



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Вдосконалення технологічного

(вказати тему дипломного проекту (роботи))

процесу та підвищення зносостійкості деталі: Конус зубчастого

Студент Козаченко О

Спеціальність «131 Прикладна механіка», група МЗ-113м

Обсяг проекту новий

Кількість аркушів креслень 7,25

Кількість сторінок пояснювальної записки 153

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень в роботі обґрун-
тевано спосіб оброблення зготовки, розра-
ховано припуски, релієфні різання, прина-
чем доходи щодо підвищення зносостій-
кості зубчастих вішків, розраховані доходи
з охорони праці

б) висновок про відповідність проекту завданню

робота відповідає завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,
рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим
методам роботи

кожен розділ виконано відповідно
до досягнень науки і техніки

г) негативні особливості виконання проекту в загальній
не виконано розрахунку діаметрів,
тому необґрунтовано план діло-
ний

д) позитивні особливості автором виконано

знання з технології
машинобудування

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту

графічний матеріал на кон-
спектний листок оформлений відповідно
до стандарту

є) відгук про роботу загалом робота виконана
в повному обсязі

ж) інші зауваження _____

з) оцінка проекту загалом робота можна
вважати задоволеною

Рецензію склав

Завкас Гелб Діде С.І.

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

(підпис)

« 19 » 12 2018 р.

[16:42:37] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №942 [3] (200048 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:42:39] Yan Найдено 1% совпадений по адресу:
<http://www.servotechnica.spb.ru/library/BOOKS/Anurev>

[16:42:40] Страница запроса №1013 [1] к поисковой системе недоступна по причине защиты от автопоиска (Rambler)

[16:42:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №947 [3] (200035 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:42:53] Страница запроса №1018 [1] к поисковой системе недоступна по причине защиты от автопоиска (Rambler)

[16:44:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №952 [3] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:44:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №962 [3] (200060 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:45:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №957 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:45:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №967 [3] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:45:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №972 [3] (200041 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:45:38] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №977 [3] (200018 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:47:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №982 [3] (200052 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:49:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №987 [3] (200037 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:50:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №992 [3] (200037 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:50:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №997 [3] (200052 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:50:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1002 [3] (200052 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:51:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1007 [3] (200021 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:52:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1012 [3] (200037 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:52:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1017 [3] (200053 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[16:52:43] Тип проверки: *Стандартная*

[16:52:43] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 25%)**

[16:52:43] **Уникальность текста 73%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Козаченко О.А., провів
зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

16.12.2018р.



ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

технології машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий магістрівський
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Вдосконалення технологічного процесу
та підвищення зносостійкості деталі
"Ролесо зубчасте"

Виконав: студент 6 курсу, групи ММ-113-м
напряму підготовки (спеціальності)

131.Триєвадка механіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Кораченко О.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник Лухальська Т.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Додо С.І.
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя - 2018 року

Креслення деталі "Колесо зубчасте"; Креслення загачки; морфологічний об'єкт об'єкту; робота призначення; контроль призначення, розрахунково-технологічна карта; проектування деталей, виготовлення.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технол. зас.	Гукальська Т.В., доц.	<i>[підпис]</i> 04.09.18	<i>[підпис]</i> 15.12.18
Констр. част.	Гукальська Т.В., доц.	<i>[підпис]</i> 04.09.18	<i>[підпис]</i> 15.12.18
Спец. част.	Гукальська Т.В., доц.	<i>[підпис]</i> 04.09.18	<i>[підпис]</i> 15.12.18
Охорона праці	Шмирко В.І. к.т.н., доц.	<i>[підпис]</i> 10.10.18	<i>[підпис]</i> 14.12.18
Морально-контр.	Ганченкіна А.В., доц.	<i>[підпис]</i>	15.12.18

7. Дата видачі завдання 04.09.2018р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічне розроблення	10.10.2018	
2.	Конструкторська частина	25.10.2018	
3.	Спеціальне розроблення	16.11.2018	
4.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.12.2018	

Студент

Керівник проекту (роботи)

[підпис]
(підпис)*[підпис]*
(прізвище та ініціали)*[підпис]*
(підпис)Т.В. Гукальська
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина	10
1.1Опис конструкції та службового призначення деталі.....	10
1.2Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	12
1.3Вибір виду і способу отримання заготовки.....	13
1.4Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	19
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	22
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	34
1.5Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів.....	34
1.6Проектування операційної технології.....	50
1.6.1 Розрахунок режимів різання і технічної норми часу для токарної з ЧПК операції 020	50
1.6.2 Розрахунок режимів різання і технічної норми часу для фрезерної операції 105.....	61
1.7Розробка розрахунково-технологічної карти керуючої програми для токарної з ЧПК операції 100	90
2 Конструкторська частина.....	94
2.1Проектування робочого пристосування	94
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	94
2.1.3 Визначення необхідного зусилля затиску заготовки і вибір приводу	96
2.2Проектування контрольного пристосування.....	98
2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи.....	98
3 Спецзавдання.....	100
3.1Цементация	100
3.1.1 Цементация твердим карбюризатором	101
3.1.2 Газова цементация	103
3.1.3 Високотемпературна вакуумна цементация (ВЦ)	105
3.1.4 Цементация в тліючому розряді (іонна цементация).....	106
3.1.5 Цементация в розплавлених солях (рідинна цементация).....	108

3.1.6 Цементация пастами	109
3.2 Азотування	109
3.3 Борирування	110
3.4 Силіціювання	111
3.5 Нітроцементация	112
3.5.1 Технологія нітроцементации	113
3.5.2 Властивості нітроцементованої сталі	115
3.5.3 Контроль якості нітроцементации	116
3.5.4 Дефекти нітроцементации і їх попередження	117
3.6 Ціанування	118
3.7 Сульфоціанування	119
3.8 Бороціанування	120
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.1 Аналіз потенційних небезпек	
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	
4.3 Вплив електричного струму на людину та методи захисту	
4.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	
4.5 Заходи пожежної безпеки	
4.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	
Висновок	
Перелік посилань	
ДОДАТОК А Керуюча програма для токарної операції	
ДОДАТОК Б Специфікація робочого пристосування	
ДОДАТОК В Специфікація контрольного пристосування	

РЕФЕРАТ

ПЗ: 153 стор., 9 рисунків, 10 таблиць, 3 додатків, 11 посилань.

Об'єкт дослідження: колесо зубчасте.

Метод дослідження: розрахунково-аналітичний.

Мета магістерської роботи: вдосконалення технологічного процесу та підвищення зносостійкості деталі-колеса зубчастого.

В роботі визначені особливості технологічного процесу для призначення заходів його вдосконалення. Для підвищення зносостійкості деталі, виконана термообробка, а саме нітроцементация, яка підвищує межу витривалості, забезпечує можливість повної механізації і автоматизації процесів.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, ДЕТАЛЬ, БАЗА, ЗАГОТІВЛЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, НОРМА ЧАСУ, УСТАТКУВАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЄСКД	Єдина система конструкторської документації
ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
КГШП	Кривошипно-гарячештампувальний прес
МОП	Маршрут обробки поверхонь
МОЗ	Маршрут обробки заготовки
ТУ	Технічні умови
ЗОР	Змащуючо-охолоджуюча рідина
РТК	Розрахунково-технологічна карта
ЧПК	Числове програмне керування
ТО	Термічна обробка
ТВ	Технічні вимоги
ХТО	Хіміко-термічна обробка
КЭ	Карта ескізів
МК	Маршрутна карта
ОК	Операційна карта
ТЛ	Титульний лист
КЗ	Карта заготовки
КК	Контрольна карта
СНіП	Система норм і правил

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ними постають безліч різних завдань і питань, які потребують негайного і правильного їх вирішення.

Все зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу.

Удосконалення авіаційних двигунів висуває нові вимоги до технології їх виготовлення. Зростання робочих температур і тисків вимагає все більш широкого використання високоміцних сплавів, тенденція скорочення числа деталей призводить до ускладнення геометричних форм, а зниження питомої маси двигуна обумовлює застосування деталі малої жорсткості.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного устаткування, інструменту та оснащення, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу та підвищення зносостійкості деталі. Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- визначити спосіб отримання заготовки;
- розробити маршрут обробки;
- розрахувати припуски , режими різання, призначити обладнання, інструмент, пристосування;
- виконати технічне нормування.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Дане колесо зубчасте працює в коробці приводів двигуна АИ9-3Б. Коробка приводів розташована в передній частині двигуна і служить: для розподілу і підведення потужності від ротора двигуна до приводних агрегатів двигуна; для підведення крутного моменту від електростартера до ротора двигуна при запуску; для розміщення і кріплення приводних і не приводних агрегатів і датчиків двигуна; для розміщення вузлів кріплення двигуна до літака і кронштейна такелажу; для формування проточної частини двигуна.

Деталь - колесо зубчасте входить в зачеплення з колесом зубчастим приводу генератора і служить для передачі крутного моменту.

Колесо зубчасте циліндричне прямозубе, модуль $m = 2,25$ мм, число зубів $z = 39$, діаметр діляльного кола $d = 87,75$ мм. Деталь пустотіла – для зменшення маси. Поверхні валу $\varnothing 25$ мають квалітет $k5$ і шорсткість $Ra\ 0,4$, оскільки є посадочними для запресування шарикопідшипників, які встановлюються в обойми з зазором. Обойми запресовані в коробку приводів. Поверхня валу $\varnothing 36$ має квалітет $p6$ і шорсткість $Ra\ 0,8$, оскільки є посадочною для зубчастого колеса, яке ставиться з натягом в подальшій зборці. В деталі передбачені лиски по $\varnothing 31$ для демонтажу підшипників (рис.1.1).

Зубчасті колеса авіаційних двигунів працюють з навантаженням, що доходить до 700-800 Н на 1 мм довжини зуба. Вони мають бути легкими і надійними в роботі. До якості зубчастих коліс що працюють у складі авіаційного двигуна пред'являтися високі вимоги, оскільки вони визначають його надійність. Якість коліс забезпечується ретельною обробкою, використанням високолегованих сталей, відповідною термообробкою, поліпшенням профілю зуба.

Дане колесо зубчасте виготовляється з високолегованої сталі марки 14ХГСН2МА-Ш ГОСТ 2590-88. Хімічний склад сталі 14ХГСН2МА-Ш наведений в табл. 1.1. Сталь виплавляється у відкритих електропечах і методом електрошлакової переплавки. Цей матеріал застосовують для виготовлення таких деталей, як шестерні, вали, черв'яки, кулачкові муфти, поршневі пальці і інші цементовані деталі, до яких пред'являються вимоги високої міцності, пластичності і в'язкості серцевини, високій поверхневій твердості, що працюють під дією ударних навантажень і при негативних

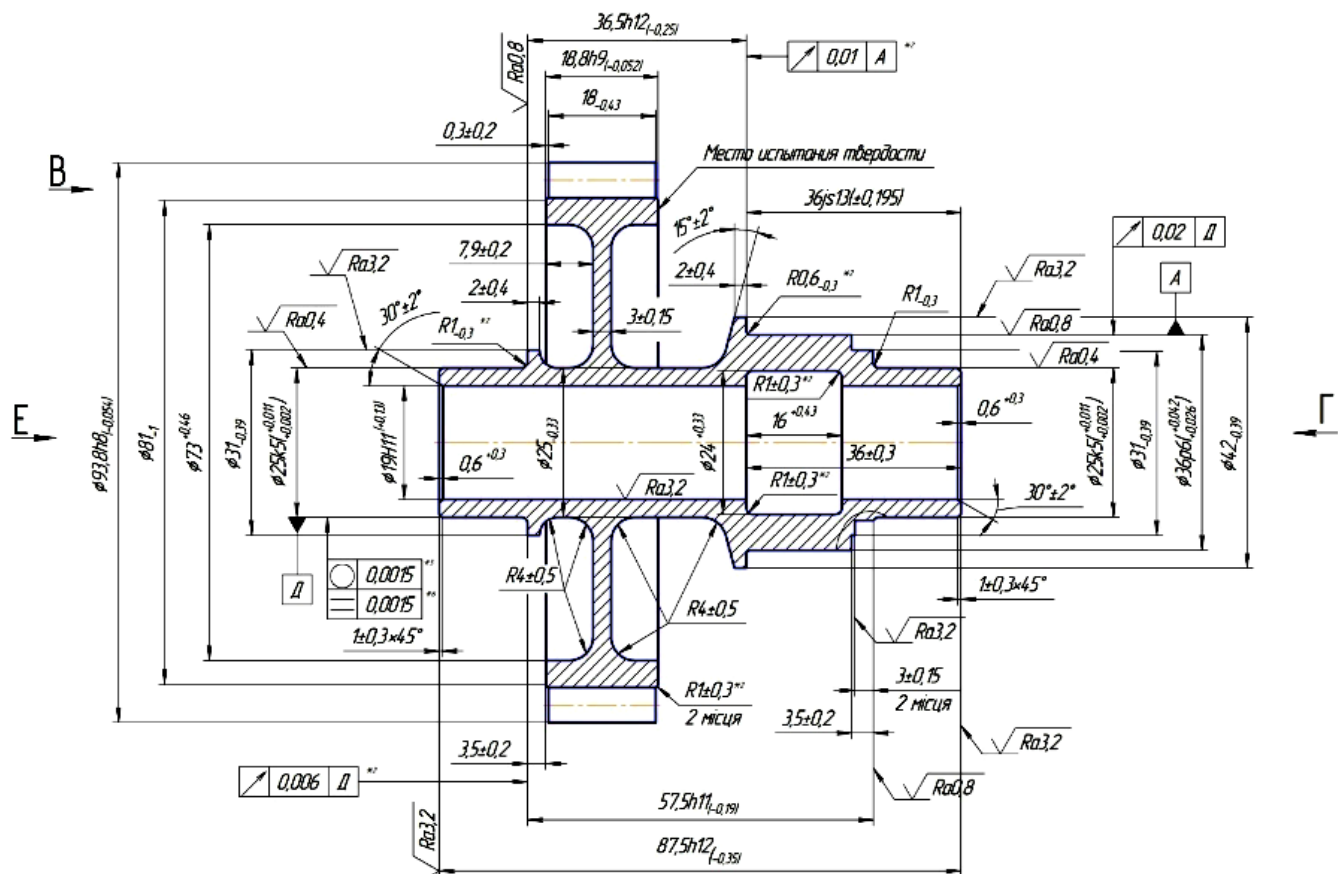


Рисунок 1.1 – Колесо зубчатое

температурах. Сталь добре деформується в гарячому стані. Температурний поріг деформації 1180-850 °С. Для цієї сталі характерні цементація при 850-920 °С, відпускання при 600-630 °С, гартування при 820-860 °С в олії, обробка холодом при -40...-70 °С, відпускання при 170-220 °С. Сталь володіє хорошими фізико-механічними властивостями, які наведені в табл. 1.2. Оброблюваність різанням задовільна.

Таблица 1.1 - Хімічний склад матеріалу 14ХГСН2МА-Ш [1]

Масова частина, %						Не більше	
С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Нікель	Молібден	Сірка	Фосфор
0,11-0,16	0,45-0,7	0,7-1,0	1,2-1,6	1,6-2,0	0,25-0,4	0,015	0,03

Згідно з [1], стор. 23, табл.1 сталь 14ХГСН2МА-Ш відноситься до VI групи оброблюємості – леговані сталі.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості матеріалу 14ХГСН2МА-Ш, не менш

σ_B	$\sigma_{0,2}$	Δ_5	ψ	KCU	Твердість HRC
МПа		%		МДж/м ²	
Гартування 820-860 °С, олія. Відпускання 160-250 °С					
1000	800	12	55	1,0	≥58

Дія легуючих елементів: хром підсилює дію вуглецю, підвищує твердість, стійкість до зносу, розширює межу пружності, збільшує міцність на розрив; нікель збільшує ударну міцність, межу пружності і міцність сталі на розрив; міцна і в'язка поверхня нікелевих сталей забезпечує високу стійкість до втоми і зносу, вони добре піддаються цементації, нікель зменшує деформацію і забезпечує хороші властивості серцевини.

У якості заміника даного матеріалу служать наступні сталі: 18ХГТ, 14Х2Н3МА, 12ХН3А.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу всі виробництва умовно діляться на три основні види: одиничне, серійне і масове. У кожного з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації робіт. На даному етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масою деталі по табл. 1.3.

З огляду на масу деталі $m = 0,72$ кг і річну програму випуску $N = 1000$ штук, приймаємо серійний тип виробництва.

Форма організації виробництва згідно з ГОСТ 14312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу, кількості виробів, розташування технологічного устаткування.

Для обробки даної деталі обираємо змінно-потокове виробництво. При такій формі організації виробництва деталі поступають на ділянку партіями, але обробка їх здійснюється поточковим методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок устаткування робочих місць дільниці відповідно

переналагоджується і на ділянку поступає партія інших заготовок, що мають подібний технологічний процес, і також обробляються потоковим методом.

Таблиця 1.3 - Вибір типу виробництва

Тип виробництва	Кількість обробляємих деталей на рік, штук		
	важкі, масою понад 100 кг	середні, масою 10-100 кг	легкі, масою до 10 кг
одиначне	до 5	до 10	до 100
дрібносерійне	5-10	10-200	100-500
серійне	100-300	200-500	500-5000
багатосерійне	300-1000	500-5000	5000-50000
масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Кількість заготовок в партії для одночасного запуску визначаємо за формулою 1.1:

$$n = \frac{a \cdot N}{250}, \quad (1.1)$$

де а – періодичність запуску деталей в виробництво чи кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи збірного цеха, а = 3 дні;

N – річна програма випуску, N = 1000 шт.;

250 – кількість робочих днів в одному році.

Підставляємо числове значення до формули 1.1 та отримуємо:

$$n = \frac{3 \cdot 1000}{250} = 12 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки

Одну й ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами. Одним з найважливіших принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечує її максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку істотно скорочуються витрати металу, об'єм механічної обробки та виробничий цикл виготовлення деталі. Однак при

цьому в заготівельному виробництві збільшуються витрати на технологічне обладнання та оснащення, їх ремонт та обслуговування.

Проведемо порівняння двох методів отримання заготовки - штампування на горизонтально кувальних машинах (ГКМ) і штампування на кривошипних гарячештамповочних пресах (КГШП).

Призначаємо припуски на обробку за табл. 1.3, стор. 12 [2] на розміри заготовки, яка отримана кожним методом. Маса деталі складає $q = 0,72$ кг.

Припуски заносимо в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски на обробку

Розміри, мм	Розміри з припусками, мм	
	штампування на ГКМ	штампування на КГШП
1	2	3
$D_1 = 31$	$31 + 2 \cdot 2,7 = 36,4$	$31 + 2 \cdot 2,1 = 35,2$
$D_2 = 93,8$	$93,8 + 2 \cdot 3,0 = 99,8$	$93,8 + 2 \cdot 2,2 = 98,2$
$D_3 = 42$	$42 + 2 \cdot 2,7 = 47,4$	$42 + 2 \cdot 2,1 = 46,2$
$L_1 = 87,5$	$87,5 + 2 \cdot 3,0 = 93,5$	$87,5 + 2 \cdot 2,2 = 91,9$
$L_2 = 18,8$	$18,8 + 2 \cdot 2,7 = 24,2$	$18,8 + 2 \cdot 2,1 = 23$
$L_3 = 36 + 36,5 - 3,5 + 0,3 - 18,8 = 50,5$	50,5	50,5

Ескіз заготовки з напусками та основними розмірами показано на рис. 1.2.

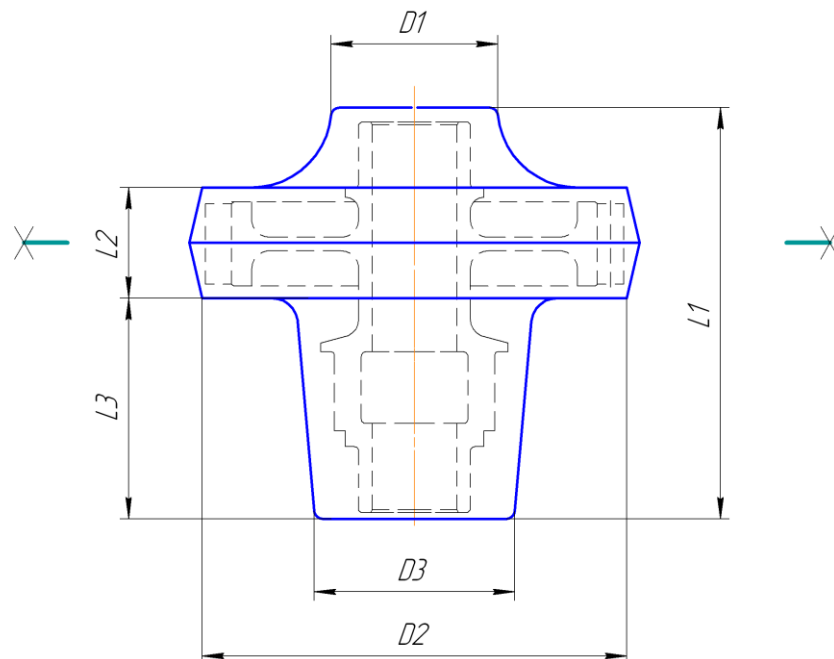


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки

Розраховуємо масу заготовки при штампуванні на ГKM.

Маса штампованої заготовки розраховується за формулою 1.2:

$$Q = \rho \cdot (V_1 + V_2 + V_3), \quad (1.2)$$

де Q - маса заготовки, кг;

ρ - густина металу, для сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ (табл. 1.30, стор. 20 [2]);

V - об'єм простих фігур (циліндри) з яких складається заготовка, см^3 .

Розміри для розрахунків беремо з табл. 1.4.

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \cdot (D_1)^2 \cdot (L_1 - L_2 - L_3)}{4} = \frac{3,14 \cdot 36,4^2 \cdot (93,5 - 24,2 - 50,5)}{4} = \\ &= 19553 \text{ мм}^3 = 19,553 \text{ см}^3; \\ V_2 &= \frac{\pi \cdot (D_2)^2 \cdot (L_2)}{4} = \frac{3,14 \cdot 99,8^2 \cdot 24,2}{4} = 189211 \text{ мм}^3 = 189,211 \text{ см}^3; \\ V_3 &= \frac{\pi \cdot (D_3)^2 \cdot (L_3)}{4} = \frac{3,14 \cdot 47,4^2 \cdot 50,5}{4} = 89067 \text{ мм}^3 = 89,067 \text{ см}^3; \\ V &= V_1 + V_2 + V_3 = 19,553 + 189,211 + 89,067 = 297,831 \text{ см}^3; \\ Q_{\text{ГKM}} &= 7,8 \cdot 297,831 = 2323 \text{ г} = 2,32 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Розраховуємо масу заготовки при штампуванні на КГШП за формулою 1.2:

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \cdot (D_1)^2 \cdot (L_1 - L_2 - L_3)}{4} = \frac{3,14 \cdot 35,2^2 \cdot (91,9 - 23 - 50,5)}{4} = \\ &= 17896 \text{ мм}^3 = 17,896 \text{ см}^3; \\ V_2 &= \frac{\pi \cdot (D_2)^2 \cdot (L_2)}{4} = \frac{3,14 \cdot 98,2^2 \cdot 23}{4} = 174108 \text{ мм}^3 = 174,108 \text{ см}^3; \\ V_3 &= \frac{\pi \cdot (D_3)^2 \cdot (L_3)}{4} = \frac{3,14 \cdot 46,2^2 \cdot 50,5}{4} = 84614 \text{ мм}^3 = 84,614 \text{ см}^3; \\ V &= V_1 + V_2 + V_3 = 17,896 + 174,108 + 84,614 = 276,618 \text{ см}^3; \\ Q_{\text{КГШП}} &= 7,8 \cdot 276,618 = 2157,6 \text{ г} = 2,16 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Розраховуємо вартість однієї заготовки, отриманої одним із способів за формулою 1.3:

$$B_{\text{ш}} = \frac{B_{\text{Б}}}{1000} \cdot Q \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\text{В}} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх.}}}{1000}, \quad (1.3)$$

де $B_{\text{Б}}$ - базова вартість виготовлення 1 т заготовок, $B_{\text{Бкгшп}} = 23000$ грн,
 $B_{\text{Бгкм}} = 21500$ грн;

Q - маса заготовки, $Q_{\text{кгшп}} = 2,16$ кг, $Q_{\text{гкм}} = 2,32$ кг;

$K_{\text{Т}}$ - коефіцієнт, який враховує точність заготовки, $K_{\text{Т}} = 1,0$ (за табл. 1.24, стор. 18 [2]);

$K_{\text{М}}$ - коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки, $K_{\text{М}} = 1,8$ (за табл. 1.25, стор. 18 [2]);

$K_{\text{С}}$ - коефіцієнт, який враховує групу складності виготовлення заготовки, $K_{\text{С}} = 0,89$ (за табл. 1.26, стор. 19 [2]);

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт, який враховує програму випуску заготовок, $K_{\text{П}} = 1,0$ (за табл. 1.28, стор. 19 [2]);

$K_{\text{В}}$ - коефіцієнт, який враховує масу заготовки, $K_{\text{В}} = 1,11$ (за табл. 1.27, стор. 19 [2]);

$B_{\text{отх.}}$ - вартість 1 т стружки, $B_{\text{отх.}} = 1600$ грн.

