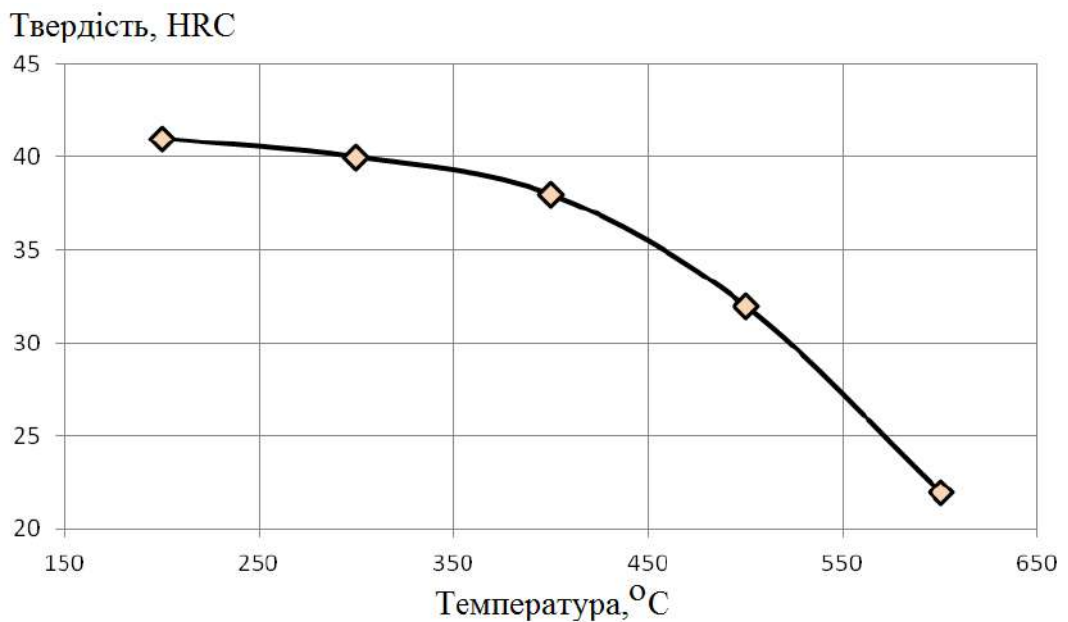


Рисунок 8.2 – Вплив температури відпуску на твердість серцевини цементованої сталі 18ХГТ [22]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

8.3 Розробка технології ХТО веденої шестерні

Шестерню зі сталі 18ХГТ для придбання необхідних властивостей піддаємо ХТО, режим якої наведений на рис. 8.3. ХТО містить у собі цементацію, загартування із цементаційного нагрівання (з підстужуванням) і низьку відпуску [22, 23].

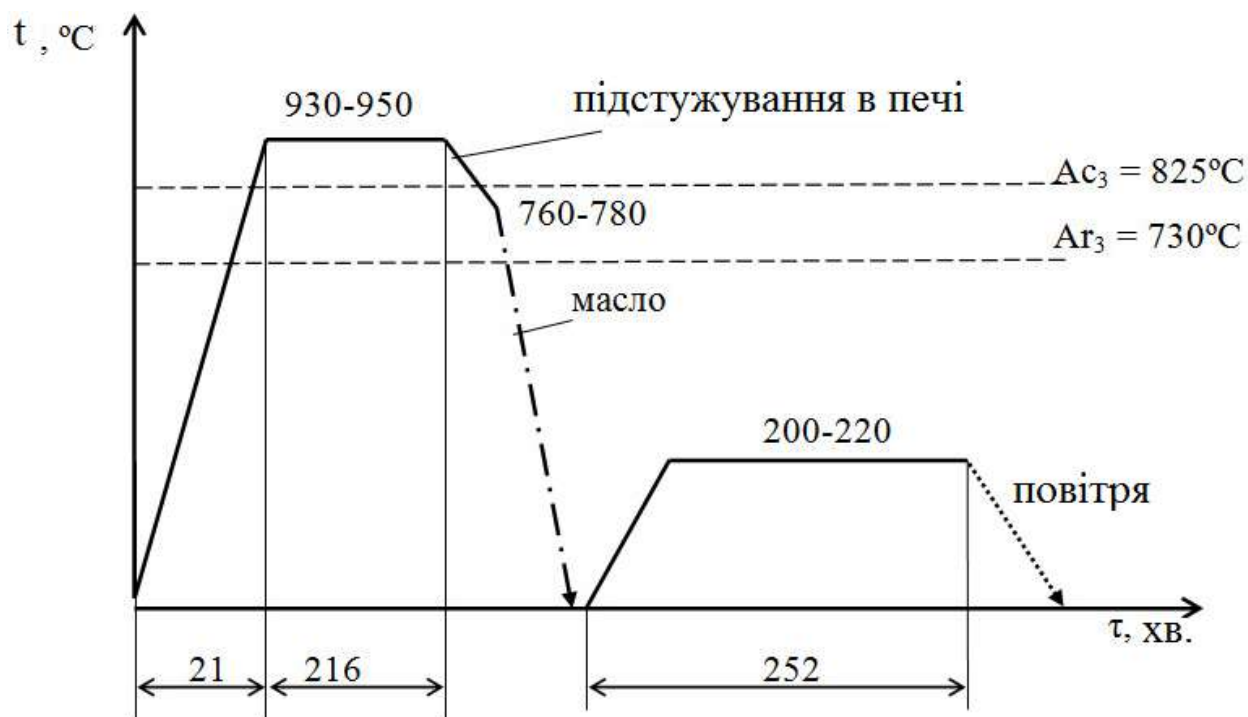


Рисунок 8.3 – Режим ХТО шестерні зі сталі 18ХГТ

Цементація зубчастого колеса проводиться у газовому середовищі, яке складається з (3-5)% еногазу і природного газу в електричній печі для газової цементації типу Ц-25 (рис. А6). Температура цементації $t = (930-950)^\circ\text{C}$ [22, 23].

Час нагрівання з урахуванням коефіцієнта легуваності сталі й часу на нагрівання пристосування, хв. [22, 23]:

$$\tau_n = 0,1 * \kappa_1 * \kappa_2 * \kappa_3 * D_1 * \kappa_n * \kappa_{np}, \quad (8.1)$$

де $\kappa_1 = 2,0$ – коефіцієнт форми виробу як для циліндра;

$\kappa_2 = 2,0$ – коефіцієнт газового середовища;

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\kappa_3 = 1,40$ – коефіцієнт рівномірності нагріву;

$D_1 = 20,0$ мм – розмірна характеристика виробу (мінімальний розмір максимального перерізу);

$\kappa_l = 1,50$ – коефіцієнт, який враховує леговані сталі;

$\kappa_{np} = 1,20$ – коефіцієнт на нагрів пристосування [16].

Підставимо всі отримані значення коефіцієнтів і розмірну характеристику шестерні й визначимо тривалість нагрівання:

$$\tau_n = 0,10 * 2,0 * 2,0 * 1,40 * 20,0 * 1,50 * 1,02 = 21,0 \text{ хв.}$$

Тривалість процесу цементації, хв.:

$$\tau_{ц} = \delta / V, \quad (8.2)$$

де $\delta = 0,8-1,0$ мм – глибина насиченого шару, мм; приймаємо $\delta = 0,9$ мм;

$V = 0,25$ мм/год. – швидкість газової цементації.