Підставляємо числові значення до формули 1.3 та отримуємо:

$$\begin{aligned} B_{\text{кгшп}} &= \frac{23000}{1000} \cdot 2,16 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,11 - (2,16 - 0,72) \cdot \frac{1600}{1000} = \\ &= 86,03 \text{ грн;} \\ B_{\text{гкм}} &= \frac{21500}{1000} \cdot 2,32 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,11 - (2,32 - 0,72) \cdot \frac{1600}{1000} = \\ &= 86,14 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання заготовки за формулою 1.4:

$$\eta = \frac{q}{Q}, \quad (1.4)$$

де q – маса деталі;

Q – маса заготівки.

Підставляємо числові значення до формули 1.4 та отримуємо:

$$\eta_{\text{ГКШП}} = \frac{0,72}{2,16} = 0,33;$$

$$\eta_{\text{ГКМ}} = \frac{0,72}{2,32} = 0,31.$$

Розрахунки зводимо до табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Порівняльні показники по варіантам

Показники	Позначення	Вимір	Варіанти	
			ГКМ	ГКШП
1	2	3	4	5
Маса заготовки	Q	кг	2,32	2,16
Базова вартість 1 т заготовок	В _б	грн.	21500	23000
Коефіцієнти	K _Т	-	1,0	1,0
	K _М	-	1,8	1,8
	K _с	-	0,89	0,89
	K _в	-	1,11	1,11
	K _П	-	1,0	1,0
Вартість 1 т стружки	В _{отх}	грн.	1600	1600
Вартість однієї заготовки	В	грн.	86,14	86,03
Коефіцієнт використання матеріалу	η	-	0,31	0,33

В результаті розрахунків бачимо, що $\eta_{\text{ГКМ}} = 0,31 < \eta_{\text{ГКШП}} = 0,33$,
 $V_{\text{ГКМ}} = 86,14 \text{ грн} > V_{\text{ГКШП}} = 86,03 \text{ грн}$.

Проводимо класифікацію штамповки, що проектується. Згідно з ГОСТ 7505-89 штамповані заготовки класифікуються за ознаками: точність виготовлення, група сталі, ступінь складності. Клас точності виготовлення встановлюється залежно від виду обладнання за табл. 5.9 [5]: приймаємо клас – Т4.

Групу сталі поковки визначаємо за змістом вуглецю (С) і за сумарною масовою часткою легуючих елементів (ЛЕ): приймаємо групу – М2.

Ступінь складності поковки С визначаємо шляхом обчислювання відношення за формулою 1.5:

$$C = \frac{M_{\text{П}}}{M_{\text{Ф}}}, \quad (1.5)$$

де M_{Π} – маса поковки, кг;

M_{Φ} – маса геометричної фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка (циліндр), кг.

$$V_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} = \frac{3,14 \cdot 98,2^2 \cdot 91,9}{4} = 695677 \text{ мм}^3 = 695,677 \text{ см}^3;$$

$$M_{\Phi} = V_{\Phi} \cdot \rho = 695,677 \cdot 7,8 = 5426 \text{ г} = 5,426 \text{ кг};$$

$$C = \frac{2,16}{5,426} = 0,398.$$

Отже, ступінь складності поковки – С2 за [5] стор.27.

Креслення заготовки представлено в графічній частині дипломного проекту.

Розраховуємо річну економію по вартості виготовлення заготовок за формулою 1.6:

$$E_B = (B_{ГКМ} - B_{ГКШП}) \cdot \Pi, \quad (1.6)$$

де $B_{ГКШП}$, $B_{ГКМ}$ – вартість однієї заготовки, виготовленої на ГКШП та на ГКМ відповідно, грн.;

Π – річна програма випуску, шт.

Підставляємо числові значення до формули 1.6 та отримуємо:

$$E_B = (86,14 - 86,03) \cdot 1000 = 110 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річну економію матеріалу за формулою 1.7:

$$M_1 = \frac{q \cdot (\eta_{ГКШП} - \eta_{ГКМ})}{\eta_{ГКШП} \cdot \eta_{ГКМ}} \cdot \Pi; \quad (1.7)$$

$$M_1 = \frac{0,72 \cdot (0,33 - 0,31)}{0,33 \cdot 0,31} \cdot 1000 = 140,76 \text{ кг.}$$

Зробивши розрахунок бачимо, що отримання заготовок штампуванням на ГКШП при партії 1000 шт. економічно вигідніше, ніж штампування на

ГКМ, річна економія по вартості виготовлення заготовок становить 110 грн. річна економія матеріалу склала 140,76 кг.

Отже у якості заготовки обираємо штамповку на КГШП у відкритому штампі, так як штампування у закритому штампі потребує точного розрахунку кількості металу і тому складніше.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі - це сукупність властивостей, які проявляються у можливості досягнення оптимальних затрат праці, засобів, матеріалів та часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті у порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту (ГОСТ 18831-73).

Аналіз деталі на технологічність за допомогою якісних показників включає до себе наступні критерії:

- 1) Матеріал деталі – сталь 14ХГСН2МА-Ш – належить до VI групи сталей по обробляємості (леговані сталі). Добра оброблюваність різанням після нормалізації або гартування з високим відпусканням. Оброблюваність різанням після цементації задовільна.
- 2) Заготовка – штамповка на КГШП, не має великого перепаду розмірів циліндричних поверхонь, за винятком ділянки із зубастим вінцем. Але це не створює труднощів на заготівельній операції.
- 3) Поверхні деталі є простими та не потребують складного оснащення для їх обробки.
- 4) На більшості операцій принципи єдності та постійності баз зберігаються.
- 5) Деталь достатньо жорстка.
- 6) Можлива багатоінструментальна обробка поверхонь.
- 7) Деталь не потребує застосування спеціального вимірювального інструменту.
- 8) Обробка поверхонь є зручною.
- 9) Точність змінюється від 5 до 15 квалітету.

10) Шорсткість змінюється від 0,4 до 3,2.

11) Розміри проставлені технологічно.

Коефіцієнт використання заготовки, визначається за формулою (1.4):

$$K_{в.з.} = \frac{0,72}{2,16} = 0,33 < 0,8.$$

Коефіцієнт використання заготовки складає $K_{вик.} = 0,33 < 0,8$, тому вважаємо конструкцію деталі за даним показником нетехнологічною.

Коефіцієнт уніфікації $K_{у.е.}$ визначається за формулою (1.8):

$$K_{у.е.} = \frac{Q_{у.е.}}{Q_{е.}} \geq 0,6, \quad (1.8)$$

де $Q_{у.е.}$ - кількість уніфікованих типорозмірів і конструктивних елементів;

$Q_{е.}$ - загальна кількість типорозмірів і конструктивних елементів деталі.

Підставляємо числові значення до формули (1.8) та отримуємо:

$$K_{у.е.} = \frac{20}{13} = 1,54 > 0,6.$$

При $K_{у.е.} = 1,54 > 0,6$ - за даним показником деталь технологічна.

Оптимальна точність геометричних характеристик оцінюється коефіцієнтом точності обробки, що визначається за формулою (1.9):

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{ср.}} > 0,8, \quad (1.9)$$

де $K_{т.о.}$ - коефіцієнт точності обробки;

$A_{ср.}$ - середнє значення квалітету точності розмірів, що визначається за формулою (1.10):

$$A_{ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (1.10)$$

де A_i - квалітет точності i -ої поверхні;

n_i - кількість розмірів відповідного квалітету.

Підставляємо числові значення до формул (1.9) та (1.10) та отримуємо:

$$A_{\text{ср.}} = \frac{15 \cdot 10 + 14 \cdot 5 + 13 \cdot 7 + 12 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 2}{33} + \frac{6 \cdot 1 + 5 \cdot 2}{33} = 12,15;$$

$$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{12,15} = 0,92 > 0,8.$$

Деталь відноситься до деталей нормальної точності, оскільки $K_{\text{т.о.}} = 0,92 > 0,8$.

Оптимальна шорсткість поверхонь деталі оцінюється коефіцієнтом шорсткості, який визначається за формулою (1.11):

$$K_{\text{ш.}} = \frac{1}{B_{\text{ср.}}} < 0,32, \quad (1.11)$$

де $K_{\text{ш.}}$ - коефіцієнт шорсткості;

$B_{\text{ср.}}$ - середнє значення показника шорсткості деталі, яке визначається за формулою (1.12):

$$B_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (1.12)$$

де B_i - клас шорсткості i -ої поверхні;

n_i - кількість поверхонь відповідного квалітету.

Підставляємо числові значення до формул (1.11) та (1.12) та отримуємо:

$$B_{\text{ср.}} = \frac{5 \cdot 11 + 6 \cdot 17 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 2}{33} = 6,1;$$

$$K_{\text{ш.}} = \frac{1}{6,1} = 0,16 < 0,32.$$

Деталь технологічна, оскільки $K_{\text{ш.}} = 0,16 < 0,32$.

На підставі вищевикладених обчислень можна зробити висновок, що деталь відповідає коефіцієнтам якісної та кількісної оцінки технологічності конструкції. Деталь колесо зубчасте технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь (МОП)

МОП – це визначена послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі.

Визначаємо показники точності та якості основних поверхонь деталі, шляхи досягнення необхідної точності. Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь приведений на рисунку 1.3, основні розміри занесені до табл. 1.6.

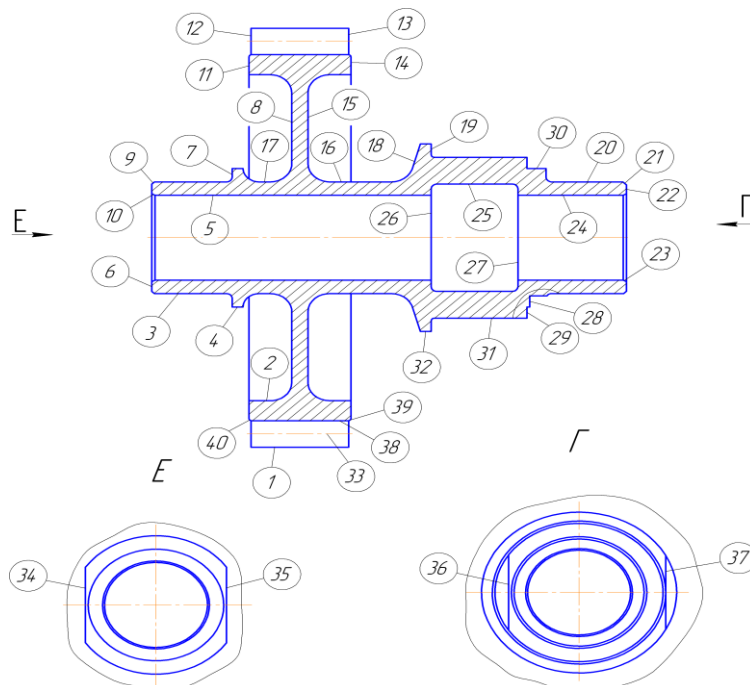


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Таблиця 1.6 – Показники точності та якості основних поверхонь деталі та заготовки

№ поверхні та геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхонь					
			Допуск та квалітет точності		Похибка форми/розташування		Шорсткість	
	вид	тип	дет.	заг.	дет.	заг.	дет.	заг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – Ø93,8 _{-0,054}	Циліндрич.	Зовнішня	0,054 IT8	2,6 IT17	0,02	0,66	Ra 1,6 Rz 5	Rz 160
2 – Ø73 ^{+0,46}	Циліндрич.	Внутрішня	0,46 IT13	-	0,2	-	Ra 1,6 Rz 5	-
3 – Ø25 ^{+0,011} _{+0,002}	Циліндрич.	Зовнішня	0,009 IT5	-	0,0015	-	Ra 0,4 Rz 1,25	-
4 – Ø31 _{-0,39}	Циліндрич.	Зовнішня	0,39 IT13	2,6 IT17	0,2	0,66	Ra 3,2 Rz 10	Rz 160
5, 24 – Ø19 ^{+0,13}	Циліндрич.	Внутрішня	0,13 IT11	-	0,05	-	Ra 3,2 Rz 10	-
6, 22 – 87,5 _{-0,35}	Плоска	Зовнішня	0,35 IT12	2,6 IT17	0,15	0,66	Ra 3,2 Rz 10	Rz 160
7 – 36,5 _{-0,25}	Плоска	Зовнішня	0,25 IT12	-	0,006	-	Ra 0,8 Rz 2,5	-
11, 14 – 18,8 _{-0,052}	Плоска	Зовнішня	0,052 IT9	2,6 IT17	0,02	0,66	Ra 1,6 Rz 5	Rz 160
12, 13 – 18 _{-0,43}	Плоска	Зовнішня	0,43 IT14	-	0,2	-	Ra 1,6 Rz 5	-

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16, 17 – $\varnothing 25_{-0,33}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,33 IT13	-	0,15	-	Ra 1,6 Rz 5	-
18 – $2 \pm 0,4$	Плоска	Зовнішня	0,8 IT15	-	0,4	-	Ra 1,6 Rz 5	-
19 – $36 \pm 0,195$	Плоска	Зовнішня	0,39 IT13	-	0,01	-	Ra 1,6 Rz 5	-
20 – $\varnothing 25_{+0,002}^{+0,011}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,009 IT5	-	0,0015	-	Ra 0,4 Rz 1,25	-
25 – $\varnothing 24_{+0,33}$	Циліндрич.	Внутрішня	0,33 IT13	-	0,15	-	Ra 1,6 Rz 5	-
30 – $\varnothing 31_{-0,39}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,39 IT13	-	0,2	-	Ra 3,2 Rz 10	-
31 – $\varnothing 36_{+0,026}^{+0,042}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,016 IT6	-	0,02	-	Ra 0,8 Rz 2,5	-
32 – $\varnothing 42_{-0,39}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,39 IT13	2,6 IT17	0,2	0,66	Ra 0,8 Rz 2,5	Rz 160

Примітка. Знак «—» в показниках точності та якості заготовки показує, що на дану поверхню в заготовці призначено напуск.

Розглянемо принципи проектування маршруту обробки на прикладі двох поверхонь: зовнішньої циліндричної і плоскої поверхонь.

Заготівка: штамповка нормальної точності, вага заготівки – 2,16 кг. Встановлюємо допуски $Td_{\text{заг}}$ для поверхні вихідної заготівки використовуючи [3] табл. 23, стор.146-147: $es = +1,7$; $ei = -0,9$; $Td_{\text{ар}} = 2600$ мкм. Квалітет 17 (табл. 32, стор.192 [3]). Якість поверхні штамповки визначаємо згідно табл.12, стор. 186 [3]: $Rz = 160$ мкм; $h = 200$ мкм.

Поверхня 1: $\varnothing 93,8_{-0,054}$ – зовнішня циліндрична поверхня. За робочим кресленням визначаємо технічні вимоги на поверхню, яка обробляється. До них відносимо: допуск $Td_{\text{д}} = 0,054$ мм; квалітет IT8; шорсткість: $Ra = 1,6$ мкм або $Rz = 5$ мкм; $\Delta = 0,02$ мм.

Загальні уточнення по показникам точності та якості розраховуємо за наступними формулами:

$$\epsilon_{Td} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}}; \quad (1.14)$$

$$\epsilon_{Rz} = \frac{Rz_{\text{заг}}}{Rz_{\text{дет}}}; \quad (1.15)$$

$$\epsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_{\text{заг}}}{\Delta_{\text{дет}}}. \quad (1.16)$$

Формула 1.14 використовується для розрахунку уточнення по геометричній точності, формула 1.15 – по шорсткості, 1.16 – по точності форми та розташуванню. Індекс «заг.» означає відповідний параметр заготівки, «дет.» – деталі.

Підставляємо числові значення до формул 1.14, 1.15, 1.16 та отримуємо:

$$\epsilon_{Td} = \frac{2,6}{0,054} = 48,148;$$

$$\epsilon_{Rz} = \frac{160}{5} = 32;$$

$$\epsilon_{\Delta} = \frac{0,66}{0,02} = 33.$$

Розраховуємо кількість переходів за формулою 1.17, орієнтуючись на параметр, який потребує найбільшої кількості переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} \quad , \quad (1.17)$$

де $\varepsilon_{\max}$ – максимальне уточнення.

Підставляємо числові значення до формули 1.17 та отримуємо:

$$k = 2 \cdot \lg 48,148 = 3,3.$$

Приймаємо кількість переходів $k = 3$.

Розраховуємо уточнення за переходами за формулою 1.18:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}}, \quad (1.18)$$

де $T_{i(j-1)}$ та T_{ij} - відповідно технологічні допуски, що забезпечуються на попередньому $(j-1)$ та даному j -му переходах.

Призначаємо технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається. Клас шорсткості та середні статистичні похибки механічної обробки призначаємо за табл. 4, стор. 8 [3].

Перший перехід – заготівка.

Другий перехід – точіння чорнове, яке забезпечує: $T_{d2} = 540$ мкм; $Rz_2 = 40$ мкм; $\Delta_2 = 0,1$; IT13 (згідно табл. 4, стор. 8 [3]).

Третій перехід – точіння чистове, яке забезпечує: $T_{d3} = 140$ мкм; $Rz_3 = 10$ мкм; $\Delta_3 = 0,04$ мм; IT10 (згідно табл. 4, стор. 8 [3]).

Четвертий перехід – термообробка.

П'ятий перехід – шліфування попереднє, яке забезпечує $T_{d5} = 54$ мкм; $Rz_5 = 5$ мкм; $\Delta_5 = 0,02$ мм; IT8 (згідно креслення).

Після визначення змісту переходів, призначаємо послідовність показників точності та якості поверхонь:

Допуск розміру: IT17 $\rightarrow$ IT13 $\rightarrow$ IT10 $\rightarrow$ IT8;

Допуск форми та розташування: 0,66 $\rightarrow$ 0,1 $\rightarrow$ 0,04 $\rightarrow$ 0,02;

Шорсткість: 160 $\rightarrow$ 40 $\rightarrow$ 10 $\rightarrow$ 5, за класами: $\nabla 2 \rightarrow \nabla 4 \rightarrow \nabla 6 \rightarrow \nabla 7$.

Розраховуємо уточнення за переходами та показниками якості за формулою 1.18:

$$\varepsilon_{T2} = \frac{2,6}{0,54} = 4,815;$$

$$\varepsilon_{Rz2} = \frac{160}{40} = 4;$$

$$\varepsilon_{\Delta 2} = \frac{0,66}{0,1} = 6,6;$$

$$\varepsilon_{T3} = \frac{0,54}{0,14} = 3,857;$$

$$\varepsilon_{Rz3} = \frac{40}{10} = 4;$$

$$\varepsilon_{\Delta 3} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5;$$

$$\varepsilon_{T5} = \frac{0,14}{0,054} = 2,593;$$

$$\varepsilon_{Rz5} = \frac{10}{5} = 2;$$

$$\varepsilon_{\Delta 5} = \frac{0,04}{0,02} = 2.$$

Загальне уточнення досягається за допомогою уточнень за переходами, тобто необхідно дотримуватися умови:

$$\varepsilon_{T0} = \varepsilon_{T2} \cdot \varepsilon_{T3} \cdot \varepsilon_{T5} \geq \varepsilon_T; \quad (1.18)$$

$$\varepsilon_{Rz0} = \varepsilon_{Rz2} \cdot \varepsilon_{Rz3} \cdot \varepsilon_{Rz5} \geq \varepsilon_{Rz}; \quad (1.19)$$

$$\varepsilon_{\Delta 0} = \varepsilon_{\Delta 2} \cdot \varepsilon_{\Delta 3} \cdot \varepsilon_{\Delta 5} \geq \varepsilon_{\Delta}. \quad (1.20)$$

Формула (1.18) використовується для розрахунку уточнення по геометричній точності, формула (1.19) – по шорсткості, (1.20) за точністю форми та розташування.

Підставляємо числові значення до формул (1.18), (1.19), та (1.20):

$$\varepsilon_{T0} = 4,815 \cdot 3,857 \cdot 2,593 = 48,155 > \varepsilon_T = 48,148;$$

$$\varepsilon_{Rz0} = 4 \cdot 4 \cdot 2 = 32 = \varepsilon_{Rz} = 32;$$

$$\varepsilon_{\Delta 0} = 6,6 \cdot 2,5 \cdot 2 = 33 = \varepsilon_{\Delta} = 33.$$

Так як умова по всім показникам виконується, МОП запроектовано вірно.

Поверхня 6, 22: 87,5_{-0,35} – зовнішня плоска поверхня. За робочим кресленням визначаємо технічні вимоги на поверхню, яка обробляється. До

них відносимо: допуск $Tl_D = 0,35$ мм; квалітет IT12; шорсткість $Ra = 3,2$ мкм або $Rz = 10$ мкм; $\Delta = 0,01$ мм.

Загальні уточнення по показникам точності та якості розраховуємо за формулами 1.14, 1.15 та 1.16:

$$\varepsilon_T = \frac{2,6}{0,35} = 7,428;$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{160}{10} = 16;$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,66}{0,15} = 4,4.$$

Розраховуємо кількість переходів за формулою 1.17, орієнтуючись на параметр, який потребує найбільшої кількості переходів:

$$k = 2 \cdot \lg 16 = 2,4.$$

Приймаємо кількість переходів $k = 2$.

Призначаємо технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається. Клас шорсткості та середні статистичні похибки механічної обробки призначаємо за табл. 4, стор. 8 [3].

Перший перехід – заготовка.

Другий перехід – фрезерування, яке забезпечує: $T_{L2} = 870$ мкм; $Rz_2 = 40$ мкм; $\Delta_2 = 0,3$; IT14 (згідно табл.4, стр.8 [3]).

Третій перехід – термообробка.

Четвертий перехід – точіння напівчистове, яке забезпечує: $T_{L4} = 35$ мкм; $Rz_4 = 10$ мкм; $\Delta_4 = 0,15$ мм; IT12 (згідно креслення).

Після визначення змісту переходів, необхідно призначити послідовність показників точності та якості поверхонь:

Допуск розміру: IT17 $\rightarrow$ IT14 $\rightarrow$ IT12;

Допуск форми та розташування: 0,66 $\rightarrow$ 0,3 $\rightarrow$ 0,15;

Шорсткість: 160 $\rightarrow$ 40 $\rightarrow$ 10, за класами: $\nabla 2 \rightarrow \nabla 4 \rightarrow \nabla 6$.

Розраховуємо уточнення за переходами та показниками якості за формулою 1.18:

$$\varepsilon_{T2} = \frac{Tl_{\text{заг}}}{Tl_2} = \frac{2,6}{0,87} = 2,988;$$

$$\varepsilon_{Rz2} = \frac{160}{40} = 4;$$

$$\varepsilon_{\Delta 2} = \frac{0,66}{0,3} = 2,2;$$

$$\varepsilon_{T4} = \frac{0,87}{0,35} = 2,486;$$

$$\varepsilon_{Rz4} = \frac{40}{10} = 4;$$

$$\varepsilon_{\Delta 4} = \frac{0,3}{0,15} = 2.$$

Загальне уточнення досягається за допомогою уточнень по переходам, тобто необхідно дотримуватися умови (1.18), (1.19), та (1.20):

$$\varepsilon_{T0} = 2,988 \cdot 2,486 = 7,428 = \varepsilon_T = 7,428;$$

$$\varepsilon_{Rz0} = 4 \cdot 4 = 16 = \varepsilon_{Rz} = 16;$$

$$\varepsilon_{\Delta 0} = 2,2 \cdot 2 = 4,4 = \varepsilon_{\Delta} = 4,4.$$

Так як умова по всім показникам виконується, МОП запроєктовано вірно.

За результатами розрахунків складемо табл. 1.7. Розраховуємо уточнення на інші точні поверхні та зводимо розрахунки до табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Маршрут обробки основних поверхонь

Характер та показники точності і якості поверхні в деталі і в заготовці	j показник	ε _{jo} уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників	МОП		Допуск			Уточнення		
			розрахунок	прийняте		i	метод обробки	розміру Т, мм	взаємного розташування, мм	шорсткість, мкм	розміру Т	взаємного розташування	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Зовнішня циліндрична поверхня 1 Ø93,8 _{-0,054} Ra 1,6 = Rz 5; Δ = 0,02 мм. Заготівка – Ø98,4 _{-0,9} ^{+1,7} Rz 160; Δ = 0,66 мм.	Td	48,148	3,3	3	Δ _{кв} = IT17 - IT8 = 9 = 4 + 3 + 2	1	Заготівка	2,6	0,66	160	-	-	-
	Δ	33			IT17 - IT13 - IT10 - IT8	2	Точіння чорнове	0,54	0,1	40	4,815	6,6	4
	Rz	32			Δ _{кл.} = ∇7 - ∇2 = 5 = 2 + 2 + 1	3	Точіння чистове	0,14	0,04	10	3,857	2,5	4
						4	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					Rz 160 - Rz 40 - Rz 10 - Rz 5	5	Шліфування попереднє	0,054	0,02	5	2,593	2	2
											48,155	33	32
Внутрішня циліндрична поверхня 5 Ø19 ₀ ^{+0,13} Ra 3,2 = Rz 10; Δ = 0,05 мм. Заготівка – суцільний метал.	Td	2,538	1,6	2	Δ _{кв} = IT13 - IT11 = 2	1	Свердління	0,33	0,34	20	-	-	-
	Δ	6,8			Δ _{кл.} = ∇6 - ∇5 = 1	2	Розточування чорнове	0,13	0,05	10	2,538	6,8	2
	Rz	2			IT13 - IT11						2,538	6,8	2
					Rz 20 - Rz 10								

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Зовнішня плоска поверхня 6, 22 87,5 _{-0,35} Ra 3,2 = Rz 10; $\Delta = 0,01$ мм. Заготівка – 97,1 _{-0,9} ^{+1,7} Rz 160; $\Delta = 0,66$ мм.	Tl	7,428	2,4	2	$\Delta_{\text{кв}} = \text{IT17} - \text{IT12} =$ $= 5 = 3 + 2$	1	Заготівка	2,6	0,66	160	-	-	-
	Δ	4,4			IT17 - IT14 - IT12	2	Фрезерування	0,87	0,3	40	2,988	2,2	4
	Rz	16			$\Delta_{\text{кл.}} = \nabla 6 - \nabla 2 =$ $= 4 = 2 + 2$	3	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					Rz 160 - Rz 40 - - Rz 10	4	Точіння напівчистове	0,35	0,15	10	2,486	2	4
											7,428	4,4	16
Зовнішня циліндрична поверхня 4 Ø31 _{-0,39} Ra 3,2 = Rz 10; $\Delta = 0,2$ мм. Заготівка – Ø35,6 _{-0,8} ^{+1,6} Rz 160; $\Delta = 0,66$ мм.	Td	6,15	2,4	2	$\Delta_{\text{кв}} = \text{IT17} - \text{IT13} =$ $= 4 = 2 + 2$	1	Заготівка	2,4	0,66	160	-	-	-
	Δ	3,3			IT17 - IT15 - IT13	2	Точіння чорнове	1,0	0,3	40	2,4	2,2	4
	Rz	16			$\Delta_{\text{кл.}} = \nabla 6 - \nabla 2 =$ $= 4 = 2 + 2$	3	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					Rz 160 - Rz 40 - - Rz10	4	Точіння напівчистове	0,39	0,2	10	2,564	1,5	4
											6,15	3,3	16

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Зовнішня циліндрична поверхня 32 $\varnothing 42_{-0,39}$ Ra 3,2 = Rz 10; $\Delta = 0,2$ мм. Заготівка – $\varnothing 46_{-0,8}^{+1,6}$ Rz 160; $\Delta = 0,66$ мм.	Td	6,15	2,4	2	$\Delta_{\text{КВ}} = \text{IT}17 - \text{IT}13 =$ $= 4 = 2 + 2$	1	Заготівка	2,4	0,66	160	-	-	-
	Δ	3,3			IT17 - IT15 - IT13	2	Точіння чорнове	1,0	0,3	40	2,4	2,2	4
	Rz	16			$\Delta_{\text{КЛ}} = \nabla 6 - \nabla 2 =$ $= 4 = 2 + 2$	3	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					Rz 160 - Rz 40 - - Rz10	4	Точіння напівчистове	0,39	0,2	10	2,564	1,5	4
											6,15	3,3	16
Зовнішня циліндрична поверхня 3 $\varnothing 25_{+0,002}^{+0,011}$ Ra 0,4 = Rz 1,25; $\Delta = 0,0015$ мм. Заготівка – $\varnothing 35_{-0,8}^{+1,6}$ Rz 160; $\Delta = 0,66$ мм.	Td	266,66	5,2	5	$\Delta_{\text{КВ}} = \text{IT}17 - \text{IT}5 =$ $= 12 = 4 + 2 + 2 +$ $+ 2 + 2$	1	Заготівка	2,4	0,66	160	-	-	-
	Δ	440				2	Точіння чорн.	0,33	0,1	40	7,27	6,66	4
	Rz	128				3	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					IT17 - IT13 - IT11 - - IT9 - IT7 - IT5	4	Точіння напівчистове	0,13	0,02	10	2,54	5	4
						5	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					$\Delta_{\text{КЛ}} = \nabla 8 - \nabla 2 = 6 =$ $= 2 + 2 + 1 + 1 + 1$	6	Точіння чист.	0,052	0,006	5	2,5	3,33	2
						7	Шліфування чистове	0,021	0,003	2,5	2,48	2	2
						8	Шліфування тонке	0,009	0,0015	1,25	2,33	2	2
											266,75	443,5	128

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Зовнішня плоска поверхня 11, 14 18,8 _{-0,052} Ra 1,6 = Rz 5; $\Delta = 0,02$ мм. Заготівка – 27,7 _{-0,8} ^{+1,6} Rz 160; $\Delta = 0,66$ мм.	Td	46,15	3,3	3	$\Delta_{\text{КВ}} = \text{IT17} - \text{IT9} =$ $= 8 = 4 + 3 + 1$	1	Заготівка	2,4	0,66	160	-	-	-
	Δ	33				2	Точіння чорн.	0,33	0,1	40	7,27	6,6	4
	Rz	32			IT17 - IT13 - - IT10 - IT9	3	Термообробка	-	-	-	-	-	-
						4	Точіння чист.	0,084	0,04	10	3,93	2,5	4
					$\Delta_{\text{КЛ}} = \nabla 7 - \nabla 2 =$ $= 5 = 2 + 2 + 1$	5	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					Rz 160 - Rz 40 - - Rz 10 - Rz 5	6	Шліфування попереднє	0,052	0,02	5	1,62	2	2
											46,28	33	32
Зовнішня циліндрична поверхня 31 $\varnothing 36_{+0,026}^{+0,042}$ Ra 0,8 = Rz 2,5; $\Delta = 0,02$ мм. Заготівка – $\varnothing 46,6_{-0,8}^{+1,6}$ Rz 160; $\Delta = 0,66$ мм.	Td	150	4,3	4	$\Delta_{\text{КВ}} = \text{IT17} - \text{IT6} =$ $= 11 = 4 + 3 +$ $+ 2 + 1$	1	Заготівка	2,4	0,66	160	-	-	-
	Δ	33				2	Точіння чорн.	0,39	0,2	40	6,15	3,3	4
	Rz	64				3	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					IT17 - IT13 - IT10 - - IT8 - IT6	4	Точіння чист.	0,1	0,08	10	3,9	2,5	4
						5	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					$\Delta_{\text{КЛ}} = \nabla 8 - \nabla 2 =$ $= 6 = 2 + 2 + 1 + 1$	6	Шліфування попереднє	0,039	0,04	5	2,56	2	2
					Rz 160 - Rz 40 - - Rz 10 - Rz 5 - - Rz 2,5	7	Шліфування чистове	0,016	0,02	2,5	2,44	2	2
											150	33	64

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі колесо зубчасте складається з 40 різноманітних операцій. У цьому технологічному процесі домінують операції токарного типу, що виконуються на верстатах з ЧПК. 2 фрезерувальні; 5 круглошліфувальних; 2 фрезерні; по одній: фрезерно-центрувальна, зубофрезерна і зубошліфувальна; є велика кількість слюсарних і спеціальних операцій: нітроцементация, магнітно-порошковий контроль, гартування, мийні і контрольні операції.

Маршрут виготовлення деталі колесо зубчасте зображений на кресленні формату А1.

1.5 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів

Технологічний розмір - розмір, який визначається технологом і проставляється в технологічній документації. Він включає в себе припуск для наступної обробки.

Припуск - шар металу, який необхідно зняти з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні. Припуск слід розглядати як компенсатор похибок попередніх переходів.

До теперішнього часу розроблено два методи визначення припусків: розрахунково-аналітичний і дослідно-статистичний (табличний).

При визначенні припуску розрахунково-аналітичним методом визначають складові елементи припуску R_z , h , ρ , ε залежно від конкретних умов обробки і стану заготовки по довідковій літературі, а потім розраховують $Z_i^{\min}$ для переходів механічної обробки.

При визначенні припуску дослідно-статистичним методом величину загального припуску $Z_0^{\min}$ або припуску на перехід $Z_i^{\min}$ вибирають з таблиць довідкової літератури.

Розраховуємо припуски аналітичним методом та визначаємо технологічні операційні розміри методом розмірних ланцюгів для зовнішньої циліндричної поверхні 1 - $\varnothing 93,8h8_{(-0,054)}$.

Значення граничних відхилень es , ei та допусків Td_i беремо з табл. 1.7.

Призначаємо нормативні та розрахункові значення елементів найменших операційних припусків. Призначаємо за переходами:

- заготівка: $Rz = 160$ мкм; $h = 200$ мкм згідно [3] табл.12, стр.186.

Короблення (кривизна) заготовки та зміщення штампів: $\rho_{\text{заг}} = 660$ мкм.

- точіння чорнове: $Rz_2 = 40$ мкм; $h_2 = 40$ мкм згідно [3] табл.25, стр.188.

Залишкові просторові відхилення на оброблених поверхнях, які мали вихідні відхилення, є наслідком копіювання похибок при обробці. Значення цих похибок залежать як від режимних умов обробки, так і від параметрів, що характеризують жорсткість технологічної системи та властивостей матеріалу, що оброблюється. Для визначення проміжних значень залишкових просторових відхилень будемо використовувати формулу 1.22:

$$\rho_i = k_{yi} \cdot \rho_{i-1}, \quad (1.22)$$

де k_{yi} - коефіцієнт покращення;

ρ_{i-1} - залишкові просторові відхилення на попередньому переході.

Коефіцієнт покращення для точіння чорнового $k_{y2} = 0,06$ згідно [3] табл.29, стр.190.

Підставляємо числові значення до формули 1.22 та отримуємо:

$$\rho_2 = k_{y2} \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 660 = 39,6 \text{ мкм.}$$

Похибку закріплення вибираємо згідно [6] табл. 4.10, стр.75: $\epsilon_{32} = 500$ мкм.

- точіння чистове: $Rz_3 = 10$ мкм; $h_3 = 20$ мкм згідно [3] табл.25, стр.188; $k_{y3} = 0,05$ згідно [3] табл.29, стр.190.

Залишкові просторові відхилення визначаємо по формулі 1.22:

$$\rho_3 = k_{y3} \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 39,6 = 1,98 \text{ мкм.}$$

Похибку закріплення вибираємо згідно [6] табл. 4.10, стр.76: $\epsilon_{33} = 120$ мкм.

- термічна обробка.

Залишкові просторові відхилення складають:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot l, \quad (1.23)$$

де Δ_k – короблення після термічної обробки, $\Delta_k = 0,5$ мкм/мм згідно [3] табл.16, стр.186;

l – довжина заготовки, $l = 91,9$ мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.23:

$$\rho_4 = 0,5 \cdot 91,9 = 45,95 \text{ мкм.}$$

- шліфування попереднє: $Rz_5 = 2,5$ мкм; $h_5 = 5$ мкм згідно [3] табл.25, стр.188; $k_{y5} = 0,03$ згідно [3] табл.29, стр.190.

Залишкові просторові відхилення визначаємо по формулі 1.22:

$$\rho_5 = k_{y5} \cdot \rho_4 = 0,03 \cdot 45,95 = 1,37 \text{ мкм.}$$

Похибку закріплення вибираємо згідно [6] табл. 4.10, стр.76: $\epsilon_{35} = 60$ мкм.

Розраховуємо мінімальний припуск на обробку по формулі:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2}, \quad (1.24)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей профілю на попередній (i-1) операції або переході, мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного шару поверхні, яка оброблена на попередній (i-1) операції або переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні, в деяких випадках відхилення форми поверхні на (i-1) операції або переході, мкм;

ϵ_i – похибка закріплення заготовки на i переході, мкм.

Так як маємо тіло обертання, тому формула приймає вигляд:

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2}); \quad (1.25)$$

$$2Z_{2 \min} = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{660^2 + 500^2}) = 2376 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{3 \min} = 2 \cdot \left(40 + 40 + \sqrt{39,6^2 + 120^2} \right) = 413 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \cdot \left(10 + 20 + \sqrt{45,95^2 + 60^2} \right) = 211 \text{ мкм}.$$

Визначаємо розрахунковий розмір. Так як маємо вал, тому розрахунковий розмір максимальний, визначаємо за формулою 1.26, максимальні розміри визначаємо за формулою 1.27:

$$d_{\text{розр.}} = d_{\text{max}} = d_{\text{ном}} + es, \quad (1.26)$$

$$d_{i-1 \max} = d_i^{\max} + 2Z_{i \min} + Td_{i-1}, \quad (1.27)$$

де $d_{\text{розр.}}$ - розрахунковий розмір, мм;

$d_i^{\max}$ - максимальний технологічний розмір поверхні, мм;

$2Z_{i \min}$ - мінімальний припуск, який знімається на i -му переході механічної обробки, мм;

i - індекс номеру технологічного переходу.

Підставляємо числові значення до формул 1.26 та 1.27 та отримуємо:

$$d_{\text{розр.}} = d_{5 \max} = d_{\text{ном}} + es = 93,8 + 0 = 93,8 \text{ мм};$$

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 93,8 + 0,211 + 0,14 = 94,151 \text{ мм};$$

$$d_{2 \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_2 = 94,151 + 0,413 + 0,54 = 95,104 \text{ мм};$$

$$d_{1 \max} = d_{2 \max} + 2Z_{2 \min} + Td_1 = 95,104 + 2,376 + 2,6 = 100,08 \text{ мм}.$$

Округляємо отриманні значення в більший бік до кількості знаків після коми в допуску на даний вид обробки:

$$d_{5 \max} = 93,8 \text{ мм} - \text{шліфування попереднє};$$

$$d_{3 \max} = 94,15 \text{ мм} - \text{точіння чистове};$$

$$d_{2 \max} = 95,1 \text{ мм} - \text{точіння чорнове};$$

$$d_{1 \max} = 100,1 \text{ мм} - \text{заготівка}.$$

Визначаємо мінімальний розмір за формулою 1.28:

$$d_{i \min} = d_{i \max} - Td_i, \quad (1.28)$$

де $d_{i \min}$ - мінімальний технологічний розмір поверхні, мм;

Td_i - технологічний допуск, який забезпечується на даній операції, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.28 та отримуємо:

$$d_{5 \min} = d_{5 \max} - Td_5 = 93,8 - 0,054 = 93,746 \text{ мм};$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 94,15 - 0,14 = 94,01 \text{ мм};$$

$$d_{2 \min} = d_{2 \max} - Td_2 = 95,1 - 0,54 = 94,56 \text{ мм};$$

$$d_{1 \min} = d_{1 \max} - Td_1 = 100,1 - 2,6 = 97,5 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні припуски за формулою 1.29:

$$2Z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \min}, \quad (1.29)$$

де $d_{i-1 \max}$ - максимальний технологічний розмір поверхні на попередньому переході, мм;

$d_{i \min}$ - мінімальний технологічний розмір поверхні на i -му переході, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.29 та отримуємо:

$$2Z_{2 \max} = d_{1 \max} - d_{2 \min} = 100,1 - 94,56 = 5,54 \text{ мм};$$

$$2Z_{3 \max} = d_{2 \max} - d_{3 \min} = 95,1 - 94,01 = 1,09 \text{ мм};$$

$$2Z_{5 \max} = d_{3 \max} - d_{5 \min} = 94,15 - 93,746 = 0,404 \text{ мм}.$$

Розраховуємо мінімальні припуски за формулою 1.30:

$$2Z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max}, \quad (1.30)$$

де $d_{i-1 \min}$ - мінімальний технологічний розмір поверхні на попередньому переході, мм;

$d_{i \max}$ - максимальний технологічний розмір поверхні на i -му переході, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.30 та отримуємо:

$$2Z_{2 \min} = d_{1 \min} - d_{2 \max} = 97,5 - 95,1 = 2,4 \text{ мм};$$

$$2Z_{3 \min} = d_{2 \min} - d_{3 \max} = 94,56 - 94,15 = 0,41 \text{ мм};$$

$$2Z_{5 \min} = d_{3 \min} - d_{5 \max} = 94,01 - 93,8 = 0,21 \text{ мм}.$$

Перевіряємо вірність розрахунків за переходами за формулою 1.31:

$$T_{Z_i} = 2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = Td_i + Td_{i-1}, \quad (1.31)$$

де $Z_{i \max}$, $Z_{i \min}$ - відповідно максимальний та мінімальний припуск на i -му переході, мм;

Td_i - технологічний допуск, який забезпечується на даній операції, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.31 та отримуємо:

$$T_{Z_2} = 2Z_{2 \max} - 2Z_{2 \min} = Td_2 + Td_1;$$

$$T_{Z_2} = 5,54 - 2,4 = 3,14 = 0,54 + 2,6 = 3,14;$$

$$T_{Z_3} = 2Z_{3 \max} - 2Z_{3 \min} = Td_3 + Td_2;$$

$$T_{Z_3} = 1,09 - 0,41 = 0,68 = 0,14 + 0,54 = 0,68;$$

$$T_{Z_5} = 2Z_{5 \max} - 2Z_{5 \min} = Td_5 + Td_3;$$

$$T_{Z_5} = 0,404 - 0,21 = 0,194 = 0,054 + 0,14 = 0,194.$$

Максимальний та мінімальний загальний припуск на обробку визначаємо за формулами 1.32 та 1.33:

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min}, \quad (1.32)$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max}, \quad (1.33)$$

де $d_{\text{заг}}^{\max}$, $d_{\text{заг}}^{\min}$, $d_{\text{дет}}^{\max}$, $d_{\text{дет}}^{\min}$ - граничні розміри заготовки та деталі, мм.

Підставляємо числові значення до формул 1.32 та 1.33 та отримуємо:

$$2Z_{0 \max} = 100,1 - 93,746 = 6,354 \text{ мм};$$

$$2Z_{0 \min} = 97,5 - 93,8 = 3,7 \text{ мм}.$$

Для перевірки вірності розрахунків визначаємо загальний допуск на припуск за формулою 1.34:

$$T2z_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}, \quad (1.34)$$

де $2Z_{0 \max}$, $2Z_{0 \min}$ - відповідно максимальний та мінімальний загальний припуск на обробку, мм;

$Td_{\text{заг.}}$, $Td_{\text{дет.}}$ - технологічний допуск, відповідно заготовки та деталі, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.34 та отримуємо:

$$T2z_0 = 6,354 - 3,7 = 2,654 = 2,6 + 0,054 = 2,654.$$

Так як різниця максимального та мінімального загального припуску дорівнює сумі допусків заготовки та деталі, тому робимо висновок, що розрахунки проведено вірно.

Записуємо виконавчі розміри:

- розмір деталі беремо з креслення деталі: $d_5 = \varnothing 93,8_{-0,054}$;
- інші розміри беремо по максимальному діаметру з допуском в тіло:

$$d_3 = \varnothing 94,15_{-0,14};$$

$$d_2 = \varnothing 95,1_{-0,54}.$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки за формулою 1.35:

$$d_1^{\text{НОМ}} = d_1^{\min} + eiTd_1 = d_1^{\max} - esTd_1, \quad (1.35)$$

де $eiTd_1$ – нижнє відхилення допуску розміру заготовки, мм;

$esTd_1$ – верхнє відхилення допуску розміру заготовки, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.35 та отримуємо:

$$d_1^{\text{НОМ}} = 97,5 + 0,9 = 100,1 - 1,7 = 98,4 \text{ мм.}$$

Звідси, виконавчий розмір заготовки $d_1 = d_{\text{НОМ.}}^{+2/3TD_{\text{заг}}} = \varnothing 98,4_{-0,9}^{+1,7}$.

Розраховуємо припуски табличним методом та визначаємо технологічні операційні розміри методом розмірних ланцюгів для зовнішньої плоскої поверхні 6, 22 - 87,5h12_(-0,35).

Призначаємо за нормативами мінімальні значення припусків за переходами, згідно [5] табл. 4.9, стор. 41:

- фрезерування $Z_{2 \min} = 1500 \text{ мкм} = 1,5 \text{ мм}$;
- фрезерування $Z_{3 \min} = 1500 \text{ мкм} = 1,5 \text{ мм}$;
- термічна обробка;
- точіння напівчистове $Z_{5 \min} = 700 \text{ мкм} = 0,7 \text{ мм}$;
- точіння напівчистове $Z_{6 \min} = 700 \text{ мкм} = 0,7 \text{ мм}$.

Технологічні допуски Tl , які забезпечуються на кожному переході, беремо з табл. 1.7.

Визначаємо розрахунковий розмір за формулою 1.36, мінімальні розміри за переходами визначаємо за формулою 1.37:

$$l_{\text{розр.}} = l_{\max} = l_{\text{ном}} + es, \quad (1.36)$$

$$l_{i-1 \max} = l_{i \max} + Z_{i \min} + Tl_{i-1}, \quad (1.37)$$

де $l_{\text{розр.}}$ – розрахунковий розмір, мм;

$l_{i \min}$ – мінімальний технологічний розмір поверхні, мм;

$Z_{i \min}$ – мінімальний припуск, який знімається на i -му переході механічної обробки, мм;

i – індекс номеру технологічного переходу.