Отже:

$$\tau_{ц} = 0,9 / 0,25 = 3,60 \text{ год.} = 216,0 \text{ хв.}$$

Сталь 18ХГТ відноситься до спадково дрібнозернистих сталей, тому загартування зубчастого колеса буде проводитись безпосередньо з цементаційного нагрівання з підстужуванням вище на $(30-50)^\circ\text{C}$ температури Ar_3 серцевини, що для сталі 18ХГТ відповідає температурі $(760-780)^\circ\text{C}$ [22]. Підстужування сприяє зниженню жолоблення шестерні й підвищенню твердості поверхні за рахунок зменшення кількості залишкового аустеніту.

Загартування шестерні проводиться в маслі МЗМ-120, температура якого $t_m = (20-80)^\circ\text{C}$. Температура спалаху даного типу масла становить 220°C . Максимальна робоча температура масла не повинна перевищувати 190°C [22, 23]. Після загартування в маслі проводиться очищення шестерні у промивній ванні в $(3-5)\%$ водяному розчині лугу NaOH .

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для одержання необхідних властивостей шестерню піддають низькому відпуску при температурі $t = (200-220) \text{ }^\circ\text{C}$ [22]. Тривалість відпуску визначається з урахуванням коефіцієнта легування й часу на нагрівання пристосування, хв.:

$$\tau_{відп} = (120 + \delta * \tau_{num}) * K_L * K_{np}, \quad (8.3)$$

де δ – питомий переріз шестерні ($\delta = D_1 = 20,0 \text{ мм}$);

τ_{num} – питомий час нагрівання, який визначається із співвідношення 1 хв./мм перерізу виробу.

Тоді:

$$\tau_{відп} = (120 + 1 * 20,0) * 1,50 * 1,20 = 252,0 \text{ хв.}$$

Після відпустки шестерню охолоджують на повітрі. Після проведеної термічної обробки шестерня буде піддаватися контролю якості.

8.4 Контроль якості ХТО веденої шестерні

Основними характеристиками, які контролюють у зубчастих колесах, є твердість поверхні й серцевини, глибина шару та структура [22, 23].

Спершу проводиться візуальний огляд: перевіряється відсутність на поверхні зубчастих коліс тріщин та інших несприятливих дефектів. Для зовнішнього огляду відбирається 20 % від партії термічно-оброблених зубчастих коліс. На зразках-свідках за допомогою мікроскопа контролюється глибина насиченого шару.

Наступна операція – контроль твердості шестерні, які здійснюють на твердомірах Роквелла. Контролю твердості зазнають 1% виробів від садки.

Контроль структури у серцевині зразків і в поверхневому науглецьованому шарі проводять на шліфах зразків. У поверхневому шарі обов'язково повинен бути присутнім остаточний аустеніт у кількості $\leq 15\%$. Неприпустима поява фериту, а

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також виділення карбідів у вигляді сітки. Небажана поява фериту й у серцевині. Вміст вуглецю у поверхневому шарі шестерні визначається за допомогою пошарового хімічного аналізу стружки.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Висновки

Наведені будова і принцип роботи КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана», а також призначення і конструкція її веденої шестерні третьої передачі.

Розроблений технологічний процес механічної обробки шестерні, який включає: маршрутні карти, операційні ескізи, обчислення припусків. Проведені розрахунки режимів різання аналітичним методом і за нормативами точності; токарної операції.

Спроектоване верстатне пристосування для виконання зубофрезерної операції. Виконані необхідні розрахунки його параметрів і деталей.

Розроблена технологія зміцнення веденої шестерні 3-ї передачі КПП: вибраний та обґрунтований матеріал для її виготовлення – сталь 18ХГТ, яку для придбання необхідних властивостей піддали ХТО. Вона містить у собі цементацію, загартування з цементаційного нагрівання (з підстужуванням) і низький відпуск (для зняття внутрішніх напружень). Параметри ХТО:

- тривалість нагрівання – 21 хв.;
- цементація проводиться при температурі $t = (930-950) \text{ }^\circ\text{C}$ у газовому середовищі, яке складається з (3-5)% ендогазу і природного газу в електричній печі для газової цементації типу Ц-25; тривалість процесу цементації – 216 хв.;
- загартування проводиться в маслі МЗМ-120 безпосередньо з цементаційного нагрівання з підстужуванням при температурі $t = (760-780) \text{ }^\circ\text{C}$; максимальна робоча температура масла не повинна перевищувати $190 \text{ }^\circ\text{C}$; після загартування проводиться очищення шестерні у промивній ванні в (3-5)% водяному розчині лугу NaOH;
- температура відпуску $t = (200-220) \text{ }^\circ\text{C}$, оскільки при ній одержуємо найбільш стабільний рівень механічних властивостей; тривалість відпуску – 252 хв.;
- після відпуску шестерню охолоджують на повітрі.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. ЗАЗ-1105 «Дана» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/ЗАЗ-1105_«Дана»
2. Чуйко Г.В. Керівництво з експлуатації автомобілів ЗАЗ-110206, ЗАЗ-1103, ЗАЗ-1105 та їх модифікацій / Г.В. Чуйко, Н. В. Колтакова, В. М. Донец, І. В. Карякина. – Запоріжжя: ЗАО ЗАЗ, 2003. – 465 с.
3. Биков К.П., Шленчик Т.А. Автомобілі Таврія, Славута ЗАЗ-1102, ЗАЗ-1103, ЗАЗ-1105 та їх модифікації. Будова, експлуатація, ремонт. – ПКФ "Ранок", 2006. — 256 с.
4. Керівництво з ремонту ЗАЗ-110206/1103/1105 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ride-classic.com/library/rukovodstvo-po-remontu-zaz-11020611031105>
5. Керівництво з експлуатації ЗАЗ-1102/1103/1105 і модифікацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ride-classic.com/library/rukovodstvo-po-ekspluatacii-zaz-110211031105-i-modifikacij>
6. ЗАЗ Таврія / Славута / Дана. Керівництво з ремонту, інструкція з експлуатації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://krutilvertel.com/pdf/demo/autoclub/zaz-1102-tavrija.pdf>
7. Керівництво з ремонту і каталог деталей автомобіля ЗАЗ-1102, ЗАЗ-1105 Таврія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gomelauto.com/2663-rukovodstvo-po-remontu-i-katalog-detalej.html>
8. Аналіз технологічності деталі "шестерня ведуча" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studbooks.net/2523124/tovarovedenie/analiz_tehnologichnosti_detali_shesternya_veduschaya
9. Ковалевський С. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин у важкому машинобудуванні : навчальний посібник / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 179 с.

									ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
										57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

10. Механічна обробка зубчастих коліс - Частина 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.guanludrilling.com/news/machining-of-shaft-gears-part-46428520.html>

11. Технологія обробки циліндричних зубчастих коліс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/посібник%20Божко%20Тетяна%20Євгенівна%20готовий/page12.html

12. Горбатюк С. О. Технологія машинобудування: Навчальний посібник / С. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. – Львів : «Новий світ – 2000», 2009. – 358 с.

13. Дідик Р. П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посібн. / Р. П. Дідик, В. В. Зіль, С. Т. Пацера. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 196 с.