Підставляємо числові значення до формул 1.36 та 1.37 та отримуємо:

$$\begin{aligned} l_{\text{розр.}} &= l_{6 \max} = l_{\text{ном}} + es = 87,5 + 0 = 87,5 \text{ мм}; \\ l_{5 \max} &= l_{6 \max} + Z_{6 \min} + Tl_5 = 87,5 + 0,7 + 0,87 = 89,07 \text{ мм}; \\ l_{3 \max} &= l_{5 \max} + Z_{5 \min} + Tl_3 = 89,07 + 0,7 + 0,87 = 90,64 \text{ мм}; \\ l_{2 \max} &= l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_2 = 90,64 + 1,5 + 2,6 = 94,74 \text{ мм}; \\ l_{1 \max} &= l_{2 \max} + Z_{2 \min} + Tl_1 = 94,74 + 1,5 + 2,6 = 98,84 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Округляємо отриманні значення в більший бік до кількості знаків після коми в допуску на даний вид обробки:

$$l_{6 \max} = 87,5 \text{ мм} \text{ – точіння напівчистове};$$

$l_{5 \max} = 89,07$ мм – точіння напівчистове;

$l_{3 \max} = 90,64$ мм – фрезерування;

$l_{2 \max} = 94,7$ мм – фрезерування;

$l_{1 \max} = 98,8$ мм – заготівка.

Визначаємо мінімальний розмір за формулою 1.38:

$$l_{i \min} = l_{i \max} - Tl_i, \quad (1.38)$$

де $l_{i \max}$ - максимальний технологічний розмір поверхні, мм;

Tl_i - технологічний допуск, який забезпечується на даній операції, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.38 та отримуємо:

$$l_{6 \min} = l_{6 \max} - Tl_6 = 87,5 - 0,35 = 87,15 \text{ мм};$$

$$l_{5 \min} = l_{5 \max} - Tl_5 = 89,07 - 0,87 = 88,2 \text{ мм};$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 90,64 - 0,87 = 89,77 \text{ мм};$$

$$l_{2 \min} = l_{2 \max} - Tl_2 = 94,7 - 2,6 = 92,1 \text{ мм};$$

$$l_{1 \min} = l_{1 \max} - Tl_1 = 98,8 - 2,6 = 96,2 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні припуски за формулою 1.39:

$$Z_{i \max} = l_{i-1 \max} - l_{i \min}, \quad (1.39)$$

де $l_{i-1 \max}$ - максимальний технологічний розмір поверхні на попередньому переході, мм;

$l_{i \min}$ - мінімальний технологічний розмір поверхні на i -му переході, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.39 та отримуємо:

$$Z_{2 \max} = l_{1 \max} - l_{2 \min} = 98,8 - 92,1 = 6,7 \text{ мм};$$

$$Z_{3 \max} = l_{2 \max} - l_{3 \min} = 94,7 - 89,77 = 4,93 \text{ мм};$$

$$Z_{5 \max} = l_{3 \max} - l_{5 \min} = 90,64 - 88,2 = 2,44 \text{ мм};$$

$$Z_{6 \max} = l_{5 \max} - l_{6 \min} = 89,07 - 87,15 = 1,92 \text{ мм}.$$

Розраховуємо мінімальні припуски за формулою 1.40:

$$Z_{i \min} = l_{i-1 \min} - l_{i \max}, \quad (1.40)$$

де $l_{i-1 \min}$ - мінімальний технологічний розмір поверхні на попередньому переході, мм;

$l_{i \max}$ - максимальний технологічний розмір поверхні на i -му переході, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.40 та отримуємо:

$$\begin{aligned} Z_{2 \min} &= l_{1 \min} - l_{2 \max} = 96,2 - 94,7 = 1,5 \text{ мм}; \\ Z_{3 \min} &= l_{2 \min} - l_{3 \max} = 92,1 - 90,64 = 1,46 \text{ мм}; \\ Z_{5 \min} &= l_{3 \min} - l_{5 \max} = 89,77 - 89,07 = 0,7 \text{ мм}; \\ Z_{6 \min} &= l_{5 \min} - l_{6 \max} = 88,2 - 87,5 = 0,7 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Перевіряємо вірність розрахунків за переходами за формулою 1.41:

$$Tz_i = Z_{i \max} - Z_{i \min} = Tl_i + Tl_{i-1}, \quad (1.41)$$

де Tl_i - технологічний допуск, який забезпечується на даній операції, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.41 та отримуємо:

$$\begin{aligned} Tz_2 &= Z_{2 \max} - Z_{2 \min} = Tl_2 + Tl_1; \\ Tz_2 &= 6,7 - 1,5 = 5,2 = 2,6 + 2,6 = 5,2; \\ Tz_3 &= Z_{3 \max} - Z_{3 \min} = Tl_3 + Tl_2; \\ Tz_3 &= 4,93 - 1,46 = 3,47 = 0,87 + 2,6 = 3,47; \\ Tz_5 &= Z_{5 \max} - Z_{5 \min} = Tl_5 + Tl_3; \\ Tz_5 &= 2,44 - 0,7 = 1,74 = 0,87 + 0,87 = 1,74; \\ Tz_6 &= Z_{6 \max} - Z_{6 \min} = Tl_6 + Tl_5; \\ Tz_6 &= 1,92 - 0,7 = 1,22 = 0,35 + 0,87 = 1,22. \end{aligned}$$

Максимальний та мінімальний загальний припуск на обробку визначаємо за формулами 1.42 та 1.43:

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг}}^{\max} - l_{\text{дет}}^{\min}, \quad (1.42)$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг}}^{\min} - l_{\text{дет}}^{\max}, \quad (1.43)$$

де $l_{\text{заг}}^{\max}$, $l_{\text{заг}}^{\min}$, $l_{\text{дет}}^{\max}$, $l_{\text{дет}}^{\min}$ - граничні розміри заготовки та деталі, мм.

Підставляємо числові значення до формул 1.42 та 1.43 та отримуємо:

$$2Z_{0 \max} = 98,8 - 87,15 = 11,65 \text{ мм};$$

$$2Z_{0 \min} = 96,2 - 87,5 = 8,7 \text{ мм}.$$

Для перевірки вірності розрахунків визначаємо загальний допуск на припуск за формулою 1.44:

$$T_{2Z_0} = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = T_{l_{\text{заг}}} + T_{l_{\text{дет}}}, \quad (1.44)$$

де $T_{l_{\text{заг}}}$, $T_{l_{\text{дет}}}$ - технологічний допуск, відповідно заготовки та деталі, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.44 та отримуємо:

$$T_{2Z_0} = 11,65 - 8,7 = 2,95 = 2,6 + 0,35 = 2,95.$$

Так як різниця максимального та мінімального загального припуску дорівнює сумі допусків заготовки та деталі, тому робимо висновок, що розрахунки проведено вірно.

Записуємо виконавчі розміри:

- розмір деталі беремо з креслення деталі: $l_6 = 87,5_{-0,35}$;

- інші розміри беремо по максимальному розміру з допуском в тіло:

$$l_5 = 89,07_{-0,35};$$

$$l_3 = 90,64_{-0,87};$$

$$l_2 = 94,7_{-0,87}.$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки за формулою 1.45:

$$l_1^{\text{ном}} = l_1^{\text{min}} + eiTl_1 = l_1^{\text{max}} - esTl_1, \quad (1.45)$$

де $eiTl_1$ – нижнє відхилення допуску розміру заготовки, мм;

$esTl_1$ – верхнє відхилення допуску розміру заготовки, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.45 та отримуємо:

$$l_1^{\text{ном}} = 96,2 + 0,9 = 98,8 - 1,7 = 97,1 \text{ мм.}$$

Звідси, виконавчий розмір заготовки $l_1 = l_{\text{ном.}}^{+2/3TD_{\text{заг}}} = 97,1^{+1,7}_{-0,9}$.

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.8.

Розраховуємо припуски на механічну обробку дослідно-статистичним методом на інші поверхні та результати розрахунків зводимо до табл. 1.8.

Розраховані розміри заготовки проставляємо на кресленні у графічній частині дипломного проекту.

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів колеса зубчастого

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск Td(Tl), мм	Граничні значення розмірів		Граничні значення припусків		Технологічний виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	припуск $Z_i^{\min}$ мм	розмір d(l) _i , мм		d(l) _i ^{max} , мм	d(l) _i ^{min} , мм	Z _i ^{max} , мм	Z _i ^{min} , мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поверхня 1: Ø93,8h8 _(-0,054) зовнішня циліндрична, Ra 1,6 = Rz 5, Δ = 0,02													
1	Заготівка-штампування	160	200	660	-	-	100,08	2,6	100,1	97,5	-	-	Ø98,4 IT17 ^(+1,7) _(-0,9)
2	Точіння чорнове	40	40	39,6	500	2,376	95,104	0,54	95,1	94,56	5,54	2,4	Ø95,1h13 _(-0,54)
3	Точіння чистове	10	20	1,98	120	0,413	94,151	0,14	94,15	94,01	1,09	0,41	Ø94,15h10 _(-0,14)
4	Термообробка	-	-	45,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування попереднє	2,5	5	1,37	60	0,211	93,8	0,054	93,8	93,746	0,404	0,21	Ø93,8h8 _(-0,054)
Перевірка: $T2Z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} = 6,354 - 3,7 = 2,6 + 0,054 = 2,654$ мм $2Z_o^{\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min} = 100,1 - 93,746 = 6,354$ мм; $2Z_o^{\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max} = 97,5 - 93,8 = 3,7$ мм													
Поверхня 4: Ø31h13 _(-0,39) зовнішня циліндрична, Ra 3,2 = Rz 10, Δ = 0,2													
1	Заготівка-штампування	-	-	-	-	-	36,35	2,4	36,4	34	-	-	Ø35,6 IT17 ^(+1,6) _(-0,8)
2	Точіння чорнове	-	-	-	-	1,7	32,25	1,0	32,3	31,3	5,1	1,7	Ø32,3h15 _(-1,0)
3	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Точіння напівчистове	-	-	-	-	0,25	31	0,39	31	30,61	1,69	0,3	Ø31h13 _(-0,39)
Перевірка: $T2Z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} = 5,79 - 3 = 2,4 + 0,39 = 2,79$ мм $2Z_o^{\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min} = 36,4 - 30,61 = 5,79$ мм; $2Z_o^{\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max} = 34 - 31 = 3$ мм													

Продовження табл. 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поверхня 6, 22: 87,5h12 _(-0,35) зовнішня плоска, Ra 3,2 = Rz 10, Δ = 0,2													
1	Заготівка-штампування	-	-	-	-	-	98,84	2,6	98,8	96,2	-	-	97,1 IT17 _(-0,9) ^(+1,7)
2	Фрезерування	-	-	-	-	1,5	94,74	0,87	94,7	92,1	6,7	1,5	94,7h14 _(-0,87)
3	Фрезерування	-	-	-	-	1,5	90,64	0,87	90,64	89,77	4,93	1,46	90,64h14 _(-0,87)
4	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точіння напівчистове	-	-	-	-	0,7	89,07	0,35	89,07	88,2	2,44	0,7	89,07h12 _(-0,35)
6	Точіння напівчистове	-	-	-	-	0,7	87,5	0,35	87,5	87,15	1,92	0,7	87,5h12 _(-0,35)
Перевірка: $2Z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Tl_{\text{заг}} + Tl_{\text{дет}} = 11,65 - 8,7 = 2,6 + 0,35 = 2,95 \text{ мм}$ $2Z_o^{\max} = l_{\text{заг}}^{\max} - l_{\text{дет}}^{\min} = 98,8 - 87,15 = 11,65 \text{ мм}; 2Z_o^{\min} = l_{\text{заг}}^{\min} - l_{\text{дет}}^{\max} = 96,2 - 87,5 = 8,7 \text{ мм}$													
Поверхня 3: Ø25k5 _(+0,011/+0,002) зовнішня циліндрична, Ra 0,4 = Rz 1,25, Δ = 0,0015													
1	Заготівка-штампування	-	-	-	-	-	30,031	2,4	36,4	34	-	-	Ø35,6 IT17 _(-0,8) ^(+1,6)
2	Точіння чорнове	-	-	-	-	1,5	26,131	1,0	32,3	31,3	5,1	1,7	Ø32,3h15 _(-1,0)
3	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Точіння напівчистове	-	-	-	-	0,25	25,551	0,084	25,551	25,467	6,833	5,749	Ø25,551h11 _(-0,084)
5	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Точіння чистове	-	-	-	-	0,25	25,217	0,033	25,217	25,184	0,367	0,25	Ø25,217h9 _(-0,033)
7	Шліфування чистове	-	-	-	-	0,1	25,084	0,013	25,084	25,071	0,146	0,1	Ø25,084h7 _(-0,013)
8	Шліфування тонке	-	-	-	-	0,06	25,011	0,009	25,011	25,002	0,082	0,06	Ø25k5 _(+0,011/+0,002)
Перевірка: $Tz_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} = 11,398 - 8,989 = 2,4 + 0,009 = 2,409 \text{ мм}$ $2Z_o^{\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min} = 36,4 - 25,002 = 11,398 \text{ мм}; 2Z_o^{\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max} = 34 - 25,011 = 8,989 \text{ мм}$													

Продовження табл. 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поверхня 11, 14: 18,8h9 _(-0,052) зовнішня плоска, Ra 1,6 = Rz 5, Δ = 0,02													
1	Заготівка-штампування	-	-	-	-	-	28,48	2,4	28,5	26,1	-	-	27,7 IT17 ^(+1,6) _(-0,8)
2	Точіння чорнове	-	-	-	-	2,0	24,08	0,33	24,08	23,75	4,75	2,02	24,08h13 _(-0,33)
3	Точіння чорнове	-	-	-	-	2,0	21,75	0,33	21,75	21,42	2,66	2	21,75h13 _(-0,33)
4	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точіння чистове	-	-	-	-	0,8	20,62	0,084	20,62	20,536	1,214	0,8	20,62h10 _(-0,084)
6	Точіння чистове	-	-	-	-	0,8	19,736	0,084	19,736	19,652	0,968	0,8	19,736h10 _(-0,084)
7	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Шліфування попереднє	-	-	-	-	0,4	19,252	0,052	19,252	19,2	0,536	0,4	19,252h9 _(-0,052)
9	Шліфування попереднє	-	-	-	-	0,4	18,8	0,052	18,8	18,748	0,504	0,4	18,8h9 _(-0,052)
Перевірка: $T2Z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Tl_{\text{заг}} + Tl_{\text{дет}} = 9,752 - 7,3 = 2,4 + 0,052 = 2,452 \text{ мм}$ $2Z_o^{\max} = l_{\text{заг}}^{\max} - l_{\text{дет}}^{\min} = 28,5 - 18,748 = 9,752 \text{ мм}; 2Z_o^{\min} = l_{\text{заг}}^{\min} - l_{\text{дет}}^{\max} = 26,1 - 18,8 = 7,3 \text{ мм}$													
Поверхня 32: Ø42h13 _(-0,39) зовнішня циліндрична, Ra 3,2 = Rz 10, Δ = 0,2													
1	Заготівка-штампування	-	-	-	-	-	47,35	2,4	47,4	45	-	-	Ø46,6 IT17 ^(+1,6) _(-0,8)
2	Точіння чорнове	-	-	-	-	1,7	43,25	1,0	43,3	42,3	5,1	1,7	Ø43,3h15 _(-1,0)
3	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Точіння напівчистове	-	-	-	-	0,25	42	0,39	42	41,61	1,69	0,3	Ø42h13 _(-0,39)
Перевірка: $T2Z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} = 5,79 - 3 = 2,4 + 0,39 = 2,79 \text{ мм}$ $2Z_o^{\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min} = 47,4 - 41,61 = 5,79 \text{ мм}; 2Z_o^{\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max} = 45 - 42 = 3 \text{ мм}$													

Продовження табл. 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поверхня 31: Ø36p6 ^(+0,042/+0,026) зовнішня циліндрична, Ra 0,8 = Rz 2,5, Δ = 0,02													
1	Заготівка-штампування	-	-	-	-	-	41,231	2,4	47,4	45	-	-	Ø46,6 IT17 ^(+1,6/-0,8)
2	Точіння чорнове	-	-	-	-	1,7	37,131	1,0	43,3	42,3	5,1	1,7	Ø43,3h15 ^(-1,0)
3	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Точіння чистове	-	-	-	-	0,25	36,491	0,1	36,5	36,4	6,9	5,8	Ø36,5h10 ^(-0,1)
5	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Шліфування попереднє	-	-	-	-	0,25	36,141	0,039	36,141	36,102	0,398	0,259	Ø36,141h8 ^(-0,039)
7	Шліфування чистове	-	-	-	-	0,06	36,042	0,016	36,042	36,026	0,115	0,06	Ø36p6 ^(+0,042/+0,026)
Перевірка: $T2z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} = 11,374 - 8,958 = 2,4 + 0,016 = 2,416 \text{ мм}$ $2Z_o^{\max} = d_{\text{заг}}^{\max} - d_{\text{дет}}^{\min} = 47,4 - 36,026 = 11,374 \text{ мм}; 2Z_o^{\min} = d_{\text{заг}}^{\min} - d_{\text{дет}}^{\max} = 45 - 36,042 = 8,958 \text{ мм}$													
Поверхня 5: Ø19H11 ^(+0,13) внутрішня циліндрична, Ra 3,2 = Rz 10, Δ = 0,05													
1	Свердління	-	-	-	-	-	16,97	0,33	16,83	16,5	-	-	Ø16,5 IT13 ^(+0,33)
2	Розточування чорнове	-	-	-	-	1,7	19	0,13	19,13	19	2,63	2,17	Ø19H11 ^(+0,13)
Перевірка: $T2z_o = 2Z_o^{\max} - 2Z_o^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} = 2,63 - 2,17 = 0,33 + 0,13 = 0,46 \text{ мм}$ $2Z_o^{\max} = D_{\text{дет}}^{\max} - D_{\text{заг}}^{\min} = 19,13 - 16,5 = 2,63 \text{ мм}; 2Z_o^{\min} = D_{\text{дет}}^{\min} - D_{\text{заг}}^{\max} = 19 - 16,83 = 2,17 \text{ мм}$													

1.6 Проектування операційної технології

На даному етапі призначаємо режими різання (глибина різання, подача, швидкість різання, частота обертання шпинделю) для операцій технологічного процесу та перевіряємо можливість їх забезпечення на обраному обладнанні; виконуємо технічне нормування операцій.

1.6.1 Розрахунок режимів різання для токарної з ЧПК операції 020

Поверхні, що обробляються вказуємо на рисунку 1.4.

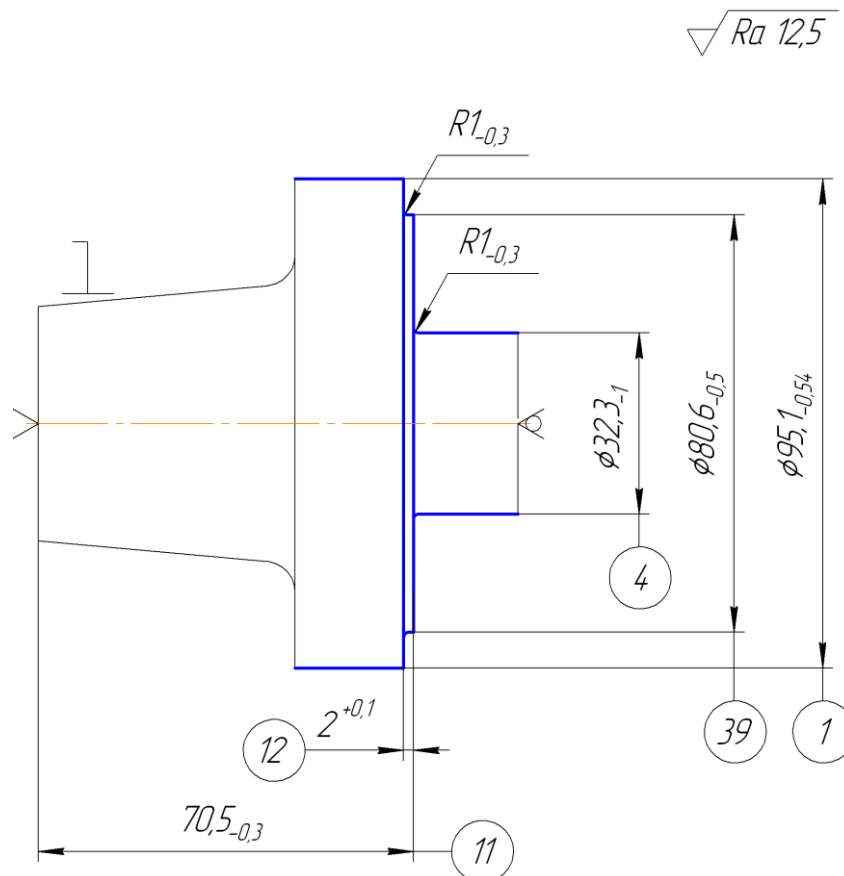


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз до операції 020

Операцію виконуємо на токарному верстаті з ЧПУ моделі 16K20Ф3С5.

Верстат призначений для токарної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготовок типу тіла обертання із ступінчастим або криволінійним профілем в один або декілька робочих ходів в замкнутому напівавтоматичному циклі.

Розраховуємо режими різання для першого переходу – точіння діаметру 4.

У якості ріжучого інструменту обираємо токарний підрізний відігнутий різець з пластинами з твердого сплаву за ГОСТ 18880-73, матеріал ріжучої пластини - Т15К6, згідно [4] табл. 8, стор. 121 розміри державки різця $H \times B = 20 \times 16$ мм, довжина різця складає $L = 120$ мм, $m = 8$ мм, $a = 15$ мм, радіус закруглення різця $r = 1,0$ мм.

Глибина різання складає: $t = 1,65$ мм.

Визначаємо подачу за формулою 1.46:

$$S_o = S_{\text{табл.}} \cdot K_{S_{\Pi}} \cdot K_{S_{\text{И}}} \cdot K_{S_3} \cdot K_{S_{\Phi}} \cdot K_{S_{\text{Ж}}} \cdot K_{S_{\text{М}}}, \quad (1.46)$$

де $S_{\text{табл.}}$ – табличне значення подачі, $S_{\text{табл.}} = 0,38$ мм/об згідно [1] табл. 26, стор. 237;

$K_{S_{\Pi}}$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні, що обробляється, $K_{S_{\Pi}} = 1,0$ згідно [1] табл. 30, стор. 239, так як поверхня, що обробляється без корки;

$K_{S_{\text{И}}}$ - коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту, $K_{S_{\text{И}}} = 1,0$ згідно [1] табл. 30, стор. 239, так як використовуємо твердий сплав;

K_{S_3} - коефіцієнт, який враховує вплив гартування, $K_{S_3} = 0,5$ згідно [1] табл. 30, стор. 239;

$K_{S_{\Phi}}$ - коефіцієнт, який враховує форму поверхні, що оброблюється, $K_{S_{\Phi}} = 0,85$ згідно [1] табл. 30, стор. 239, так як обробляються зовнішні поверхні;

$K_{S_{\text{Ж}}}$ - коефіцієнт, який враховує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{\text{Ж}}} = 0,62$ згідно [1] табл. 30, стор. 239;

$K_{S_{\text{М}}}$ - коефіцієнт, який враховує матеріал деталі, що обробляється, $K_{S_{\text{М}}} = 1,07$ згідно [1] табл. 30, стор. 239.

Підставляємо числові значення до формули 1.46 та отримуємо:

$$S_o = 0,38 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,62 \cdot 1,07 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

Коректуємо подачу за паспортом верстату $S_o = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо за формулою 1.47:

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_{V_{\text{М}}} \cdot K_{V_{\text{И}}} \cdot K_{V_{\Phi}} \cdot K_{V_{\text{м}}} \cdot K_{V_{\text{Ж}}} \cdot K_{V_{\Pi}} \cdot K_{V_{\text{О}}}, \quad (1.47)$$

де $V_{\text{табл.}}$ - табличне значення швидкості різання, $V_{\text{табл.}} = 304$ м/хв згідно [1] табл. 36, стор. 243;

K_{v_M} - коефіцієнт, що враховує обробляємість матеріалу, $K_{v_M} = 0,47$ згідно [1] табл. 37, стор. 244;

$K_{v_{\Pi}}$ - коефіцієнт, який враховує властивості інструментального матеріалу, $K_{v_{\Pi}} = 1,0$ згідно [1] табл. 37, стор. 244;

$K_{v_{\varphi}}$ - коефіцієнт, який враховує вплив кута в плані, $K_{v_{\varphi}} = 0,92$ згідно [1] табл. 37, стор. 244;

K_{v_m} - коефіцієнт, який враховує вид обробки, $K_{v_m} = 1,45$ згідно [1] табл. 37, стор. 244;

$K_{v_{\text{ж}}}$ - коефіцієнт, який враховує жорсткість технологічної системи, $K_{v_{\text{ж}}} = 0,61$ згідно [1] табл. 37, стор. 244;

$K_{v_{\Pi}}$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні, що оброблюється, $K_{v_{\Pi}} = 1,0$ згідно [1] табл. 37, стор. 244;

K_{v_O} - коефіцієнт, який враховує вплив змазуючи-охолоджувальної рідини (ЗОР), $K_{v_O} = 1,0$ згідно [1] табл. 37, стор. 244.

Підставляємо числові значення до формули 1.47 та отримуємо:

$$V = 304 \cdot 0,47 \cdot 1,0 \cdot 0,92 \cdot 1,45 \cdot 0,61 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 116,2 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою 1.48:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.48)$$

де V - розрахункове значення швидкості різання, м/хв;

D - максимальний діаметр обробки, мм.

Підставляємо числові значення до формули 1.48 та отримуємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 116,2}{3,14 \cdot 98,4} = 376,08 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Коректуємо обрану частоту обертання шпинделя за паспортом верстата: $n = 315$ об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою 1.49:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (1.49)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 116,2 \cdot 315}{1000} = 114,9 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Визначаємо складову сили різання за формулою 1.50 та визначаємо поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фактичних умов різання на силу за формулою 1.51:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.50)$$

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{гр}}, \quad (1.51)$$

де C_p – постійна для конкретних умов обробки, $C_p = 300$ згідно [4] табл. 22, стор. 273;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

V – швидкість різання при обробці;

x, y, n – показники степеню для конкретних умов обробки, $x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$ згідно [4] табл. 22, стор. 273;

$K_{\text{мр}}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості матеріалу, що оброблюється на силові залежності, згідно [4] табл. 9, стор. 264 визначається за формулою 1.52:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.52)$$

де n – показник ступеню при визначенні сили різання при обробці різцями, $n = 0,75$ згідно [4] табл. 9, стор. 264;

$K_{\text{фр}}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на складову сили різання, складає $K_{\text{фр}} = 0,94$ згідно [4] табл. 23, стор. 275;

$K_{\text{гр}}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на складову сили різання, складає $K_{\text{гр}} = 1,0$ згідно [4] табл. 23, стор. 275;

$K_{гр}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив величини радіусу при вершині на складову сили різання, складає $K_{гр} = 0,93$ згідно [4] табл. 23, стор. 275.

Підставляємо числові значення до формул 1.50, 1.49, 1.48 і отримуємо:

$$K_{мп} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24;$$

$$K_p = 1,24 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,08;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,65^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 114,9^{-0,15} \cdot 1,08 = 466,7 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання (ефективну), кВт за формулою 1.53:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.53)$$

$$N_e = \frac{466,7 \cdot 114,9}{1020 \cdot 60} = 0,87 \text{ кВт.}$$

Вибрані режими різання перевіряємо за паспортом верстату, обробка можлива, якщо виконується умова 1.54:

$$N_e < N_{шп.} = N_{дв.} \cdot \eta, \quad (1.54)$$

де $N_{шп.}$ - потужність шпинделю верстату, кВт;

$N_{дв.}$ – потужність електродвигуна верстату(за паспортом), $N_{дв.} = 10$ кВт;

η – коефіцієнт корисної дії верстату, $\eta = 0,8$.

Підставляємо числові значення до формули 1.54 та отримуємо:

$$N_{різ.} = 0,87 \text{ кВт} < N_{шп.} = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

Визначаємо основний (технологічний) час за формулою 1.55:

$$t_0 = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i, \quad (1.55)$$

де l - довжина поверхні, що оброблюється в напрямку подачі, мм;
 l_1 - величина врізання, $l_1 = 2,7$ мм згідно з [7], стор. 165, карта 65;
 l_2 - вихід ріжучого інструменту (перебіг), $l_2 = 2,7$ мм згідно з [7], стор. 165, карта 65;
 i - кількість проходів.

Підставляємо числові значення до формули 1.55 та отримуємо:

$$t_{01} = \frac{20,14 + 2,7}{0,1 \cdot 315} \cdot 1 = 0,72 \text{ хв.}$$

Розраховуємо режими різання для другого переходу – підрізання торцю 11, точіння діаметру 39 та підрізання торцю 12.

У якості ріжучого інструменту обираємо токарний прохідний упорний різець з пластинами з твердого сплаву за ГОСТ 18879-73, матеріал ріжучої пластини – Т15К6, згідно [4] табл. 8, стор. 121 розміри державки різця $H \times B = 20 \times 16$ мм, довжина різця складає $L = 120$ мм, $m = 8$ мм, $a = 15$ мм, радіус закруглення різця $r = 1,0$ мм.

Глибина різання складає: $t_1 = 1$ мм, $t_2 = 4,47$ мм, $t_3 = 2$ мм.

Визначаємо подачу за формулою 1.46, враховуючи, що згідно [1] табл. 26, стор. 237 $S_{\text{табл.}} = 0,37$ мм/об; $K_{S_{\Pi}} = 1,0$, так як поверхня, що обробляється без корки; $K_{S_{\text{И}}} = 1,0$ так як використовуємо твердий сплав; $K_{S_3} = 0,5$; $K_{S_{\Phi}} = 0,85$ так як оброблюється зовнішня поверхня; $K_{S_{\text{Ж}}} = 0,95$; $K_{S_{\text{М}}} = 1,07$ згідно з [1] табл. 30, стор. 239.

$$S_o = 0,37 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,07 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Коректуємо подачу за паспортом верстату $S_o = 0,15$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо за формулою 1.47, враховуючи, що $V_{\text{табл.}} = 220$ м/хв згідно [1] табл. 36, стор. 243; $K_{v_{\text{М}}} = 0,47$; $K_{v_{\text{И}}} = 1,0$; $K_{v_{\Phi}} = 0,92$; $K_{v_{\text{м}}} = 1,45$; $K_{v_{\text{Ж}}} = 0,93$; $K_{v_{\Pi}} = 1,0$; $K_{v_{\text{О}}} = 1,0$ згідно [1] табл. 37, стор. 244.

$$V = 220 \cdot 0,47 \cdot 1,0 \cdot 0,92 \cdot 1,45 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 128,3 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою 1.46:

$$n = \frac{1000 \cdot 128,3}{3,14 \cdot 98,4} = 415 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Коректуємо обрану частоту обертання шпинделя за паспортом верстата: $n = 400 \text{ об/хв}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою 1.49:

$$V = \frac{3,14 \cdot 98,4 \cdot 400}{1000} = 123,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Визначаємо складову сили різання за формулою 1.50 та визначаємо поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фактичних умов різання на силу за формулою 1.51. Постійна для конкретних умов обробки складає $C_p = 300$ згідно з [4] табл. 22, стор. 273; x, y, n – показники степеню для конкретних умов обробки, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ згідно [5] табл. 22, стор. 273. Поправочні коефіцієнти, які впливають на складову сили різання складають $K_{mp} = 1,24$ згідно [4] табл. 9, стор. 264; $K_{\phi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$ згідно [4] табл. 23, стор. 275.

$$K_p = 1,24 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,08;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4,47^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 123,5^{-0,15} \cdot 1,08 = 1687 \text{ Н}.$$

Визначаємо потужність різання (ефективну) за формулою 1.53:

$$N_e = \frac{1687 \cdot 123,5}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт}.$$

Вибрані режими різання перевіряємо за паспортом верстату, обробка можлива, якщо виконується умова 1.54:

$$N_{\text{різ.}} = 3,4 \text{ кВт} < N_{\text{шп.}} = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт}.$$

Визначаємо основний (технологічний) час за формулою 1.55, враховуючи, що величина врізання складає $l_1 = 5,5 \text{ мм}$ згідно з [7], стор. 165, карта 65; вихід ріжучого інструменту $l_2 = 5,5 \text{ мм}$ згідно з [7], стор. 165, карта 65.

$$t_{02} = \frac{33,4 + 2,7}{0,15 \cdot 400} \cdot 2 = 0,55 \text{ хв.}$$

Розраховуємо режими різання для третього переходу – точіння діаметру 1.

У якості ріжучого інструменту обираємо токарний прохідний прямий різець з пластинами з твердого сплаву за ГОСТ 18878-73, матеріал ріжучої пластини – Т15К6, згідно [4] табл. 8, стор. 121 розміри державки різця Н х В = 20 х 16 мм, довжина різця складає L = 120 мм, m = 8 мм, a = 15 мм, радіус закруглення різця r = 1,0 мм.

Глибина різання складає: t = 1,65 мм.

Визначаємо подачу за формулою 1.46, враховуючи, що згідно [1] табл. 28, стор. 238 $S_{\text{табл.}} = 0,46$ мм/об; $K_{S\Pi} = 1,0$, так як поверхня, що обробляється без корки; $K_{S\Pi} = 1,0$ так як використовуємо твердий сплав; $K_{S_3} = 0,5$; $K_{S_\Phi} = 0,85$ так як оброблюється зовнішня поверхня; $K_{S_{\text{Ж}}} = 0,95$; $K_{S_M} = 1,07$ згідно з [1] табл. 30, стор. 239.

$$S_o = 0,46 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,07 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Коректуємо подачу за паспортом верстату $S_o = 0,2$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо за формулою 1.47, враховуючи, що згідно [1] табл. 36, стор. 243 $V_{\text{табл.}} = 239$ м/хв; $K_{v_M} = 0,47$; $K_{v_{\Pi}} = 1,0$; $K_{v_\Phi} = 0,92$; $K_{v_m} = 0,75$; $K_{v_{\text{Ж}}} = 0,93$; $K_{v_{\Pi}} = 1,0$; $K_{v_O} = 1,0$ згідно [1] табл. 37, стор. 244.

$$V = 239 \cdot 0,47 \cdot 1,0 \cdot 0,92 \cdot 0,75 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 72,08 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою 1.48:

$$n = \frac{1000 \cdot 72,08}{3,14 \cdot 98,4} = 233,3 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

Коректуємо обрану частоту обертання шпинделя за паспортом верстата: n = 200 об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою 1.49:

$$V = \frac{3,14 \cdot 98,4 \cdot 200}{1000} = 61,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Визначаємо складову сили різання за формулою 1.50 та визначаємо поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фактичних умов різання на силу за формулою 1.51. Постійна для конкретних умов обробки складає $C_p = 300$ згідно з [5] табл. 22, стор. 273; x, y, n – показники степеню для конкретних умов обробки, $x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$ згідно [5] табл. 22, стор. 273. Поправочні коефіцієнти, які впливають на складову сили різання складають $K_{\text{мр}} = 1,24$ згідно [5] табл. 9, стор. 264; $K_{\text{фр}} = 0,94$; $K_{\text{гр}} = 1,0$; $K_{\text{тр}} = 0,93$ згідно [5] табл. 23, стор. 275.

$$K_p = 1,24 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,08;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,65^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 61,8^{-0,15} \cdot 1,08 = 861,3 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання (ефективну) за формулою 1.53:

$$N_e = \frac{861,3 \cdot 61,8}{1020 \cdot 60} = 0,87 \text{ кВт.}$$

Вибрані режими різання перевіряємо за паспортом верстату, обробка можлива, якщо виконується умова 1.52:

$$N_{\text{різ.}} = 0,87 \text{ кВт} < N_{\text{шп.}} = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

Визначаємо основний (технологічний) час за формулою 1.53, враховуючи, що величина врізання складає $l_1 = 2,7$ мм згідно з [7], стор. 165, карта 65; вихід ріжучого інструменту $l_2 = 2,7$ мм згідно з [7], стор. 165, карта 65.

$$t_{03} = \frac{21,23 + 2,7 + 2,7}{0,2 \cdot 200} \cdot 1 = 0,66 \text{ хв.}$$

Загальний основний час операції складає $t_0 = 0,72 + 0,55 + 0,66 = 1,93$ хв.

Виконуємо технічне нормування операції.

Допоміжний час визначається по формулі 1.56:

$$t_{\text{доп.}} = t_{\text{вст.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{контр.}}, \quad (1.56)$$

де $t_{\text{вст.}}$ - час на встановлення та зняття деталі при роботі в кулачках та з підтримкою центром задньої бабки, $t_{\text{вст.}} = 0,35$ хв ([7], стор.138, карта 51);

$t_{\text{пер.}}$ - допоміжний час пов'язаний з переходом, $t_{\text{пер.}} = 0,05$ хв ([7], стор. 150, карта 60);

$t_{\text{контр.}}$ - час контролю оброблених поверхонь визначаємо за формулою 1.55:

$$t_{\text{контр.}} = t_{\text{контр.н}} \cdot K \cdot i, \quad (1.57)$$

де $t_{\text{контр.н}}$ - нормативний час контролю, $t_{\text{контр.н}} = 0,42$ хв ([7], стор. 160, карта 64);

K - коефіцієнт періодичності перевірки, $K = 0,2$;

i - кількість вимірів, $i = 5$.

Підставляємо числові значення до формули 1.57 та отримуємо:

$$t_{\text{контр.}} = 0,42 \cdot 5 \cdot 0,2 = 0,42 \text{ хв.}$$

Час на контроль перекривається основним і тому в норму штучного часу не входить.

Підставляємо числові значення до формули 1.56 та отримуємо:

$$t_{\text{доп.}} = 0,35 + 0,05 = 0,4 \text{ хв.}$$

Оперативний час обчислюємо за формулою 1.58:

$$\begin{aligned} t_{\text{оп.}} &= t_0 + t_{\text{доп.}}, \\ t_{\text{оп.}} &= 1,93 + 0,4 = 2,33 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.58)$$

Додатковий час визначаємо за формулою 1.59:

$$t_{\text{обсл.}} = \frac{(\alpha_{\text{орг.}} + \alpha_{\text{відп.}}) \cdot t_{\text{оп.}}}{100}, \quad (1.59)$$

де $\alpha_{\text{орг.}}$ - час на організацію робочого місця ([7], стор. 422, карта 56), визначаємо у відсотках від оперативного часу, $\alpha_{\text{орг.}} = 2,5\%$;

$\alpha_{\text{відп.}}$ - час на відпочинок та природні потреби ([7], стор. 422, карта 56), визначаємо у відсотках від оперативного часу, $\alpha_{\text{відп.}} = 4\%$.

Підставляємо числові значення до формули 1.59 та отримуємо:

$$t_{\text{обсл.}} = \frac{(2,5 + 4) \cdot 2,33}{100} = 0,15 \text{ хв.}$$

Штучний час визначаємо за формулою 1.60:

$$\begin{aligned} t_{\text{шт.}} &= t_0 + t_{\text{доп.}} + t_{\text{обсл.}}, \\ t_{\text{шт.}} &= 1,93 + 0,4 + 0,15 = 2,48 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.60)$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою 1.61:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n}, \quad (1.61)$$

де $t_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заключний час, який включає: 12 хв - час на налагодження верстату та установку пристосування ([7], стор. 135, карта 49), 3 хв - час на налагодження стружколомача ([7], стор. 136, карта 49), 2 хв - час на зміщення задньої бабки ([7], стор. 136, карта 49);

n - об'єм партії заготовок, шт.

Наряди, інструмент, пристосування, креслення та технологічну документацію на робоче місце доставляють допоміжні робочі, звідси, час на цю роботу в норму штучного не включаємо.

$$t_{\text{шт-к}} = 2,48 + \frac{12 + 3 + 2}{12} = 3,39 \text{ хв.}$$

Норму виробітку за зміну визначаємо за формулою 1.62:

$$q_{\text{зм.}} = \frac{f_{\text{зм.}}}{t_{\text{шт.-к.}}}, \quad (1.62)$$

де $f_{зм.}$ - тривалість робочої зміни, $f_{зм.} = 492$ хв;

$t_{шт.-к.}$ - штучно-калькуляційний час.

$$q_{зм.} = \frac{492}{3,39} = 145 \text{ шт.}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.9.

1.6.2 Розрахунок режимів різання для фрезерної операції 105

Поверхні, що обробляються вказуємо на рисунку 1.5.

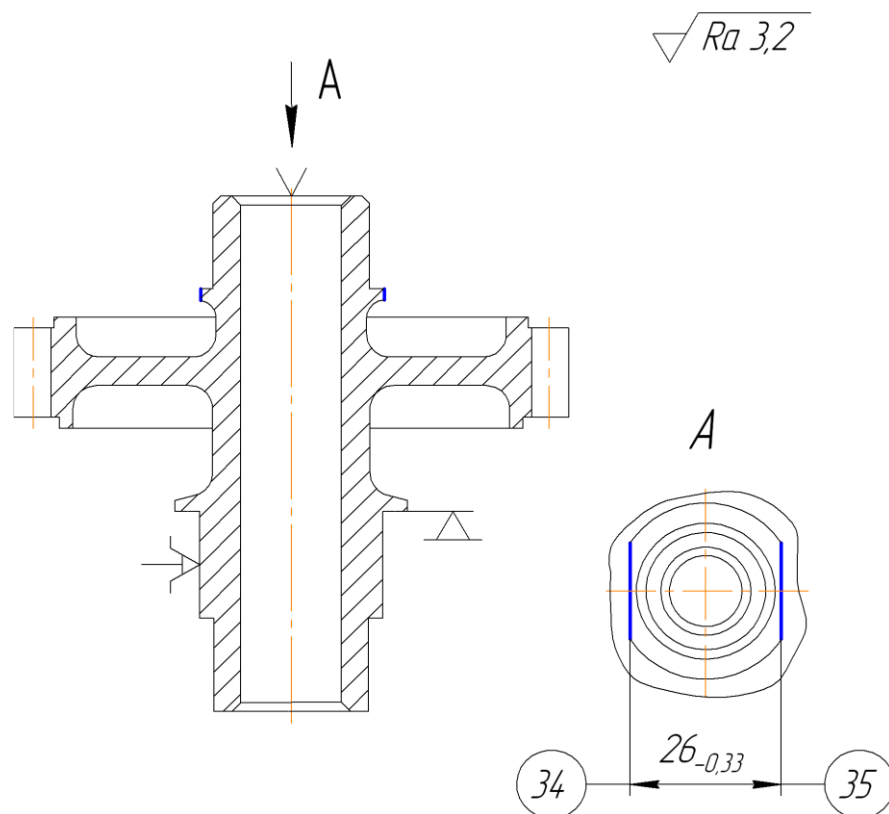


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз до операції 105

Операцію виконуємо на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Т104, який призначений для обробки площин невеликих деталей різноманітної конфігурації.

У якості ріжучого інструменту обираємо кінцеву фрезу по ГОСТ 17025-71, матеріал фрези Р6М5 згідно [4] стор. 174, табл. 65. Параметри фрези: $D = 12$ мм; $L = 83$ мм; $l = 26$ мм; $z = 4$.

Глибина різання складає: $t = 2$ мм.

Визначаємо подачу на зуб за формулою 1.63:

$$S_Z = S_{Z\text{табл.}} \cdot K_{S_{ZC}} \cdot K_{S_{ZI}} \cdot K_{S_{ZR}} \cdot K_{S_{Z\Phi}}, \quad (1.63)$$

де $S_{Z\text{табл.}}$ - табличне значення подачі на зуб, $S_{Z\text{табл.}} = 0,15$ мм/зуб згідно [1] табл. 112, стор. 304;

$K_{S_{ZC}}$ - коефіцієнт, який враховує шифр схеми фрезерування, $K_{S_{ZC}} = 1,0$ згідно з [1] табл. 109, стор. 302;

$K_{S_{ZI}}$ - коефіцієнт, який враховує матеріал фрези, $K_{S_{ZI}} = 1,0$ згідно з [1] табл. 114, стор. 305;

$K_{S_{ZR}}$ - коефіцієнт, який враховує шорсткість оброблюваної поверхні, $K_{S_{ZR}} = 0,25$ згідно з [1] табл. 114, стор. 305;

$K_{S_{Z\Phi}}$ - коефіцієнт, який враховує форму поверхні, що оброблюється, $K_{S_{Z\Phi}} = 1,0$ згідно з [1] табл. 114, стор. 305.

Підставляємо числові значення до формули 1.63 та отримуємо:

$$S_Z = 0,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,25 \cdot 1,0 = 0,04 \text{ мм/зуб.}$$

Швидкість різання визначаємо за формулою 1.64:

$$V = \frac{c_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (1.64)$$

де c_v , q , x , y , u , p , m – коефіцієнт і показники степені $c_v = 68,5$; $q = 0,25$; $x = 0,3$; $y = 0,2$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,2$ згідно [4], стор. 287, табл. 39;

z – кількість зубів фрези, $z = 4$;

B – ширина фрезерування, $B = 17$ мм;

D – діаметр фрези, $D = 12$ мм;

T – період стійкості взятий згідно [4], стор.286, табл.40, $T = 180$ хв;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання визначається по формулі 1.65:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (1.65)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, який враховує якість обробляемого матеріалу визначається по формулі 1.66:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.66)$$

де K_r - коефіцієнт для матеріалу інструмента, $K_{pv} = 1,0$ згідно [4], стор. 262, табл. 2;

n_v - показник степеню при обробці фрезою з швидкоріжучої сталі, $n_v = 0,9$ згідно [4], стор. 262, табл. 2.

Підставляємо числові значення до формули 1.66 та отримуємо:

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{1000} \right)^{0,9} = 0,77.$$

K_{pv} - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{pv} = 1,0$ згідно [4], стор. 263, табл. 5;

K_{iv} - коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента, $K_{iv} = 1,0$ згідно [4], стор. 263, табл. 6.

Підставляємо числові значення до формули 1.65 та отримуємо:

$$K_v = 0,77 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,77.$$

Підставляємо числові значення до формули 1.64 та отримуємо:

$$V = \frac{68,5 \cdot 12^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,04^{0,2} \cdot 17^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,77 = 53,1 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою 1.48:

$$n = \frac{1000 \cdot 53,1}{3,14 \cdot 31} = 268,4 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:
 $n = 250 \text{ об/хв.}$

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою 1.49:

$$V = \frac{3,14 \cdot 31 \cdot 250}{1000} = 49,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Визначаємо силу різання за формулою 1.67:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}}, \quad (1.67)$$

де C_p , q , x , y , n , w – коефіцієнт і показники степеню, $C_p = 68,2$, $q = 0,86$, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $n = 1,0$, $w = 0$ згідно [4], стор. 291, табл. 41;

$K_{\text{мр}}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості матеріалу, що оброблюється на силові залежності, згідно [4] табл. 9, стор. 264 визначається за формулою 1.52:

Підставляємо числові значення до формул 1.52, 1.67 і отримуємо:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,3} = 1,09;$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 17^{1,0} \cdot 4}{12^{0,86} \cdot 250^0} \cdot 1,09 = 922 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент по формулі 1.68:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (1.68)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{922 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 290,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо потужність різання (ефективну) за формулою 1.53:

$$N_e = \frac{922 \cdot 49,5}{1020 \cdot 60} = 0,74 \text{ кВт}.$$

Вибрані режими різання перевіряємо за паспортом верстату, обробка можлива, якщо виконується умова 1.52:

$$N_{\text{різ.}} = 0,74 \text{ кВт} < N_{\text{шп.}} = 2,2 \cdot 0,8 = 1,76 \text{ кВт}.$$

Визначаємо основний (технологічний) час за формулою 1.69:

$$t_0 = \frac{l + l_1 + l_2}{S_Z \cdot Z \cdot n} \cdot i, \quad (1.69)$$

де l - довжина поверхні, що обробляється, $l = 17 \text{ мм}$;

l_1 - величина врізання, $l_1 = 2 \text{ мм}$;

l_2 - величина перебігу, $l_2 = 2 \text{ мм}$;

i - кількість проходів, так як лиски фрезеруються послідовно, тому $i = 2$.