14. Основні методи нарізання зубчастих коліс і класифікація верстатів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://machunobuduvan.ucoz.net/index/osnovni_metodi_narizannja_zubchatikh_kolis_i_klasifikacija_verstativ/0-60

15. Проектування спеціальної технологічної оснастки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/kp_proektuvannya_spetsialnoyi_tehnologichnoyi_osnastki.pdf

16. Медведєв В. С. Технологічна оснастка : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.

17. Біркіна Т.В. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. – Д.: Національний гірничий університет, 2012 – 73 с.

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі і пристосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/rekomendatsiyi_do_kursovogo_proektu.pdf

19. Методика проектування пристроїв для механічної обробки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/lesson/metodyka-proektuvannia-prystroiv-dlia-mekhianichnoi-obrobky-176100.html>

20. Технологічне оснащення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tgm.nmu.org.ua/ua/Конспект_лекцій_ТО.pdf

21. Методика контролю точності обробки деталей зубчастих коліс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.elcncmachine.com/info/methods-to-control-the-machining-accuracy-of-g-71523296.html>

22. Дробот О. С. Теорія і технологія термічної обробки : методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / О. С. Дробот. Хмельницький : ХНУ, 2022. 35 с.

23. Сігова В.І. Технологія і проектне рішення термічних цехів і дільниць: навч. посіб. / В.І. Сігова, В.Б. Юскаєв, А.Ф. Будник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 318 с.

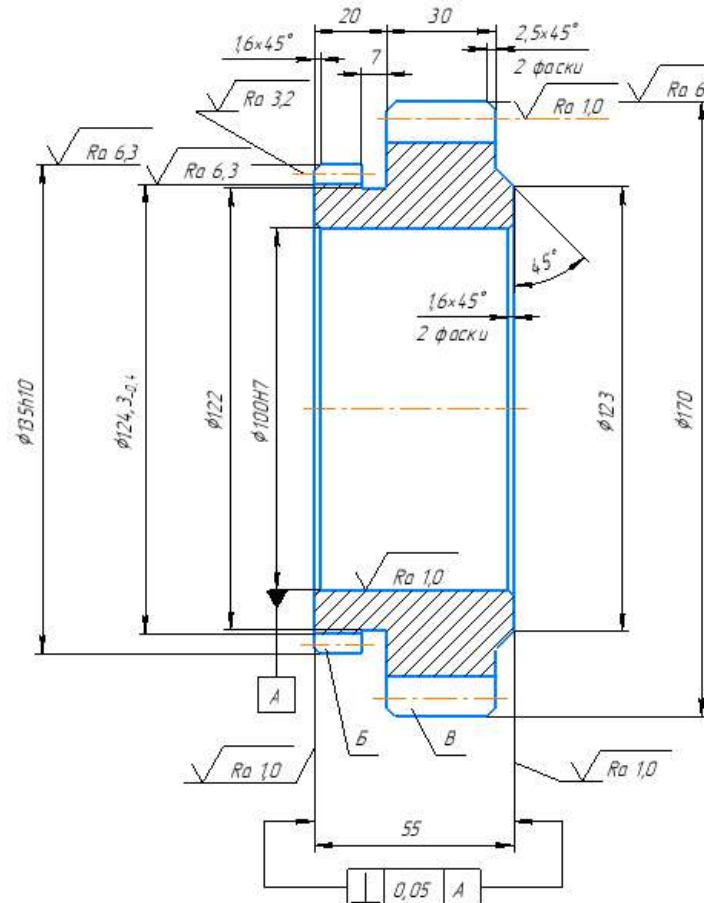
					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графічне забезпечення дипломної роботи

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$\sqrt{Ra 12,5}$ (✓)

Зубчастий вінець		B
Модуль	m	5
Число зубів	z	32
Нормальний вихід контуру		ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	x	0
Степінь точності по ДСТУ 1643-81		7-B
Д-на загальної нормалі	W	39,14 ^{+0,10} _{-0,2}

Зубчастий вінець		B
Модуль	m	5
Число зубів	z	26
Кут профілю	α	30°
Коефіцієнт висоти головки	f_0	0,5
Размір по роликам	M	144,9 ^{+0,30} _{-0,27}
Діаметр ролика	d_2	96

1. Цементувати h 1,0..1,4 мм, зуби 57.65 HRC
Серцевина і вінець B 229..285 HB
2. H14, h14, ±t₂/2

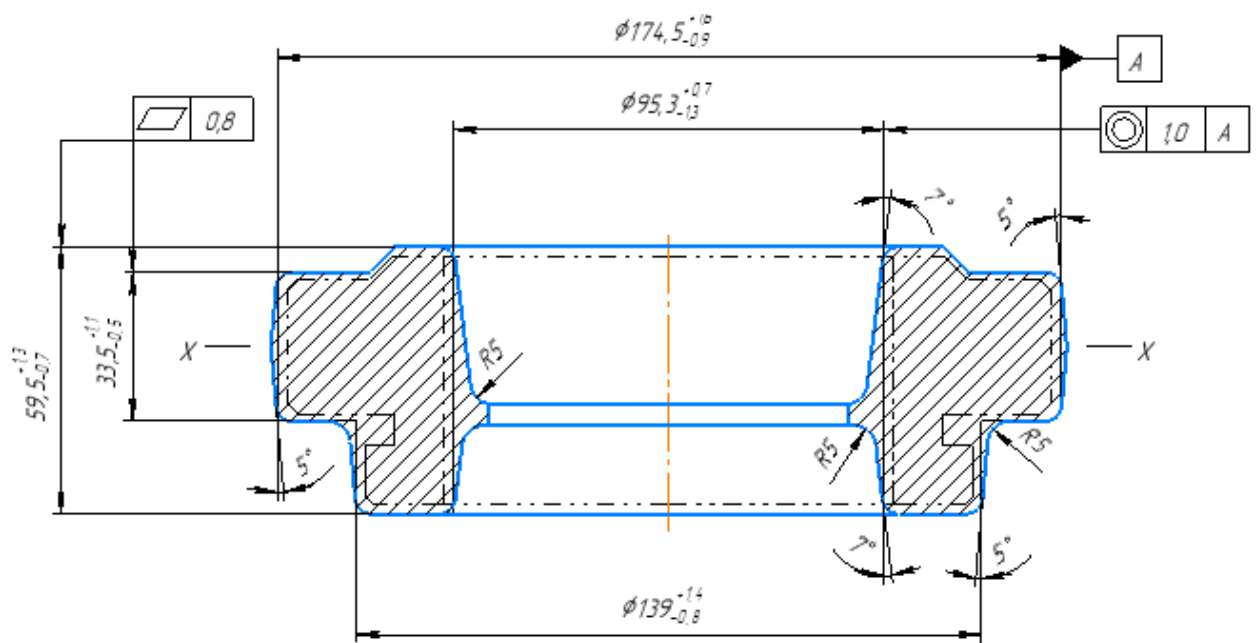
Рисунок А1 – Ведена шестерня третьої передачі КПП автомобіля ЗАЗ-1105 «Дана» (Compas-3D)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

62

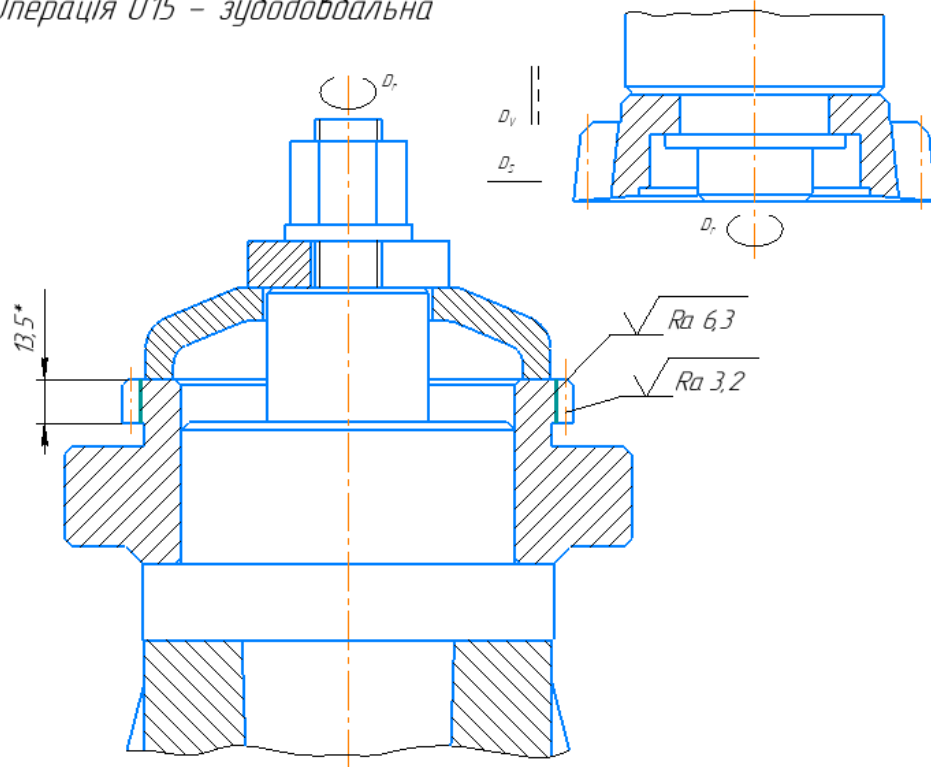


1. 229...285 HB
2. Невказані радіуси 3,6 мм
3. Клас точності Т3, група сталі М2, степінь складності С2, вихідний індекс 11 за ДСТУ 7505-89
3. Допустима величина висоти заусенця 3 мм
4. Допустима величина залишкового облою 0,8 мм

Рисунок А2 – Заготовка веденої шестерні (Compas-3D)

											Арк.
											63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21148.000. ПЗ						

Операція 015 – зубодовдальна



Модуль	m	5
Число зубів	z	26
Кут профілю	α	30°
Коефіцієнт висоти головки	f_0	0,5
Розмір по роликам	M	$144,9^{+0,39}_{-0,67}$
Діаметр ролика	d_p	9,6

Зубодовдальний 5122	19	500	5,35	0,2	100	4,35	6,13
Найменування і модель верстата	V , м/хв.	n , хв. ⁻¹	t , мм	$S_{0,}$, мм/об.	$S_{м,}$, мм/хв.	$T_{м,}$, хв.	$T_{шт,}$, хв.

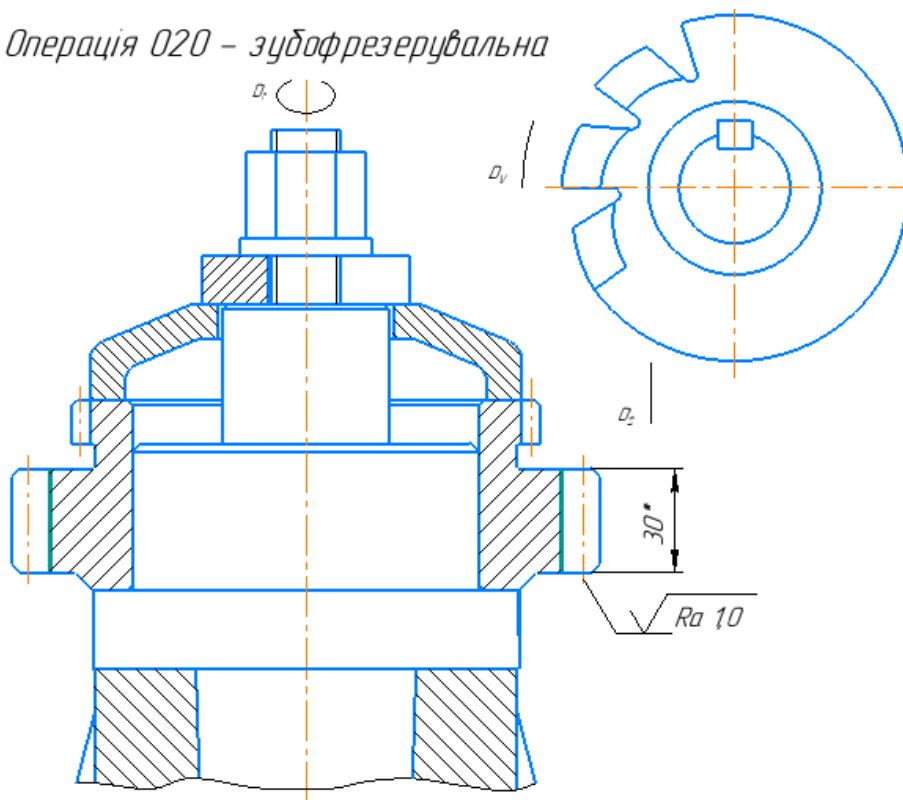
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

64

Операція 020 – зубофрезерувальна



Модуль	<i>m</i>	5
Число зубів	<i>z</i>	32
Нормальний вихідний контур		ДСТУ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	0
Степінь точності за ДСТУ 1643-81		8-B
Довжина загальної нормалі	<i>W</i>	$39,34_{-0,24}^{-0,12}$

Зубофрезерувальний 5B312	39	125	6,25	0,8	100	21,44	24,67
Найменування і модель верстата	<i>V</i> , м/хв.	<i>n</i> , хв. ⁻¹	<i>t</i> , мм	<i>S₀</i> , мм/об.	<i>S_м</i> , мм/хв.	<i>T_м</i> , хв.	<i>T_{шт}</i> , хв.

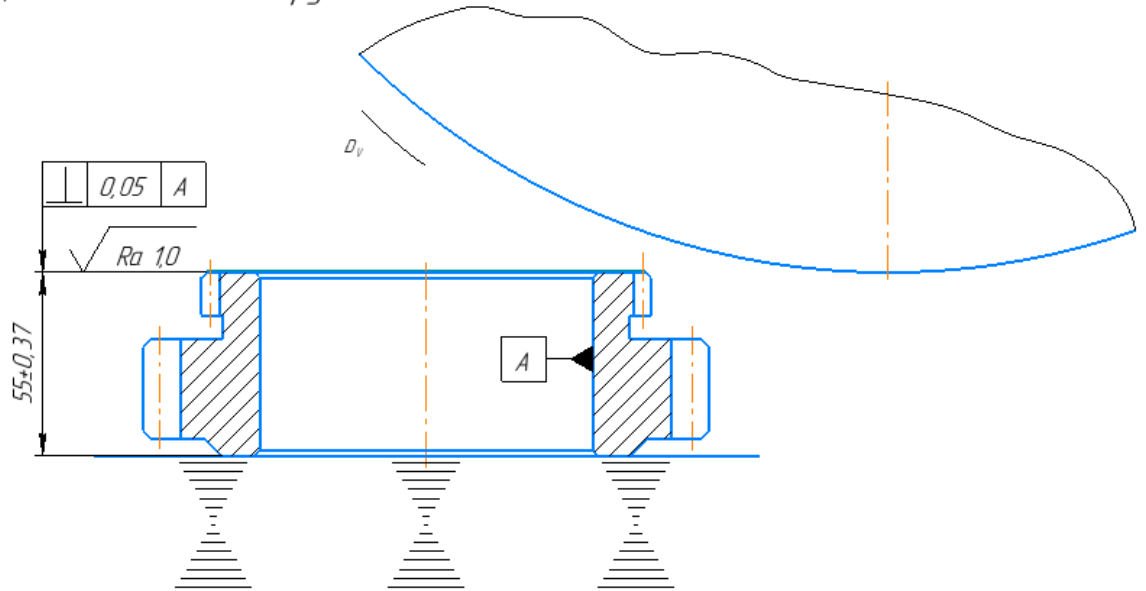
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