Підставляємо числові значення до формул 1.69 та отримуємо:

$$t_0 = \frac{17 + 2 + 2}{0,04 \cdot 4 \cdot 250} \cdot 2 = 0,29 \text{ хв}.$$

Виконуємо технічне нормування операції.

Допоміжний час визначаємо по формулі 1.56:

$$t_{\text{доп.}} = 0,21 + 0,06 = 0,27 \text{ хв}.$$

Оперативний час визначаємо за формулою 1.58:

$$t_{\text{оп.}} = 0,29 + 0,27 = 0,56 \text{ хв}.$$

Додатковий час визначаємо за формулою 1.59:

$$t_{\text{обсл.}} = \frac{(2 + 5) \cdot 0,56}{100} = 0,04 \text{ хв.}$$

Штучний час визначаємо за формулою 1.60:

$$t_{\text{шт.}} = 0,29 + 0,27 + 0,04 = 0,6 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою 1.61:

$$t_{\text{шт-к}} = 0,6 + \frac{17 + 2}{12} = 2,18 \text{ хв.}$$

Норму виробітку за зміну визначаємо за формулою 1.62:

$$q_{\text{зм.}} = \frac{492}{2,18} = 225 \text{ шт.}$$

Розраховуємо режимі різання на інші операції та результати розрахунків зводимо до табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку режимів різання і норм часу

Номер і найменування операції	Номер переходу	Режими різання					Норми часу			
		глибина різання t , мм	кількість проходів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертання шпинделя n , об/хв	основний час t_0 , хв	допоміжний час $t_{доп}$, хв	штучний час $t_{шт}$, хв	штучно-калькуляційний час $t_{ш-к}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
015 Фрезерно-центрувальна	01	3,23	1	0,96	98,9	315	0,75	0,57	1,54	3,62
	02	2	1	0,04	10,2	815				
020 Токарна з ЧПК	01	1,65	1	0,1	114,9	315	1,93	0,4	2,48	3,39
	02	4,45	2	0,15	123,5	400				
	03	1,65	1	0,2	61,8	200				
025 Токарна з ЧПК	01	1,65	1	0,1	114,9	315	2,27	0,4	2,84	3,76
	02	2,0	2	0,15	123,5	400				
	03	1,0	1	0,1	61,8	200				
030 Токарна з ЧПК	01	0,475	1	0,3	94	315	0,22	0,21	0,45	1,78
035 Зубофрезерна	01	5,5	1	1,2	27,8	125	6,89	1,86	9,49	11,41
065 Токарна з ЧПК	01	1,57	1	0,2	61,8	200	2,07	0,4	2,4	3,32
	02	4,4	2	0,17	61,3	630				
	03	1,14	1	0,2	61,8	200				
070 Токарна з ЧПК	01	1,57	1	0,2	61,8	200	1,31	0,21	1,59	2,51
	02	3,3745	1	0,17	61,3	630				
	03	1,17	1	0,2	50,6	200				

Продовження табл. 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
100 Токарна з ЧПК	01	1,87	4	0,17	61,3	630	3,95	0,89	4,84	6,26
	02	1,66	4	0,17	61,3	630				
	03	1,66	4	0,17	61,3	630				
	04	1,66	1	0,17	61,3	630				
	05	1	1	0,2	50,6	200				
105 Фрезерна	01	2	2	0,04	49,5	250	0,29	0,27	0,6	2,18
110 Фрезерна	01	2,5	1	0,04	59,3	630	0,26	0,24	0,53	2,01
	02	2	1							
130 Кругло-шліфувальна	01	0,25	1	0,002	30	250	0,25	0,21	0,49	1,66
135 Кругло-шліфувальна	01	0,1	1	0,003	30	315	0,49	0,21	0,91	2,08
	02									
140 Кругло-шліфувальна	01	0,06	1	0,002	30	250	0,23	0,21	0,46	1,63
150 Кругло-шліфувальна	01	0,06	1	0,002	30	315	0,42	0,21	0,73	1,9
	02									

Примітка: 1. Для токарних операцій з ЧПК в якості основного часу вказано машинний час на операцію.

2. Для шліфувальних операцій приведена поперечна подача в мм.хід., швидкість і частота обертання деталі в м/с.

3. Для фрезерних операцій приведені подачі на зуб.

1.7 Розробка розрахунково-технологічної карти (РТК) керуючої програми для токарної з ЧПК операції 100

Характерною особливістю верстатів з ЧПК є автоматична реалізація сукупності закодованих команд (керуюча програма), що забезпечують необхідну послідовність взаємних положень оброблюваної деталі і інструменту.

Для розробки керуючої програми технологом-програмістом повинна бути підготовлена технологічна документація, яка містить всю необхідну геометричну, числову, технологічну інформацію і включає в себе: РТК, заповнений бланк числової та технологічної інформації, карту настроювання інструментів та програмний аркуш з програмою в ISO.

Для проектування РТК і розробки керуючої програми важливе місце займає: ознайомлення з вихідними даними та їх аналіз; підготовка операційного ескізу; модель верстату; складання плану обробки деталі в межах операції; визначення настійкових розмірів, які використовують для розрахунку координат опорних точок; визначення координат еталонного блока, "нульове" положення супорта; визначення параметрів настройки інструментів та їх орієнтації; розробка траєкторії руху інструменту; кодування інформації і підготовка керуючої програми для верстатів з ЧПК.

Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК 16K20Ф3С5. На даній операції деталь закріплюється в трьохкулачковому патроні. Обробку деталі виконуємо за одну установку послідовно декількома інструментами.

На ескізі (рис.1.6) проставляємо операційні розміри з відхиленнями та настройкові розміри, які будемо використовувати при розрахунку координат опорних точок.

Визначаємо настройкові розміри за формулою 1.70:

$$A_{\text{настр}} = \frac{A_{\text{min}} + A_{\text{max}}}{2}, \quad (1.70)$$

де A_{min} – мінімальне значення розміру, мм;

A_{max} – максимальне значення розміру, мм.

Результати розрахунку зводимо в табл. 1.13.

Системою координат верстату прийнята права система координат по стандарту ISO. За позитивний напрямок переміщення прийнято переміщення інструменту відносно деталі у сторону позитивних напрямків осей координат.

Ось Z – ось обертання робочого шпинделя. Ось X для токарних верстатів сполучають з площиною планшайби або з установочною поверхнею пристосування. В даному випадку ось X сполучена з лівим торцем зубчатого вінця, який є упорною базою. Початок системи координат - перетин осей «X-Z».

Таблиця 1.10 – Налаштункові розміри

№ п/п	Операційний розмір	Налаштунковий розмір
1	$\varnothing 73^{+0,46}$	$\varnothing 73,23$
2	$\varnothing 25_{-0,33}$	$\varnothing 24,835$
3	$R4 \pm 0,5$	R4
4	$2,5_{-0,25}$	2,375
5	$15^\circ \pm 2^\circ$	15°
6	$3 \pm 0,15$	3

Еталонний інструментальний блок призначений для визначення вихідної точки кожного з інструментів шляхом визначення їх вильотів відносно еталону. Еталонний інструментальний блок служать для настройки інструментального мікроскопу. Параметри настройки інструментів вичислюють відносно нуля еталонного інструменту, тобто його точно оброблених взаємно перпендикулярних поверхонь.

Координати «нульової» точки еталонного інструменту для даного верстату з фіксованим положенням супорта складають: $x_e = 140$ мм; $z_e = 280$ мм.

Вильоти визначаються на інструментальному мікроскопі відносно нуля еталонного інструмента, а положення радіуса закруглення ріжучих кромek інструмента – на екрані мікроскопа. Екран мікроскопа поділений на чотири частини: горизонтальну і перпендикулярну їй вертикальну лінії. Положення радіуса визначається параметром J, приймаючим значення від 1 до 8.

На РТК креслимо траєкторію руху інструментів. Для токарних верстатів – це траєкторія руху центра радіуса закруглення ріжучої частини різця. Траєкторія руху інструменту складається з окремих ділянок розділених опорними точками.

Призначаємо площину безпеки, приймаємо 20 мм.

За допомогою відповідних операторів задаємо осі координат, площину безпеки, лінії траєкторії, опорні точки, параметри інструментів; швидкість обертання шпинделя, включаємо охолодження і призначаємо рух по

траєкторії (при необхідності змінюємо величину подачі). Коли обробка виконана, різець відсилаємо в площину безпеки, а потім в вихідну точку верстату, після цього задаємо вимкнення обертання шпинделя і виключаємо подачу ЗОР в зону різання.

Керуюча програма для токарної операції представлена в додатку А.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

В даному розділі представлено фрезерне пристосування, яке служить для фрезерування лисок на верстаті 6Т104.

Пристосування складається з корпусу 1, в середині якого встановлена пневматична система. Пневмоциліндр призначений для автоматизованого закріплення і розкріплення деталі.

Для закріплення пристосування на столі верстату воно має 2 пальця 12 та пази під болти.

Закріплення деталі відбувається за рахунок стислого повітря, яке потрапляє через штуцер 10 у верхню порожнину циліндра, тобто у штокову порожнину. Поршень 3 зі штоком 8 зміщуються вниз, тягнучи за собою шпильку 14 з закріпленою на ній кришкою 9. Кришка тисне на деталь і відбувається закріплення деталі.

Розкріплення деталі відбувається за рахунок зтравлення стислого повітря в атмосферу з верхньої порожнини циліндра та стислого повітря, яке потрапляє у нижню порожнину циліндра, через штуцер 10. Поршень 3 і шток 8 піднімаються разом з шпилькою 14, до якої кріпиться кришка 9. Звільняємо шпильку від гайки, знімаємо кришку та деталь.

2.1.2 Розрахування пристосування на точність

Розрахунок пристосування на точність базується на тому, що сума допустимих похибок, що виникають при обробці заготовок, не повинна перевищувати величину допуску заданого на той розмір, який витримується при виконанні операції.

Настойка інструменту на розмір обробки виконується за допомогою установу (рис. 2.1).

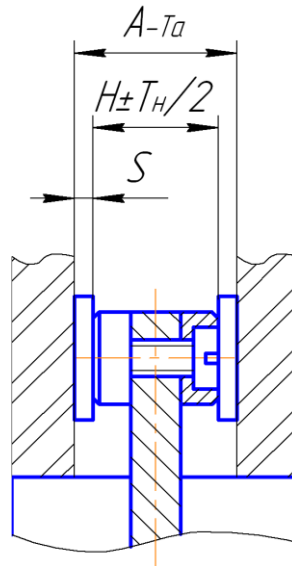


Рисунок 2.1 - Схема настройки інструменту

Допуск на виготовлення установу визначається за формулою 2.1:

$$T_{уст} \leq T_A - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \cdot \omega), \quad (2.1)$$

де k_1 – коефіцієнт, який враховує зменшення похибки базування внаслідок того, що установочний елемент в пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко дорівнюють граничним, $k_1 = 0,8 \dots 0,85$;

k_2 – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки від загальної, яка викликається факторами, які не залежать від конструкції пристосування, $k_2 = 0,6 \dots 0,65$;

ω – середня економічна точність обробки, $\omega = 0,05$ мм згідно [8], табл. 5.7, стор. 66.

Визначаємо середній розмір обробки за формулою 2.2:

$$A_{сер} = A - \frac{T_A}{2}, \quad (2.2)$$

$$A_{сер} = 26 - \frac{0,33}{2} = 25,835 \text{ мм.}$$

Визначаємо середній розмір установка за формулою 2.10:

$$H_{\text{сер}} = A_{\text{сер}} - 2S, \quad (2.3)$$

де S - товщина щупа, $S = 3$ мм.

Підставляємо числові значення до формули 2.3 та отримуємо:

$$H_{\text{сер}} = 25,835 - 2 \cdot 3 = 19,835 \text{ мм.}$$

Підставляємо числові значення до формули 2.1 та отримуємо:

$$T_{\text{уст}} \leq 0,33 - (0,8 \cdot 0,0675 + 0 + 0,6 \cdot 0,05) = 0,246 \text{ мм.}$$

Розрахунковий допуск приводимо до найближчого меншого нормалізованого $\pm 0,1$ мм. Виконавчий розмір установка $19,935_{-0,2}$ мм.

2.1.3 Визначення необхідно зусилля затиску заготовки і вибір приводу

В процесі обробки заготовки виникають сили і моменти різання, які можуть порушувати її положення, досягнуте при базуванні, викликати вібрації заготовки, порушити точність обробки і привести до підвищеного зносу інструменту.

Розраховуємо необхідну силу затиску за формулою 2.4:

$$W = \frac{3 \cdot P_Z}{f \cdot \left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right)} \cdot k, \quad (2.4)$$

де P_Z – сила резання при фрезеруванні, $P_Z = 922$ Н;

f – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях, згідно [8], стор. 113: $f = 0,25$;

D_1 – опорний діаметр деталі, $D_1 = 42$ мм згідно креслення;

D_2 – посадочний діаметр у пристосуванні, $D_2 = 36,5$ мм згідно креслення;

k – коефіцієнт запасу закріплення, який визначаємо за формулою 2.5:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.5)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $k_0=1,5$ згідно [8], стор. 100;

k_1 - коефіцієнт, який враховує змінення (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці, для свердлення цей коефіцієнт дорівнює $k_1 = 1,0$;

k_2 - коефіцієнт, який враховується в усіх випадках обробки та залежить від

виду обробки, матеріалу, що обробляється та нерівномірного зносу ріжучого

інструмента, обираємо з таблиці 6.1, [8], стор. 101, $k_2 = 1,3$;

k_3 - коефіцієнт, який враховує умови перервного виду обробки, $k_3 = 1,0$;

k_4 - коефіцієнт, який характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сил затиску, $k_4 = 1,0$ - для всіх механізованих приводів;

k_5 - коефіцієнт, який характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення деталі. При зручному розташуванні рукоятки та закріплення заготовки в границях 90° , $k_5 = 1,2$ - для гвинтових затискачів;

k_6 - коефіцієнт, який враховуємо в тому випадку, коли розрахунок сил затиску проводиться з урахуванням моментів різання та залежить від виду опорної поверхні пристосування, $k_6 = 1,5$ згідно [8], стор. 102.

Підставляємо числові значення до формул 2.4 та 2.5 та отримуємо:

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 3,51;$$

$$W = \frac{3 \cdot 922}{0,25 \cdot \left(\frac{42^3 - 36,5^3}{42^2 - 36,5^2} \right)} \cdot 3,51 = 658,6 \text{ Н.}$$

Звідси, діаметр циліндра визначаємо за формулою 2.6:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (2.6)$$

де p – тиск в пневмосистемах (0,2-0,6) МПа, приймаємо 0,3 МПа;

η – коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати на тертя;
 $\eta = 0,85 \dots 0,9$.

Підставляємо числові значення до формули (2.6) та отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 658,6}{3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,85}} = 57,3 \text{ мм.}$$

Згідно розрахованим значенням приймаємо пневмоциліндр з округленням в більший бік значенням згідно [10, стор. 608, табл. 51]:
 Пневмоциліндр ГОСТ 21307-75.

- діаметр штока $d = 12$ мм;
- діаметр циліндра $D = 63$ мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи

В даному розділі представлено контрольне пристосування (ЗНТУ 401312007), яке служить для контролю радіального биття зубчатого вінця.

Пристосування складається з плити 1, на яку встановлюють ліву 2 і праву 9 бабки, а також індикаторну стійку з індикатором.

Ліва бабка кріпиться до плити чотирма гвинтами 37 і центрується двома штифтами 50. В саму бабку встановлюється центр 4 з втулкою 3, який фіксують штифтом 37.

На відміну від лівої бабки, права бабка рухома. Вона кріпиться до плити ексцентриковим затиском. За рахунок цього можна регулювати відстань між центрами. Для даного пристосування воно не більше 330 мм.

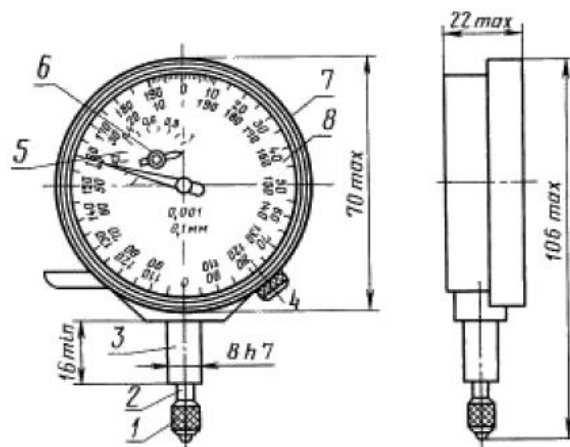
Індикаторна стійка 35 також може міняти своє положення на плиті, і фіксується також ексцентриковим затиском.

Індикатор знаходиться в движку 7, який при необхідності може вільно переміщатися на стержні 25 і фіксується в заданому положенні гвинтом 8. Вимірювання здійснюється за допомогою індикатора типу 1 МИГ з ціною ділення 0,001 мм ГОСТ 9696-82. Ескіз індикатора приведений на рисунку 2.2.

При проведенні контролю необхідно натискаючи на важіль 15 відводити правий центр і встановити деталь. Після опускання важеля, правий центр під дією пружини 13 повертається в первинне положення і затискає деталь. Користуючись ручкою 19 необхідно щуп підвести до поверхні, яка контролюється. Шкала індикатора заздалегідь встановлюється на 0. Після цього провртаємо деталь і повторюємо вимір.

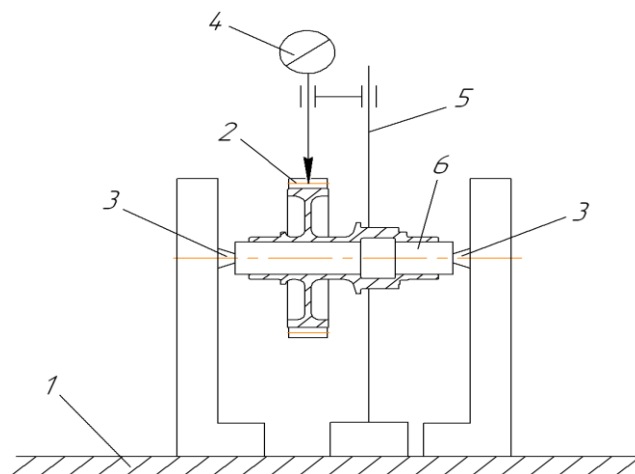
Дане пристосування може переналагоджуватися.

Схема вимірювання приведена на рисунку 2.3.



1 - вимірювальний наконечник; 2 - вимірювальний стержень; 3 - гільза; 4 - гвинт для установлення механізму в нульове положення; 5 - стрілка; 6 - вказівник переміщення вимірювального стержня; 7 - корпус; 8 - циферблат

Рисунок 2.2 - Ескіз індикатора типу МИГ



1 – плита; 2 – деталь; 3 – центри; 4 – індикатор; 5 – стійка; 6 – оправка

Рисунок 2.3 - Схема вимірювання

3 СПЕЦЗАВДАННЯ

Тема спецзавдання “Підвищення зносостійкості деталей за допомогою хіміко-термічної обробки”. Хіміко-термічна обробка (ХТО) поєднує термічну і хімічну дії з метою зміни хімічного складу, структури і властивостей поверхневого шару металу або сплаву. Хіміко-термічна обробка здійснюється в результаті дифузійного насичення металу або сплаву неметалами (C, N, B та ін.) або металами (Al, Cr, Zn та ін.) при певній температурі в активному насичуючому середовищі.

Для підвищення довговічності найбільш відповідальних деталей машин широко використовуються процеси цементації (вуглецювання), нітроцементації і азотування. Дещо у меншій мірі використовується поверхневе насичення бором, кремнієм і металами.

Більшість деталей машин працюють в умовах зносу, кавітації, циклічних навантажень, корозії при кріогенних і високих температурах, при яких максимальна напруга виникає в поверхневих шарах металу, де зосереджені основні концентратори напруги. Хіміко-термічна обробка, підвищуючи твердість, зносостійкість, задиростійкість, стійкість кавітації і корозійної і створюючи на поверхні сприятливу залишкову напругу стискання, збільшує надійність і довговічність машин.

У нашому випадку використовується нітроцементація для обробки деталі - колесо зубчасте. Розглянемо детальніше різні методи насичення поверхневого шару деталі металами та неметалами.

3.1 Цементація

Цементацією називається хіміко-термічна обробка, що полягає в дифузійному насиченні поверхневого шару сталі вуглецем при нагріві (частіше 900-950 °C) у вуглецевмісному середовищі (карбюризаторі). Остаточні властивості цементовані вироби здобувають після гартування і низького відпускання. Призначення цементації і подальшої термічної обробки - надати поверхневому шару високу твердість і зносостійкість, підвищити межу контактної витривалості і межу витривалості при вигині при збереженні в'язкої серцевини.

Цементация широко застосовується для зміцнення невеликих зубчастих коліс, валів коробки передач автомобілів, валів швидкохідних верстатів, шпинделів і багатьох інших деталей машин.

3.1.1 Цементация твердим карбюризатором

При цементации детали помещаются в ящики, заполненные карбюризатором, в качестве которого служит древесное уголь в зернах размером 3,5-10 мм або кам'яновугільний напівкокс і торф'яний кокс, до яких додають активізатори: вуглекислий барій (BaCO_3) і кальциновану соду (Na_2CO_3) у кількості 10-40 % від маси вугілля.

Широко вживаний карбюризатор складається з деревного вугілля 20-25 % BaCO_3 і 3,5 % CaCO_3 . Карбюризатор повинен містити менше 0,06 % S; 0,5 % SiO_2 ; 5,0% H_2O і 10 % летких. Робочу суміш, яку використовують для цементации складають з 20-25 % свіжого карбюризатора і 80-75 % відпрацьованого. Зміст BaCO_3 в такій суміші 5-7 %, що забезпечує необхідну товщину шару і виключає утворення грубої цементитної сітки на поверхні.

Приготування карбюризатора зводиться до дроблення деревного вугілля і просіювання його через систему сит; роздроблене вугілля (3,5-10 мм) поливають водним розчином вуглекислих солей (температура розчину 50-80 °C), ретельно перемішують і просушують при 100-150 °C.

Цементация твердим карбюризатором здійснюється за рахунок CO. У ящику для цементации є повітря, кисень якого при високій температурі взаємодіє з вуглецем карбюризатору, утворюючи оксид вуглецю. Оксид вуглецю у присутності заліза диссоціює по рівнянню $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$.

Механізм дії активізатора зводиться до збільшення кількості в ящику CO: $\text{BaCO}_3 + \text{C} = \text{BaO} + 2\text{CO}$.

Технологія цементации твердим карбюризатором. Вироби, що підлягають цементации, після попереднього очищення укладаються в зварні сталеві або литі чавунні ящики. При упаковці виробів на дно ящика насипають і трамбують шар карбюризатора товщиною 20-30 мм, на який укладають перший ряд деталей, витримуючи відстані між деталями і до бічних стінок ящика 10-15 мм. Потім засипають і трамбують шар карбюризатора товщиною 10-15 мм, на нього укладають інший ряд деталей і т. д. Останній (верхній) ряд деталей засипають шаром карбюризатора

товщиною 35-40 мм з тим, щоб компенсувати можливу його усадку. Найефективніше карбюризатор використовується, якщо об'єм, займаний деталями, складає 30-35 % об'єму ящика. Проте таку упаковку важко здійснити. Деталі зазвичай займають 15-20 % об'єму ящика. Об'єм, який займається деталями, а отже, і витрата карбюризатора залежать від характеру оброблюваних деталей. Ящик накривають кришкою, кромки якої обмазують вогнетривкою глиною або сумішшю глини і річного піску. Після цього ящик поміщають в піч. Стійкість сталених зварних ящиків 150-200 год, литих 250-500 год.