65

Операція 035 – плоскошліфувальна



Плоскошліфувальний ЗД723	20	9	0,5	0,014	144	2,03	0,76
Найменування і модель верстата	V , м/хв.	n , хв. ⁻¹	f , мм	$S_{0,}$ мм/од.	S_M , мм/хв.	T_M , хв.	$T_{шт}$, хв.

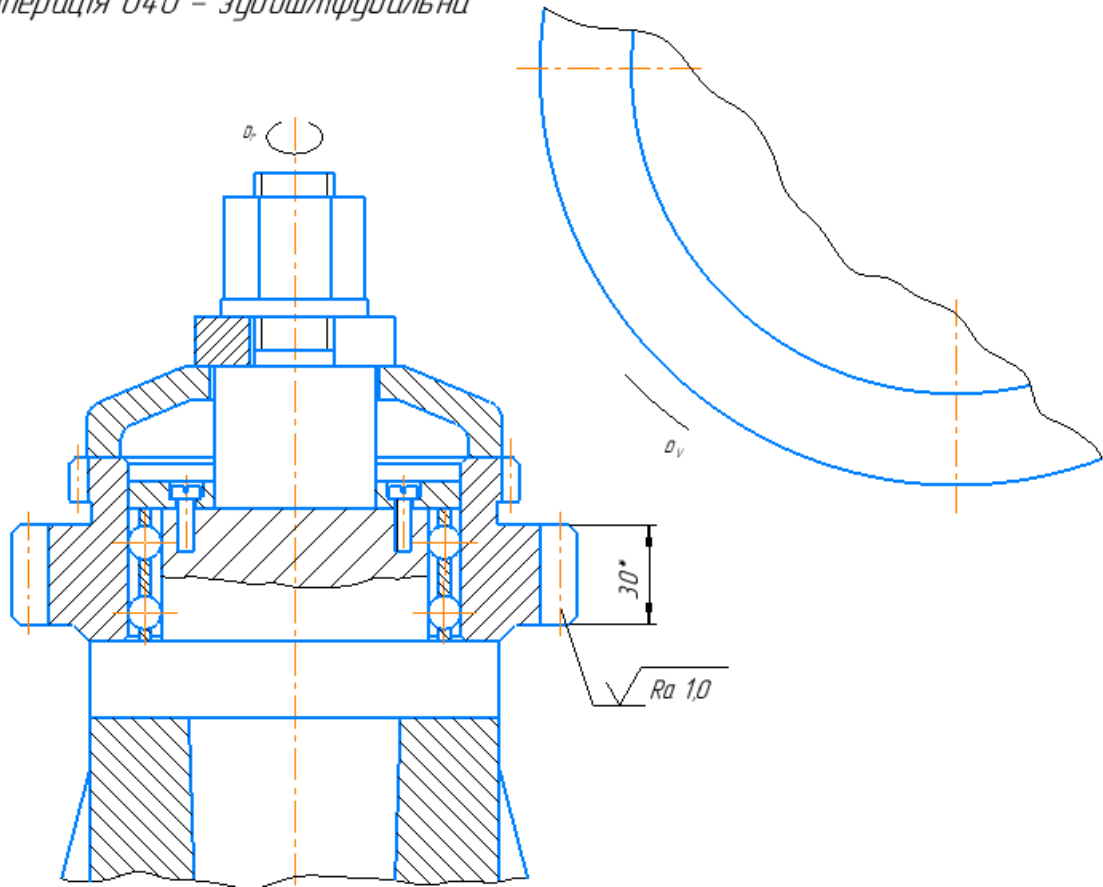
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

66

Операція 040 – зубошліфувальна



Модуль	<i>m</i>	5
Число зубів	<i>z</i>	32
Нормальний вихідний контур		ДСТУ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	0
Степінь точності за ДСТУ 1643-81		7-B
Довжина загальної нормалі	<i>W</i>	39,14 ^{-0,12} _{-0,24}

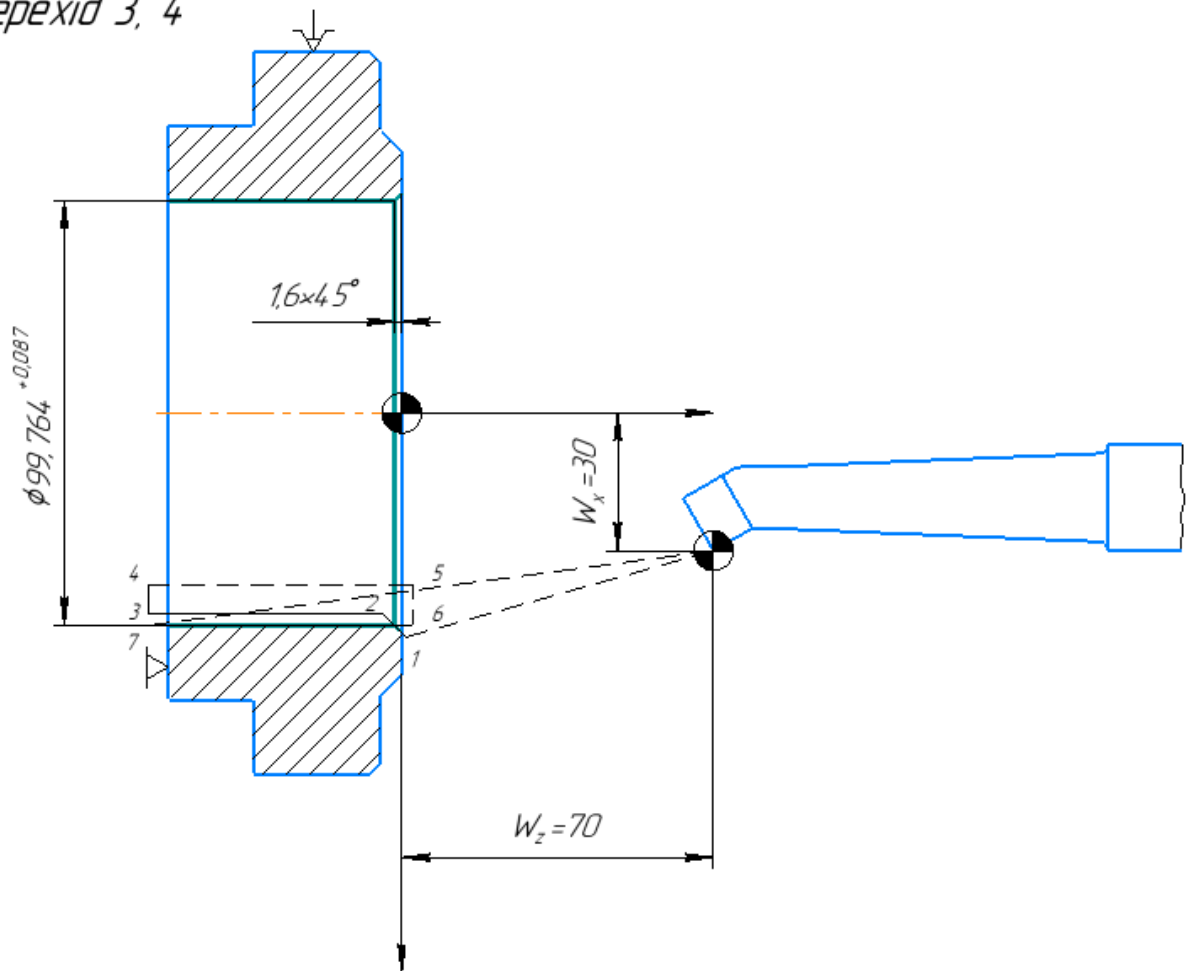
Зубошліфувальний 5841	10	167	0,1	0,8	133,6	13,03	15,83
Найменування і модель верстата	<i>V</i> , м/хв.	<i>n</i> , хв. ⁻¹	<i>t</i> , мм	<i>S₀</i> , мм/об.	<i>S_м</i> , мм/хв.	<i>T_м</i> , хв.	<i>T_{шт.}</i> , хв.

Рисунок А3 – Операційні ескізи механічної обробки веденої шестерні (Compas-3D)

Операція 005 – токарна з ЧПК

Перехід 3, 4

$\sqrt{Ra\ 3,2}$ (✓)



Токарний з ЧПК 16K20T1-02	198	630	0,302	0,15	94,5	1,28	3,61
Найменування і модель верстата	$V,$ м/хв.	$n,$ хв. ⁻¹	$f,$ мм	$S_{0,}$ мм/од.	$S_{m,}$ мм/хв.	$T_{m,}$ хв.	$T_{шт,}$ хв.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

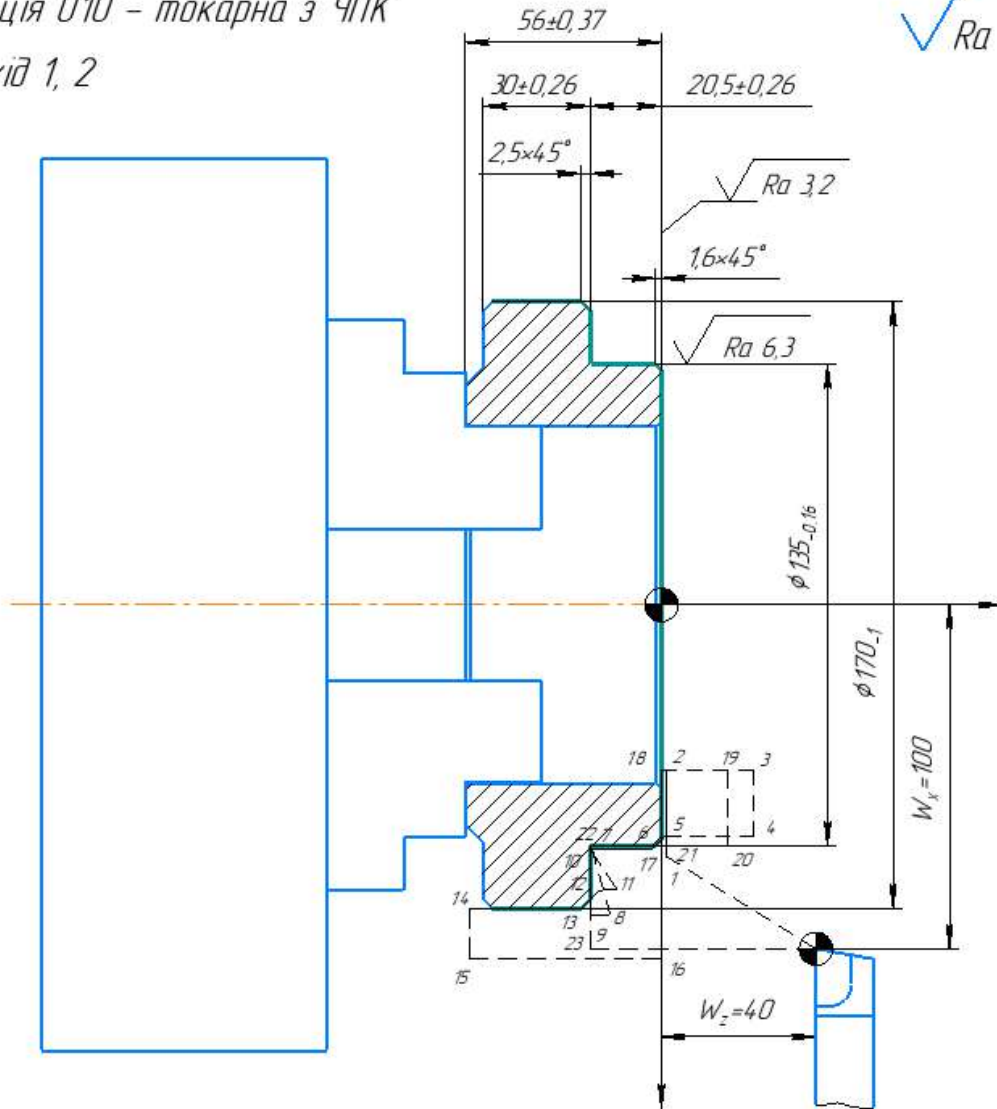
ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

69

Операція 010 – токарна з ЧПК
 Перехід 1, 2

$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)



Токарний з ЧПК 16K20T1-02	170	400	0,6	0,15	60	1,55	3,19
Найменування і модель верстата	V , м/хв.	n , хв. ⁻¹	f , мм	$S_{0,}$ мм/од.	$S_{m,}$ мм/хв.	$T_{m,}$ хв.	$T_{шт,}$ хв.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

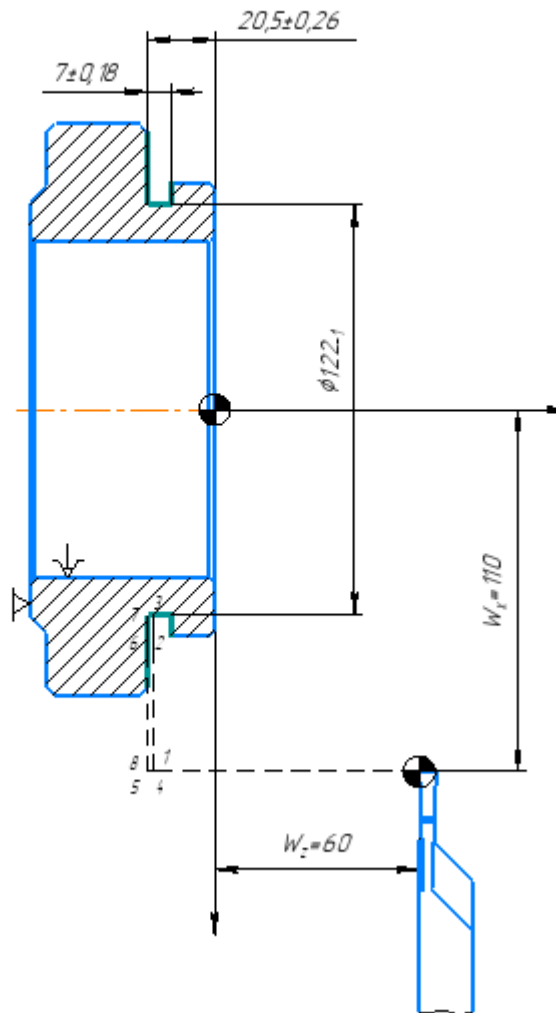
ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

70

Операція 010 – токарна з ЧПК
Перехід 3

$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)



Токарний з ЧПК 16K20T1-02	106	250	5	0,4	100	0,18	3,19
Найменування і модель верстата	V , м/хв.	n , хв. ⁻¹	f , мм	S_D , мм/од.	S_M , мм/хв.	T_M , хв.	$T_{шт.}$, хв.