Нагрів до температури цементації (910-930 °C) складає 7-9 хв на кожен сантиметр мінімального розміру ящика. Час цементації залежить і від розміру ящика. Тривалість витримки при температурі цементації для ящика з мінімальним розміром 150 мм складає 5,5-6,5 год для шару товщиною 0,7-0,9 мм і 9-11 год для шару товщиною 1,2-1,5 мм. При більшому розмірі ящика (мінімальний розмір 250 мм) для отримання шару товщиною 0,7-0,9 мм тривалість витримки дорівнює 7,5-8,5 год, а при товщині 1,2-1,5 мм 11-14 год. Після цементації ящики охолоджують на повітрі до 400-500 °C і потім розкривають.

Істотним недоліком цементації твердим карбюризатором є велика тривалість процесу. Прискорення процесу досягається зменшенням ваги карбюризатора в ящику і відповідністю конфігурації ящиків цементуємим деталям. Циліндричні ящики забезпечують більш рівномірний нагрів і вуглецювання деталей. Значне прискорення процесу цементації (до 25 %) і зменшення витрати карбюризатора досягаються при використанні циліндричних ящиків з внутрішньою трубою. Дуже зручні пірамідальні ящики, які дозволяють якнайповніше використати под печі за рахунок установки ящиків майже впритул один до одного. Коли вимагається цементувати тільки частину деталі, карбюризатор поміщають у верхню частину ящика, а низ заповнюють піском, до якого додають 10-15 % деревного вугілля.

Цементация твердим карбюризатором має ряд недоліків і застосовується все рідше. До недоліків належить неможливість регулювання процесу, необхідність прогрівання малотеплопровідної маси карбюризатора, висока вартість підготовчих операцій (індивідуальне укладання деталей в ящики, приготування карбюризатора і т. д.), незначне використання пода печі. Проте універсальність і простота цементації твердим карбюризатором

обумовлюють застосування її, особливо на заводах дрібносерійного і одиничного виробництва.

3.1.2 Газова цементация

Газова цементация здійснюється в карбюризаторі, що є багатокомпонентною системою, що складається з N_2 - CO_2 - CO - H_2 - H_2O - CH_4 , що отримується з природного газу, пропанобутанових сумішей в спеціальних генераторах або шляхом піролізу в робочій камері печі вуглеводневих рідин. Такі складові атмосфери, як N_2 , CO_2 , H_2 , утворюють газ-носії, а C , CH_4 і інші вуглеводні - активний газ.

Газова цементация має ряд переваг в порівнянні з цементациєю твердим карбюризатором. У разі газової цементациї можна отримати задану концентрацію вуглецю в шарі; скорочується тривалість процесу, оскільки відпадає необхідність прогрівання ящиків, наповнених малотеплопровідним карбюризатором; забезпечується можливість повної механізації і автоматизації процесів і значно спрощується подальша термічна обробка виробів, оскільки можна проводити гартування безпосередньо з печі для цементациї. Це зумовило широке застосування газової цементациї на машинобудівних заводах.

Нині для газової цементациї застосовуються рідкі вуглеводні (гас, синтин, спирти та ін.), краплями що подаються в піч (висока термічна стійкість і хороша випаровуваність рідких вуглеводнів дозволяє в одному робочому просторі поєднати отримання газу і процес цементациї); контрольовані атмосфери (є штучними газовими атмосферами, що отримуються в спеціальних газопідготовчих установках - генераторах, шляхом часткового спалювання вуглеводневих газів); синтетичні атмосфери на основі азоту.

Газову цементацию зазвичай здійснюють при 930-950 °C. З метою скорочення тривалості процесу іноді застосовують високотемпературну цементацию 1000-1050 °C. З підвищенням температури швидкість цементациї різко зростає. Проте проведення газової цементациї при високих температурах, навіть спадково дрібно-зернистих сталей, погіршує механічні властивості, ускладнює подальшу термічну обробку, знижує термін роботи обладнання і пристосувань і збільшує деформації виробів. Цементация може

здійснюватися в контрольованій атмосфері з регульованим вуглецевим потенціалом або при поданні рідкого карбюризатора в піч впродовж усього процесу цементації.

Проведення процесу цементації при постійному вуглецевому потенціалі атмосфери вимагає великої тривалості для отримання заданої ефективної товщини шару. Для зменшення тривалості процесу на багатьох заводах застосовують двоступінчасту цементацію. На початку процесу підтримують максимально можливий вуглецевий потенціал атмосфери (активний період), а потім його знижують частіше до 0,6-0,9 % (дифузійний період). Оскільки швидкість виділення вуглецю з атмосфери зростає з підвищенням вуглецевого потенціалу, а його дифузія в аустеніті збільшується з підвищенням градієнта концентрацій, то в активний період зростання товщини шару йде з великою швидкістю. Величина вуглецевого потенціалу в активний період визначається складом цементуємої сталі і не повинна перевищувати межі розчинності вуглецю в аустеніті при цій температурі насичення.

На другій стадії відбувається дифузійний перерозподіл вуглецю в шарі з отриманням необхідної концентрації на поверхні і розподіл вуглецю по товщині шару. Величина вуглецю потенціалу в дифузійний період встановлюється залежно від необхідної товщини шару, марки сталі і необхідних властивостей деталі. Використання ступінчатого режиму цементації не забезпечує максимуму властивостей, особливо якщо зневуглецювання до необхідної концентрації (0,8 % C) на поверхні робиться в період підстижування перед гартуванням.

Застосування подвійного циклу цементації дозволяє збільшити товщину насичення сталі вуглецем в 1,65-1,8 разу при одночасному підвищенні ефективної товщини майже в чотири рази. Для отримання таких же результатів при одинарному циклі (при постійному вуглецевому потенціалі 0,8) вимагається в 1,5-2,0 разу більше часу.

Одночасно двоступінчата цементація в порівнянні з одноступінчатою дає кращий розподіл вуглецю по товщині шару.

Рекомендується наступний технологічний режим. Попереднє окислення деталей при 450-500 °C - 0,5 год, з подальшою цементацією при 920 °C в атмосфері ендогаз - метан. Попередня холодна деформація збільшує товщину цементованого шару при 930 °C за цей відрізок часу, максимальна товщина шару відмічена при мірі деформації 25 %, що пов'язане з утворенням стійкої полігональної структури, що зберігається при $\alpha \rightarrow \gamma$ -

перетворенні при нагріві. Можливо, має місце і зміна процесів адсорбції і хемосорбції на поверхні металу у зв'язку з особливостями кристалічної будови полігональних структур.

3.1.3 Високотемпературна вакуумна цементация (ВЦ)

Одним з недоліків процесу цементации є тривалість технологічного процесу, найбільш реальний шлях прискорення процесу цементации - підвищення температури. Проте стосовно цементации в прохідних печах (насичення на товщину до 1,5 мм) підвищення температури малоефективне, оскільки при цьому збільшується час нагріву до температури насичення, час підстижування до температури гартування і скорочується термін служби печі для цементации. Значне прискорення процесу може бути досягнуте в результаті використання високотемпературної двоступінчатої цементации (з високим вуглецевим потенціалом на першому етапі) при тиску нижче атмосферного (вакуумна цементация). Вакуумні печі для цементаций складаються з нагрівальної камери, забезпеченої вентилятором (для забезпечення інтенсивної циркуляції атмосфери), гартівного бака і транспортуючих пристроїв. Вакуумні електропечі забезпечують робочий тиск $13 \cdot 10^{-3}$ Па і номінальну температуру від 900 до 2200 °С.

Підготовлені для цементации деталі поміщають в нагрівальну камеру, піч вакуумують, нагрівають до робочої температури 1000-1100 °С і дають витримку для прогрівання деталей.

Для ВЦ не потрібен газ-носіє (ендо- чи ендо-екзогаз), в піч подається тільки очищений природний газ (CH_4), рідше пропан або бутан. Процес ВЦ включає два періоди:

1. Активний період насичення, впродовж якого в піч подають газ, що насичує, до створення оптимального тиску $1,3 \cdot 10^4$ - $3,9 \cdot 10^4$ Па. Для підтримки високого вуглецевого потенціалу подачу газу роблять впродовж усього активного періоду.

За відсутності в атмосфері пари води і CO_2 насичення відбувається за рахунок реакції $\text{CH}_4 \leftrightarrow \text{Fe}(\text{C}) + 2\text{H}_2$.

У цей період концентрація вуглецю на поверхні досягає величини, близької до межі його розчинності в аустеніті при цій температурі.

2. Дифузійний період (дифузія у вакуумі). У цей період припиняють подання газу в камеру і піч вакуумують. В процесі витримки при температурі насичення відбувається дифузія вуглецю углиб, а концентрація його на поверхні досягає оптимальної (0,8-1,0 %).

В деяких випадках проводять циклічне подання карбюризатора, роблячи паузи між окремими його поданнями. У паузах застосовують вакуумування з отриманням залишкового тиску $1,3 \cdot 10^2$ Па. Чим частіше циклування, тим швидше протікає процес цементації, що пояснюється кращими умовами газообміну у поверхні насичення.

Після закінчення цементації садка охолоджується зазвичай до 500-600 °С. Для прискорення охолодження в піч подають азот, аргон або гелій до абсолютного тиску, близького до атмосферного. Далі слідує повторний нагрів до температури гартування; гартування здійснюється шляхом занурення піддону з деталями в масляну гартівну ванну. Після гартування слідує відпускання при 180 °С. Повторне загартування цементованих виробів з проміжним охолодженням сприяє значному подрібненню зерна аустеніту і набуттю високих механічних властивостей.

Процес ВЦ має ряд переваг перед звичайним процесом цементації: відсутність газопідготовчих установок і приладів контролю вуглецевого потенціалу; скорочення тривалості процесу в результаті проведення його при високій температурі і зміні потенціалу атмосфери; отримання світлої поверхні деталей після цементації; відсутність кисневмісних компонентів в атмосфері виключає внутрішнє окислення деталей; поліпшення умов праці; зменшення питомої витрати електроенергії і технологічного газу; велика мобільність устаткування (пуск і зупинка займають декілька хвилин); більш висока культура виробництва; краще проникнення газу-карбюризатора в отвори малого діаметру, що забезпечує рівномірну цементацію внутрішніх порожнин. Недоліком ВЦ є висока вартість устаткування.

3.1.4 Цементация в тліючому розряді (іонна цементация)

Останніми роками деяке застосування отримала іонна цементация (цементация в плазмі тліючого розряду). Тліючим розрядом називають один з видів газового розряду, в якому катод випускає електрони в результаті бомбардування позитивними іонами і фотонами, що утворюються в газі.

Основними процесами при обробці в тліючому розряді являється катодне розпилення, тобто видалення атомів з поверхні катода за рахунок бомбардування його іонами газу, і дифузійне насичення поверхневих шарів різними елементами (N, C, B та ін.).

Установка для іонної цементації передбачає нагрів або тільки тліючим розрядом, або при додатковому підігріванні виробів за допомогою графітових нагрівачів. У розрідженій атмосфері ($1,3-19,5 \cdot 10^2$ Па), що насичує, між катодом (деталлю) і анодом збуджується тліючий розряд і іонні гази, бомбардуючи поверхню катода, нагрівають її до температури насичення. Цементация поверхні відбувається шляхом її бомбардування прискореними атомами (іонами) вуглецю, що виникають в прикатодній області тліючого розряду. В якості атмосфери, що насичує, використовуються вуглеводні - пропан, метан та ін. в суміші з аргоном, дисоційованим аміаком ($N_2 + H_2$) або азотом. При використанні пропану C_3H_8 протікає його розпад по реакції $C_3H_8 = Fe\gamma(C) + C_3H_6$.

Кількість вуглецю, що поступає до поверхні насичення, регулюється кількістю вуглеводню (пропану), що подається. Кількість пропану в суміші складає декілька відсотків і встановлюється досвідченим шляхом залежно від температури насичення. Частіше процес ведуть при $1000-1050$ °C і при щільності струму на катоді ~ 100 А/м². Процес насичення складається з двох стадій: 1) активного періоду, коли вміст вуглецю на поверхні досягає $1,3-1,4$ % за рахунок подання в установку пропану; 2) дифузійні періоди - витримки без подання в установку пропану. У цей період концентрація вуглецю на поверхні знижується до $0,8-0,9$ % при одночасному збільшенні товщини шару.

Час активного і дифузійного періодів при 1050 °C в цьому випадку приблизно однаковий, а потужність розряду складає декілька відсотків від потужності нагрівачів. Щільність струму на катоді ~ 20 А/м².

Переваги іонної цементації в порівнянні із звичайною газовою наступні: скорочення тривалості процесу в 2-3 рази завдяки проведенню процесу при підвищених температурах ($1000-1050$ °C) і інтенсифікації реакції взаємодії в газовій фазі і на поверхні насичення; відсутність внутрішнього окислення цементованого шару і виділення сажі; різке зменшення витрати цементуючого газу; простота управління процесом шляхом зміни електричних параметрів тліючого розряду і складу газового середовища; вибухобезпечність і поліпшення умов роботи термістів.

3.1.5 Цементация в расплавленных солях (рідинна цементация)

В цьому випадку цементация поверхні здійснюється в расплавлених солях, що складаються з карбонатів лужних металів Me_2CO_3 і карбіду кремнію SiC . Наприклад, деяке застосування знайшла ванна, що складається з 75-85 % Na_2CO_3 , 10-15 % NaCl і 6-10 % SiC . Для підвищення рідкотекучості ванни і зменшення кількості шлаку замість Na_2CO_3 запропоновано вводити K_2CO_3 . Замість SiC іноді використовують CaC_2 або високовуглецевий феромарганець (~9,0 % C).

Процес ведуть при температурі 850 °C 0,5-3,0 год, товщина шару 0,2-0,5 мм. Наповнення ванни здійснюють в наступному порядку: спочатку расплавляють Na_2CO_3 , до якого потім додають NaCl . Порошкоподібний карбід кремнію додають при ретельному перемішуванні ванни після расплавлення суміші солей (Na_2CO_3 і NaCl). Безпосередньо після введення SiC на поверхні ванни утворюється шлак ($\text{Me}_2\text{SiO}_3 + \text{Me}_2\text{O}$) і з'являються язики полум'я від згорання CO. Після досягнення робочої температури, частіше 850 °C, ванну перемішують і основну частину шлаку видаляють. На дзеркалі ванни залишається шар шлаку товщиною не більше 15-20 мм. Тривалість процесу 0,5-3,0 год, що дозволяє отримати цементований шар товщиною 0,2-0,5 мм.

Зменшення SiC у ванні нижче 6 % сприяє припиненню цементации і, можливо, навіть зневуглицювання сталі. Для освіження ванни в неї через кожні 3 год додають SiC у кількості 0,5 % від загальної маси солей в суміші з содою. Для одночасного насичення сталі вуглецем і азотом і для прискорення процесу у ванну додають NH_4Cl у кількості 8-9 %. Основна перевага процесу - можливість безпосереднього гартування з ванни для цементации і малі деформації обробляємих виробів. Недоліки процесу: неможливість регулювання вуглецевого потенціалу; процес придатний тільки для обробки невеликих виробів (об'єм виробів не повинен перевищувати 1/3 об'єми ванни); необхідність очищення деталей. Процес знайшов обмежене застосування.

Можлива цементация і при електролізі расплавлених карбонатів лужних або лужноземельних металів з добавками галогенідів. В якості анода використовують графіт або карборунд. Процес ведуть при температурі 950 °C. Процес йде з великою швидкістю 0,5-0,8 мм/год.

3.1.6 Цементация пастами

В умовах індивідуального і дрібносерійного виробництва деяке застосування знайшла цементация пастами. В цьому випадку на оброблювану поверхню наноситься обмазка, що містить сажу (30-70 %), деревновугільний пил (20-60 %), жовту кров'яну сіль (5-20 %) і інші компоненти. В якості єднальних матеріалів використовують органічні, органо-мінеральні і неорганічні клеї. Після нанесення обмазки вони просушуються і вироби нагріваються (ТВЧ, контактним електронагрівом, в печах або за рахунок тепла екзотермічної реакції) до 950-1000 °С. Товщина обмазки має бути в 6-8 разів більше необхідної товщини цементованого шару. При температурі 950 °С за 1,5-3,0 год можна отримувати дифузійний шар товщиною 0,6-1,0 мм. Цей вид цементации не знайшов широкого застосування.

3.2 Азотування

Азотуванням називається процес дифузійного насичення поверхневого шару деталі азотом шляхом нагрівання в середовищі, що містить аміак. Такій обробці піддають деталі паливних насосів, гільзи циліндрів потужних двигунів, шпинделі, шестерні, колінчасті вали, деталі турбін, працюючі на знос. В результаті азотування поверхня деталей отримує високу твердість без будь якої подальшої термічної обробки. Температура азотування порівняно невисока, вона складає 500...600 °С, ніж при цементации. Азотовані деталі менше коробляться, чим цементовані, оскільки їх не нагрівають до температури гартування, як це необхідно у разі обробки цементованих деталей. При азотуванні поверхневий шар металу набрякає на незначну величину 0,01...0,02 мм. Процес азотування триває 30...90 годин і робиться в закритих печах. Висока поверхнева твердість азотованих деталей не змінюється при повторних нагрівах до 600...900 °С; межа втоми і корозійної стійкості їх підвищені.

В процесі азотування обробляємі вироби випробують невеликі деформації. Азотований шар добре шліфується і полірується.

Азотування застосовується для підвищення твердості і зносостійкості, збільшення межі витривалості, а також корозійної і ерозійної стійкості різних

виробів. Недоліками азотування є велика тривалість процесу, підвищена крихкість шару. Азотуванню можна піддавати тільки деталі з легуваних сталей.

3.3 Борирування

Борирування - насичення поверхні металів і сплавів бором з метою підвищення твердості і зносостійкості, а також корозійної стійкості. Борируванню піддають сталі перлітового, ферритного і аустенітного класів, нікелеві сплави і тугоплавкі метали. Борування проводять в порошкових сумішах, в розплавах солей і оксидів, в газових середовищах і з паст.

Насичення бором вуглецевих і легуваних конструкційних сталей призводить до підвищення межі витривалості на 15-30 %, а межа корозійно-втомної міцності підвищується на 50 %. Проте після додаткового гартування і низького відпускання межа витривалості сильно знижується, що, ймовірно, пов'язано з виникненням у борованому шарі тріщин, підвищенням чутливості серцевини до концентрації напруги і різким зниженням залишкової стискуючої напруги або навіть зміною їх знаку. Межа витривалості знижується і у високолегуваних сталей, серцевина яких при охолодженні з температури борирування гартується. Після борирування і поліпшення межа витривалості виходить порівняно високою. Зносостійкість двофазних шарів бориру в умовах абразивного зношування знаходиться на рівні зносостійкості хромованих сталей і значно перевершує зносостійкість інших покриттів.

Висока мікротвердість шару бориру, що не поступається мікротвердості загартованої середньовуглецевої сталі, зберігається до 700 °С, що дозволяє застосовувати борирування для підвищення зносостійкості виробів, працюючих при високих температурах.

Борирувані сталі володіють найвищою корозійною стійкістю у водних розчинах соляної, сірчаної і фосфорної кислот, причому при однаковій товщині шару однофазні шари бориру мають більшу кислотостійкість, ніж двофазні. У розбавлених і концентрованих розчинах азотної кислоти шари бориру нестійкі, проте швидкість руйнування борованих сталей в 1,5-5 разів нижча, ніж неборованих. Кислотостійкість в 10 %-му розчині плавикової кислоти в результаті борирування підвищується в 50 разів. По корозійній

стійкості в 50 %-ній оцтовій кислоті шари бориду поступаються тільки хромовим і хромо-кремнієвим покриттям. Шари бориду на вуглецевих сталях стійкі до дії киплячих водних розчинів NaCl, NaOH і KOH, а також розплавів цинку, олова, свинцю і кадмію.

В умовах атмосферної корозії або корозії в природних і промислових водах боровані сталі недостатньо стійкі. Після насичення впродовж 2-6 год товщина дифузійного шару на вуглецевих і малолегованих сталях складає, відповідно: при 850 °C - 30-90 мкм, при 950 °C - 55-200 мкм і при 1000 °C - 85-300 мкм.

3.4 Силіціювання

В результаті дифузійного насичення поверхні кремнієм (силіціювання) підвищується корозійна стійкість, жаростійкість, твердість і зносостійкість металів і сплавів.

Процес силіціювання здійснюють при температурі 950-1000 °C. Глибина силіційованого шару зазвичай лежить в межах 0,3-1,0 мм.

Часто якість силіційованого шару значно знижується із-за виникнення пористості. Причиною виникнення пористості являється відмінність парціальних коефіцієнтів дифузії зустрічнодифундуючих елементів в дифузійному шарі. Величина парціального коефіцієнта дифузії залежить від температури насичення, активності середовища, що насичує, і складу насичуваного сплаву.

Силіційований шар має високу стійкість проти корозії в морській воді, розчинах азотної, сірчаної і соляної кислот і в інших середовищах при кімнатній і підвищеній температурі.

У киплячих кислотах силіційований шар руйнується; у слабких киплячих розчинах кислот руйнування відбувається повільно. Наприклад, в 10%-ному киплячому розчині сірчаної кислоти залізний зразок діаметром 12 і довжиною 50 мм, силіційований на глибину 0,85 мм, за першу добу випробувань зменшився у вазі на 3,1%, за другу - на 0,5%, за п'яту - на 0,4%, за сьому - на 0,7% і за десяту - на 0,3%. Несиліційований зразок заліза в тих же умовах повністю розчинився впродовж 18 год, а зразок сталі, що містить 18% Cr і 8% Ni - за 30 год.

Силіціювання можна застосовувати для обробки деталей хімічної, паперової, нафтової і маслоочисної промисловості гнізд клапанів, вкладишів, валиків насосів, роторів водяного насоса, циліндрів, трубопроводів, різної арматури, гайок, болтів і т. д.), для труб судових двигунів.

3.5 Нітроцементация

Нітроцементацияю називається процес насичення поверхні сталі одночасно вуглецем і азотом при 700-950 °С в газовому середовищі, що складається з вуглецюючого газу і аміаку.

Процес нітроцементации отримав широке поширення в машинобудуванні для деталей, за умовами роботи яких достатня товщина зміцненого шару 0,2-1,0 мм.

Присутність азоту в нітроцементованому шарі обумовлює відмінності між нітроцементованим і цементованим шарами.

При одночасній дифузії вуглецю і азоту в аустеніті прискорюється дифузія вуглецю. Швидкість зростання нітроцементованого шару у разі малої його глибини (до 0,4 мм) при температурі 850-860 °С наближається до швидкості зростання цементованого шару.

Нижча температура нітроцементации сприяє зменшенню деформації, збільшує довговічність пічного устаткування і найважливіше робить можливим гартування безпосередньо після нітроцементации сталі, таким, що має в умовах цементации схильність до зростання аустенітного зерна. У зв'язку з нижчою температурою процесу немає необхідності при безпосередньому гартуванні після нітроцементации застосовувати підстужування деталі до нижчої температури.

Наявність азоту в твердому розчині підвищує стійкість переохолодженого аустеніту. У зв'язку з цим нітроцементовані шари мають більш високу прокалюваність, ніж цементовані. Висока прокалюваність шару дозволяє гартувати нітроцементовані деталі з нелегованої сталі в олії.