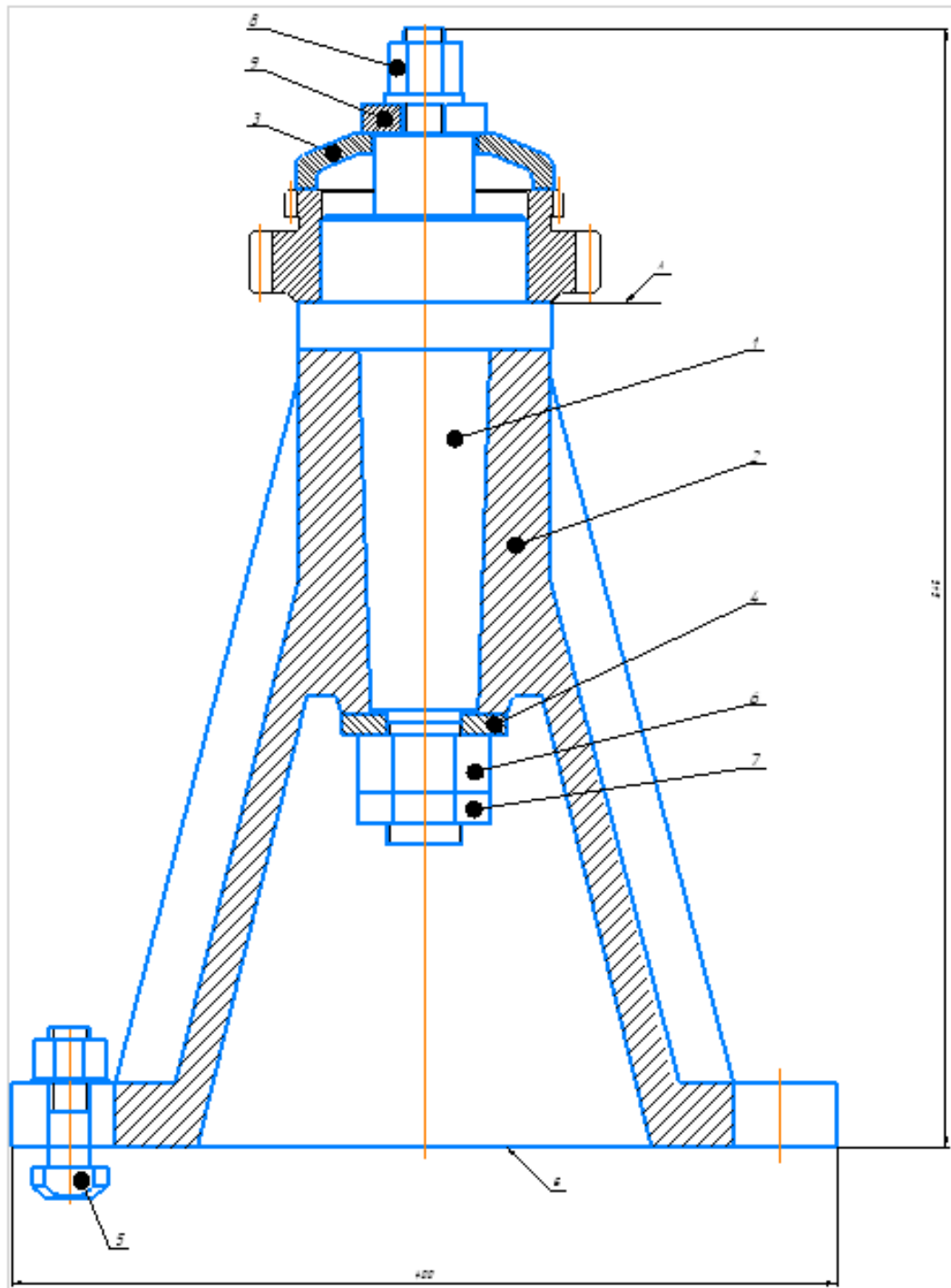
Рисунок А4 – Операційні ескізи механічної обробки веденої шестерні –
токарні операції (Compas-3D)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

71



1. Відхилення від паралельності площин А і Б не більше 0,03 мм

1 – оправка; 2 – стояк; 3 – чаша притискна; 4 – шайба; 5 – болт; 6, 7, 8 – гайки; 9 – шайба

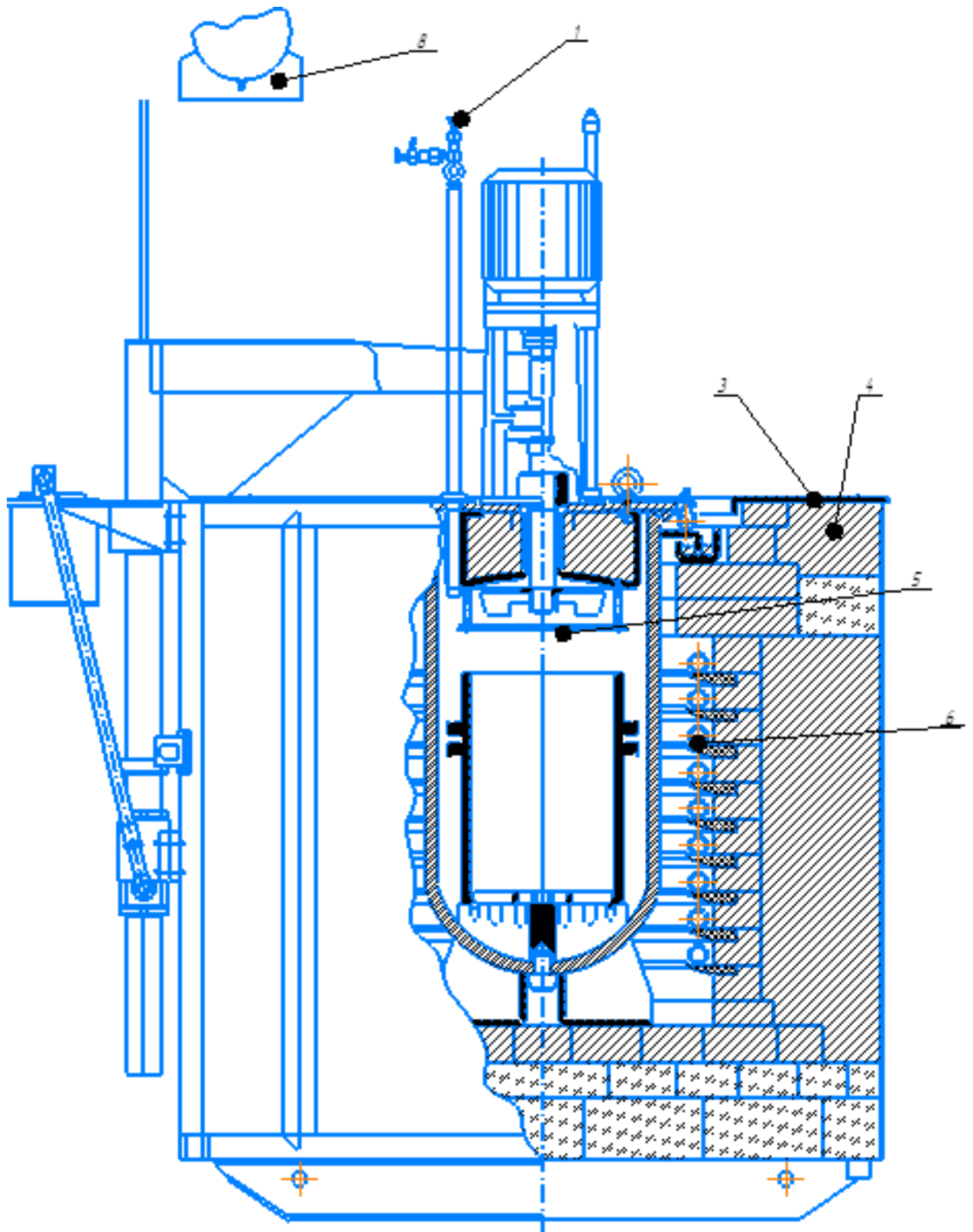
**Рисунок А5 – Пристосування верстатне – креслення загального виду
(Compas-3D)**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

72

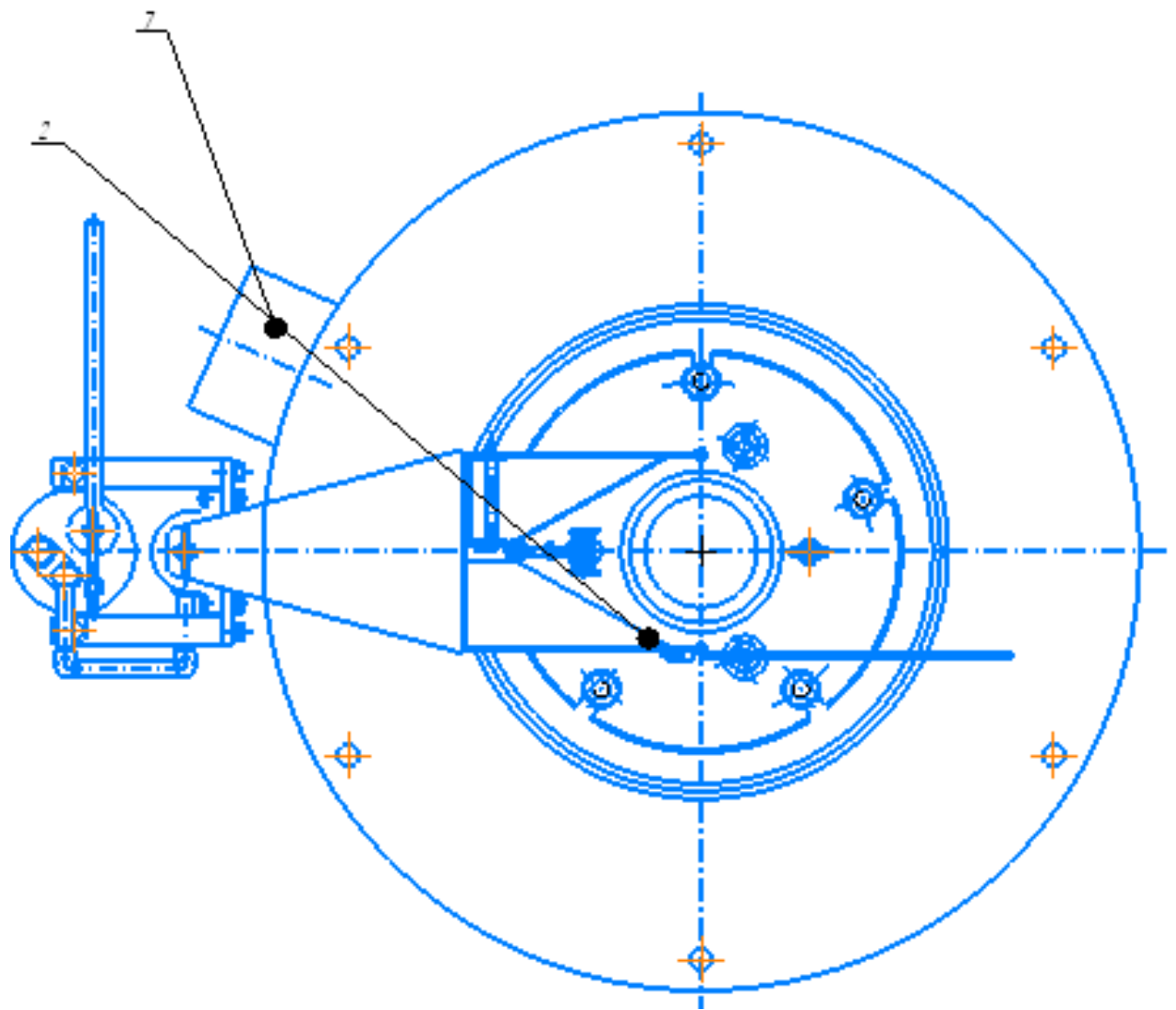


Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

73



Технічна характеристика

<i>№</i>	<i>Найменування</i>	<i>Од. вим.</i>	<i>Значення</i>
<i>1</i>	<i>Потужність</i>	<i>кВт</i>	<i>25</i>
<i>2</i>	<i>Напруга</i>	<i>В</i>	<i>380/220</i>
<i>3</i>	<i>Частота</i>	<i>Гц</i>	<i>50</i>
<i>4</i>	<i>Робоча температура</i>	<i>°С</i>	<i>950</i>
<i>5</i>	<i>Продуктивність</i>	<i>кг/год.</i>	<i>50</i>
<i>6</i>	<i>Загальна вага</i>	<i>кг</i>	<i>2200</i>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРАТ 24.21148.000. ПЗ

Арк.

74

<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Прим.</i>
1	<i>ДРБАТ 24.21148.100</i>	<i>Клапан голчастий</i>	1	
2	<i>ДРБАТ 24.21148. 200</i>	<i>Механізм відкриття</i>	1	
3	<i>ДРБАТ 24.21148. 300</i>	<i>Кожух</i>	1	
4	<i>ДРБАТ 24.21148. 400</i>	<i>Футеровка</i>	1	
5	<i>ДРБАТ 24.21148. 500</i>	<i>Монтаж реторти</i>	1	
6	<i>ДРБАТ 24.21148. 600</i>	<i>З'єднання нагрівачів</i>	1	
7	<i>ДРБАТ 24.21148. 700</i>	<i>Кожух виводів</i>	1	
8	<i>ДРБАТ 24.21148. 800</i>	<i>Бак</i>	1	

Рисунок А6 – Електрична піч для газової цементації Ц-25 – креслення загального виду (Compas-3D)

					ДРАТ 24.21148.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75