Азот підвищує вміст залишкового аустеніту в структурі загартованого нітроцементованого шару. Залишковий аустеніт знижує твердість шару і вміст його обмежується допустимою твердістю поверхні. Крім того, залишковий аустеніт в мартенситній структурі загартованого

нітроцементованого шару затримує виникнення втомних порушень і підвищує втомну міцність нітроцементованих деталей.

Наявність залишкового аустеніту в структурі шару підвищує також його пластичність, що веде до підвищення ударної в'язкості і в меншій мірі до підвищення міцності на вигин у нітроцементованій сталі. Підвищена пластичність нітроцементованого шару забезпечує достатню в'язкість і у деталей із сталі з міцністю серцевини 90-200 кГ/мм². Застосування такої сталі відкрило велику область нітроцементзації високонавантажених зубчастих коліс і валів. Велика міцність серцевини дає можливість істотно зменшити глибину шару при рівній витривалості і контактній міцності.

Так, наприклад, для зубчастих коліс робиться при міцності серцевини 90-120 кПмм² цементация на глибину 0,8-0,9 мм, а при міцності серцевини приблизно 170 кПмм² достатня глибина нітроцементованого шару 0,25-0,30 мм. В цих випадках досягається скорочення виробничого циклу нітроцементзації в порівнянні з цементациєю на 60- 70%.

Нітроцементация зубчастих коліс супроводжується значно меншою деформацією, ніж цементация, що пояснюється нижчою температурою процесу, меншою глибиною шару і більше рівномірним розподілом внутрішньої напруги першого роду в нітроцементованому шарі. Сильно навантажена нітроцементована шестерня має також великий опір на стирання, що, мабуть, пов'язано із специфічним впливом азоту.

До недоліків нітроцементзації відноситься передусім необхідність строгої підтримки в потрібних межах вуглецючої і азотуючої здатності газового середовища. Недоліком можна вважати і те, що глибина шару при нітроцементзації практично обмежується в межах 0,7-0,8 мм внаслідок подальшого зниження швидкості зростання дифузійного шару.

3.5.1 Технологія нітроцементзації

Для надання серцевині деталі необхідних механічних властивостей перед нітроцементациєю здійснюють термічну обробку. Вона включає гартування і відпускання. У тих же випадках, коли до міцності серцевини не пред'являють високих вимог, деталь досить нормалізувати.

При термічній обробці деталей із сталі 14ХГСН2МА треба враховувати чутливість стали до перегрівання, необхідність збільшення приблизно в 1,5

разу часу витримки при нагріві під гартування. Останнє потрібне тому, що відбувається гальмування дифузійних процесів, які забезпечують отримання однорідної аустенітної структури перед загартуванням.

Для сталі 14ХГСН2МА рекомендується наступний режим термічної обробки: загартування при температурі 840...860 °С з охолодженням в олії (середні і дрібні деталі) і відпускання при 600...620 °С тривалістю 2...3 год. Після цього здійснюється механічна обробка з припуском під шліфування. Гострі кромки щоб уникнути тріщин при нітроцементзації мають бути затуплені. Якщо до деталі пред'являють високі вимоги по точності розмірів, то перед шліфуванням робиться додаткова стабілізуюче відпускання при температурі 550...600 °С впродовж 3...10 год з подальшим повільним охолодженням (піч, повітря).

Перед нітроцементацією поверхня деталей має бути знежирена. З цією метою їх протирають бензином або роблять електрохімічне знежирення. Підготовку поверхні деталей з хромонікелевих аустенітних сталей можна здійснити травленням в 75 % розчині соляної кислоти при температурі 60 °С. Найкращі результати досягаються шляхом видалення окисної плівки безпосередньо в азотаційній печі.

Окисну плівку можна також видалити в печі шляхом подання в муфель чотирьохлористого вуглецю (CCl₄). Для цього аміак впродовж 2 год подається через рідкий чотирьохлористий вуглець.

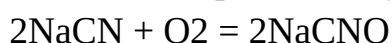
На ділянки, які необхідно оберегти від нітроцементзації наносять захисне покриття. Найбільш надійним є гальванічне лужіння, при якому отримують захисний шар товщиною 12...15 мкм. При нагріві до температури нітроцементзації олово розплавляється, але утримується на поверхні у вигляді тонкої плівки силами поверхневого натягнення. Щоб олово не затікало на нітроцементуєму поверхню, її заздалегідь піддають фосфатуванню.

Для нітроцементзації на невелику глибину використовують ванни складом:

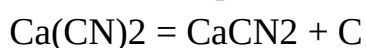
№1 NaCN 20-25%, NaCl 25-50%, Na₂CO₃ 25-50%, температура нітроцементзації 840-870 °С, тривалість процесу - 1 год;

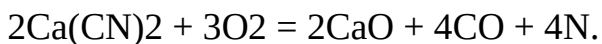
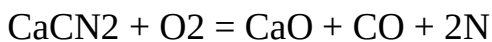
№2 цианплав ГИПХ 9%, NaCl 36%, CaCl₂ 55%.

Реакції, які протікають у ванні №1:



Реакції, які протікають у ванні №2:





Після нітроцементзації безпосередньо з ванни робиться гартування.

При нітроцементзації при 850-900 °С в ціаністих ваннах, що містять ціанплав, і при глибокій нітроцементзації при 900-950 °С в низькопроцентних ваннах з ціаністим натрієм і хлористим барієм сталь з поверхні насичується вуглецем приблизно до тієї ж концентрації, що і при цементзації, і лише трохи азотом. При нітроцементзації у ванні №1 сталь насичується вуглецем дещо менше, ніж при цементзації, а азотом в поверхневій зоні шару більше, ніж в інших ваннах.

3.5.2 Властивості нітроцементованої сталі

Нітроцементована конструкційна сталь завдяки присутності азоту більш зносостійка, ніж цементована.

Нітроцементация і ціанування істотно підвищують межу витривалості, причому нітроцементация більшою мірою, ніж ціанування, а у ряді випадків більшою мірою, ніж цементация.

При ціануванні неможливо регулювати концентрацію азоту і вуглецю в шарі. Тому в ціанованому шарі кількість залишкового аустеніту завжди більша, ніж в нітроцементованому.

У зв'язку з цим стискаюча напруга створюється в ціанованому шарі лише на деякій відстані від поверхні, що призводить до зниження межі витривалості сталі. Цим і пояснюється менша довговічність ціанованих деталей в порівнянні з нітроцементованими.

При ціануванні необхідно робити наклепання деталей дробом, що створює на поверхні (внаслідок перетворення залишкового аустеніту на мартенсит) високу напругу стискування. Втомні випробування зубів ціанованих зубчастих коліс на вигин з циклічним навантаженням показали, що наклепання дробом підвищує межу витривалості з 43 до 72 кГ/мм². Після наклепання дробом стійкість (до руйнування) ціанованих зубчастих коліс збільшилася з 9 до 140 год.

Сталь, піддана нітроцементзації і що має на поверхні тонкий карбонитридний шар (що буває не завжди), що не травиться, корродує повільніше неціанованої сталі. Наприклад, в 3% розчині кухарської солі

стійкість такої сталі проти корозії в 2 рази вище, ніж неціанованої. Корозійна стійкість нержавіючих сталей після нітроцементзації і ціанування знижується.

У випадку з нітроцементацією можна отримати задану концентрацію вуглецю в шарі; скорочується тривалість процесу, оскільки відпадає необхідність прогрівання ящиків, наповнених малотеплопровідним карбюризатором; забезпечується можливість повної механізації і автоматизації процесів і значно спрощується подальша термічна обробка деталей, оскільки гартування можна проводити безпосередньо в нітроцементацийній печі.

3.5.3 Контроль якості нітроцементзації

Після нітроцементзації деталь необхідно оглянути. Нітроцементована поверхня повинна мати однорідний матовий - сірий колір, має бути без світлих плям, лушення і тріщин. При перевірці на тріщини особливу увагу потрібно звертати на гострі кромки і ребра. При такому контролі допускається використання лупи з 10...15 - кратним збільшенням. Якщо до точності деталей пред'являються високі вимоги, то робиться контроль їх розмірів.

Глибина нітроцементованого шару перевіряється на зразках - "свідках", виготовлених із сталі тієї ж марки, що і деталі. У цехових умовах величину шару визначають по макрошліфах. Для цього торець зразка - "свідка" прошліфовують наждачним кругом на глибину 1...2 мм. При шліфовці від нагріву з'являються кольори побіжалості, які досить чітко відтіняють нітроцементований шар. Для точнішого виміру глибини шару виготовляють мікрошліф, який після поліровки травлять в 3...5% спиртовому розчині азотної кислоти. Потім на мікроскопі за допомогою окулярмікрометра вимірюють глибину шару.

Контроль твердості нітроцементованого шару робиться безпосередньо на деталях, а якщо розміри і форма деталі не дозволяють це зробити, то твердість перевіряється на зразках - "свідках". Якщо глибина нітроцементованого шару має бути не менше 0,4...0,5 мм, то твердість можна визначати на приладі Роквеллу за шкалою "А" при навантаженні 60 кгс. При меншій глибині шару щоб уникнути його продавлювання твердість вимірюють на приладі Супер - Роквеллу при навантаженні 15...30 кгс або на

приладі Веккерса - при навантаженні 5...10 кгс. Перевірка твердості на деталях робиться вибірково або на кожній деталі залежно від їх призначення і міри відповідальності.

При нітроцементзації найбільш відповідальних деталей в печах з камерою перекату усі деталі нумерують і розставляють в певному порядку. Зразки - "свідки" також нумерують і розташовують між деталями. Кожен зразок служить контрольним тільки для певної групи деталей, розташованих біля нього. Аналогічним чином при нітроцементзації в шахтних печах "свідки" розташовуються на різних рівнях на полицях і є контрольними по відношенню до деталей, розташованих на цій полиці.

3.5.4 Дефекти нітроцементзації і їх попередження

Деформація і зміна розмірів. По температурному режиму нітроцементация подібна до тривалого високого відпускання. Якщо попередня термічна обробка до нітроцементзації була проведена недостатньо ретельно, а саме: при відпусканні внаслідок малої витримки або зниженої температури не була усунена внутрішня напруга, то при нітроцементзації відбувається "довідпускання". Внутрішня напруга при цьому знімається, внаслідок чого деталь коробиться.

Крихкість і лущення. Крихкість нітроцементованого шару виникає при пересиченні його вуглецем. В результаті на поверхні деталі утворюється тонка кірочка, що складається з крихких карбідів. Крихкість такого роду частіше виникає при одноступінчатому циклі нітроцементзації з великою тривалістю процесу. Крихка кірочка може бути видалена. Для цього необхідно зішлифувати шар товщиною 0,01...0,05 мм. Поверхнева твердість при цьому не знижується.

Лущення поверхневого шару спостерігається переважно при нітроцементзації високохромистих сталей. Крупнозерниста структура сприяє лущенню. Іноді лущення проявляється у вигляді смуг уздовж напрямку плющення, що пов'язано з неоднорідністю структури перед азотуванням.

Знижена твердість шару. Можливі три причини появи такого дефекту: завищена температура процесу, що призводить до укрупнення нітриду і, отже, зниженню твердості. Крупнозерниста структура, при якій азот дифундує по межах зерен, а внутрішня частина зерен залишається

ненасиченою азотом, має знижену твердість. Зневуглецювання, що призводить до утворення ферритної структури, в якій нітрид завжди формується у вигляді великих часток, що не забезпечують високу твердість.

Плямиста твердість. Неоднорідна за величиною твердість в межах однієї деталі, викликається нерівномірністю величини зерна в сталі, недостатнім знежиренням при підготовці деталей і слабкою циркуляцією газів (найчастіше циркуляція буває недостатньою при нітроцементзації в глибоких шахтних печах).

Знижена глибина шару. Головні причини цього дефекту - знижена температура процесу і недостатній час витримки.

При нітроцементзації деталей з легованих сталей важливе значення має підготовка поверхні. Тонка окисна плівка, що з'являється на поверхні таких сталей, уповільнює нітроцементацію. Якщо окисну плівку перед процесом зішліфувати, то за період до початку нітроцементування знову може утворитися плівка, внаслідок чого глибина шару буде зниженою. Якщо ж для видалення окисної плівки в муфель вводиться хлористий амоній або чотирихлористий вуглець, то необхідно забезпечити інтенсивну циркуляцію газів, оскільки може статися місцеве роз'їдання поверхні деталей.

3.6 Ціанування

Під ціануванням розуміють ХТО, що складається з дифузійного насичення поверхневого шару сталі одночасно вуглецем і азотом при 820-950 °С в розплаві, що містить ціаністі солі. Ціанування використовують для підвищення поверхневої твердості, зносостійкості, межі витривалості при вигині і контактній витривалості. Структура після ціанування аналогічна тій, яка утворюється при високотемпературній нітроцементзації. З підвищенням температури вміст азоту в шарі знижується, а вміст вуглецю зростає, і за своїми властивостями шар наближається до цементованого.

Ціануванню піддаються деталі після остаточної механічної обробки або невеликими припусками на шліфування. Місця, що не підлягають ціануванню, піддають міднінню (18-25 мкм). Ціанований шар, отриманий при 820-860 °С, містить 0,7 % С і 0,4-0,5 % N. Ціанування при вказаних порівняно невисоких температурах дозволяє виконувати гартування безпосередньо з ціаністої ванни. Після загартування слідує

низькотемпературне відпускання (180-200 °C). Твердість ціанованого шару після термічної обробки ~HRC 58-62. Ціанований шар в порівнянні з цементованим, має більш високу зносостійкість і ефективно підвищує межу витривалості.

Опір зносу після ціанування в порівнянні з цементациєю зростає більш ніж в два рази. Проте, як і при цементациї, в ціанованому шарі можна спостерігати несприятливий розподіл залишкової напруги, що спричиняє за собою зниження межі витривалості.

Перевага ціанування - невелика тривалість процесу, малі деформації і викривлення складних деталей, високий опір зносу і корозії. Недоліки ціанування - трудність підтримки постійного складу ванни, великі втрати теплоти внаслідок випромінювання поверхні ванни, токсичність і висока вартість вживаних солей, а також неможливість регулювання вмісту вуглецю і азоту в шарі. Робота з отруйними солями, їх транспортування, зберігання, завантаження ванни, нейтралізації солей і т. д. вимагають особливих запобіжних заходів, що стало головною причиною порівняно невеликого поширення цього процесу в промисловості.

3.7 Сульфоціанування

Процес сульфоціанування проводять при температурі 560-580 °C в рідкій і газовій середовищах. У виробництві використовуються лише рідкі середовища. За кордоном цей процес здійснюється у ваннах, до складу яких входять отруйні ціаністі солі. При освоєнні процесу сульфоціанування на підприємствах вітчизняної промисловості спочатку також йшли по цьому шляху.

У ванни для сульфоцианирования вводяться наступні солі: 1) NaCN, NaCNO, KCN, KCNO, $K_4Fe(CN)_6$, що забезпечують ціанування; 2) NaCNS, KCNS, $Na_2S_2O_3$, Na_2SO_4 , Na_2S , що забезпечують ціанування і одночасно насичення сіркою або тільки насичення сіркою; 3) "нейтральних солі".

Солі, що містять сірку, не лише насичують метал сіркою, але також прискорюють утворення у ванні ціанату і сприяють збільшенню глибини дифузійного шару.

Сульфоціанований шар збагачений азотом, сіркою і вуглецем. Після сульфоціанування при температурі 570 °C і витримці 2 год вміст сірки в

поверхневому шарі товщиною 0,001 мм вище 5%, а азоту і вуглецю в шарі товщиною 0,005 мм відповідно більше 2,0 і більше 2,2%. Азот може проникати на глибину 0,6 мм, а сірка на глибину не більше 0,15-0,16 мм. Сульфіди заліза виявляються рентгеноструктурним аналізом на глибині не більше 0,03-0,04 мм від поверхні. Вуглець зосереджується в самій поверхневій зоні шару (очевидно, тільки в зоні карбонітридів, як і при низькотемпературному ціануванні).

Сульфоціанування дещо підвищує межі міцності і плинність сталі, значно підвищує межу її витривалості і трохи знижує відносне подовження і звуження.

Основні властивості, які отримує сталь після сульфоціанування, зберігаються навіть тоді, коли величина зносу перевищує глибину сульфоціанованого шару. При терті з великими навантаженнями в мікрооб'ємах металу створюються великі тиски і відбувається нагрів до високої температури поверхневого тонкого шару, що, ймовірно, сприяє дифузії сірки і, отже, безперервному переміщенню сульфоціанованого шару в глиб сталі. Це було багаторазово доведено, у тому числі за допомогою радіоактивної сірки.

3.8 Боросиліціювання

Хіміко-термічна обробка з одночасним або послідовним насиченням металів і сплавів кремнієм і бором; застосовується для підвищення зносостійкості, рідше жаростійкості і корозійної стійкості. Основні способи боросиліціювання: електроліз в розплаві $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ і Na_2SiO_3 , забезпечивши утворення в поверхневому шарі сталі бориду заліза (FeB , Fe_2B) і силіциду заліза FeSi ; боросиліціювання при 1000-1050 °C у порошкоподібній суміші, що складається з карбіду бору (84 %) і бура (16 %), до якої додається суміш кристалічного кремнію Si (95 %) і NH_4Cl (5 %), дифузійний шар складається з бориду FeB і Fe_2B і силіцидів FeSi і Fe_2Si .

Технічним результатом даного методу є поліпшення якості обробленої поверхні виробів, зниження крихкості покриття в 1,5-2 рази. Поверхневі шари на сталевих виробках після боросиліціювання набувають високої твердості, зносостійкості, жаро- і корозійної стійкості і особливих електромагнітних властивостей.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця; внаслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захащення заготовками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорохо-ватістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

2. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец. одягу.

3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя

4. Неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

5. Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

6. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

7. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.
8. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
9. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.
10. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.
11. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
12. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» -

підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ і ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001). Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового

захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше— 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями») в конструкторському бюро та інших робочих кімнатах, де співробітники застосовують персональні комп'ютери (ПК), площа на одне робоче місце становить не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (ПК, дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм. Робочий стілець

має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край - заокругленим. Обладнання і організація робочого місця працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проектуємій ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу ГОСТу 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности». Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміння надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

4.3 Вплив електричного струму на людину та методи захисту

Дія електричного струму на організм людини має декілька особливостей:

- несподіваність ураження, яка пов'язана із відсутністю у людини органів чуття (рецепторів), за допомогою яких можна виявити напругу на відстані;
- можливість дистанційної дії, що проявляється в ураженні людини через електричну дугу, або крокову напругу;
- рефлекторна дія через центральну нервову систему, яка призводить до порушення роботи серця і легенів.

Електричний струм, проходячи через організм людини спричиняє термічну, електролітичну та біологічну дію.

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи із неї, що викликає опіки, обуглювання тканин та їх розриви парою. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору його проходженню та часу проходження.

Електролітична дія струму проявляється в електролізі крові та плазми, що призводить до зміни їхніх фізико-хімічних та біохімічних властивостей.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збудженні тканин організму. Збудження тканин внаслідок прямої (контактної) дії струму може проявлятися у вигляді мимовільного, непередбачуваного скорочення м'язів. Непряма дія струму (рефлекторна) відбувається через центральну нервову систему, до якої надходять імпульси від збуджених під дією електричного струму рецепторів. Центральна нервова система опрацьовує інформацію і надсилає відповідні імпульси до систем організму щодо нормалізації процесів життєдіяльності у відповідних тканинах та органах. Якщо кількість імпульсів, що надходить від збуджених рецепторів занадто велика настає перевантаження інформацією центральної нервової системи внаслідок чого вона може видавати недоцільну команду, що може призвести до серйозних порушень діяльності серця та легенів, навіть якщо ці органи і не знаходяться на шляху проходження струму [5].

Ураження електричним струмом поділяються на місцеві – електричні травми та загальні – електричні удари.

Електричні травми – це місцеві ураження, серед яких розрізняють: електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електрофтальмія, механічні пошкодження.

Електричний опік в залежності від умов виникнення може бути контактним і дуговим. Контактні струмові опіки мають місце в електроустановках напругою до 1000 В, вони виникають в місцях контакту людини із струмоведучими неізольованими елементами електроустановок. В місцях контакту виділяється значна кількість тепла за рахунок великої густини струму та підвищеного опору, який створює шкіра людини. Тяжкість ураження за таких умов залежить від величини струму, часу його дії та опору людини. Дугові опіки мають місце в установках, напругою більше 1000 В і, як правило, більш тяжкі (III або IV ступеня). В електроустановках напругою 6...10 кВ дугові опіки є результатом випадкових коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках. Електрична дуга виникає між елементами електроустановки, тому струм через тіло людини в даному випадку не проходить і небезпека обумовлюється тепловою дією струму.

Електричні знаки – це різко окреслені плями сірого або блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту з струмоведучими елементами. Зазвичай знаки мають круглу, овальну форму або форму струмоведучого елемента, до якого доторкнулась людина, розмірами до 10 мм з поглибленням у центрі, а іноді – форму мікроблискавки. Особливого болювого відчуття електричні знаки не спричиняють і з часом безслідно зникають.

Металізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги. На ураженій ділянці тіла при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній часток металу. В більшості випадків одночасно із металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

Електрофтальмія – запалення поверхневих слизових оболонок очей в результаті дії ультрафіолетових променів, які утворюються електричною дугою. Електрофтальмія розвивається через 2 – 6 годин після опромінення і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, слъозоточінні, гнійних виділеннях, світлоболях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

Механічні ушкодження спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. В результаті таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожилів, шкіри, кровоносних судин, нервових клітин, вивихи суглобів, переломи кісток.

Загальні електричні травми або електричні удари – це порушення діяльності життєво важливих органів або всього організму людини як наслідок збудження живих клітин організму електричним струмом, яке супроводжується судомним скороченням м'язів. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні. В залежності від наслідків ураження розрізняють 4 групи електричних ударів.

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист людей від небезпечної і шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, статичної електрики. Вимоги електробезпеки викладено в ГОСТ 12.1.019-79 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту»

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику;
- застосування електроенергії з безпечними величинами напруги;
- усунення небезпеки ураження людей струмом у разі появи напруги на частинах конструкцій електроустаткування;
- застосування індивідуальних захисних засобів від ураження електричним струмом [6].

Недоступність розташування струмопровідних частин досягається розміщенням їх на висоті, під підлогою чи приховано в стінах. Незахищені струмопровідні частини, до яких можливий дотик людей, надійно огорожують у всіх випадках, якщо напруга перевищує:

- 65 В – в приміщеннях без підвищеної небезпеки;
- 42 В – в приміщеннях з підвищеною небезпекою;
- 12 В – в приміщеннях особливо небезпечних.

Застосування малих напруг – дуже ефективний захист від ураження електричним струмом. Для живлення кіл управління технологічним обладнанням, встановленим в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях з підвищеною небезпекою; кіл управління пересувного устаткування і для живлення ручного інструменту використовують напругу не вище 42 В. На шафах і пультах управління обладнанням розміщують штепсельні розетки з напругою не вище 12.

Захисне заземлення – свідоме електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих частин електроустаткування. Вимоги до захисного заземлення викладено в ГОСТ 12.1.030-81 «ССБП. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення». Зміни 1987.

Дотик до незахищеного корпусу, який виявився під напругою, рівнозначний однофазному ввімкненню людини в електричну мережу. Мета заземлення – понизити до безпечної величини напругу відносно землі на металевих частинах електроустаткування, які випадково виявилися під напругою, і цим усунути небезпеку ураження людей електричним струмом. В установках напругою до 1000 В опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом (з потужністю джерела струму 100 кВА і менше опір заземлення допускається не більше 10 Ом). Оскільки опір заземлення значно менший за опір тіла людини (1000 Ом), то у випадку її дотику до пошкодженого електроустаткування найбільший за величиною струм пройде через заземлюючий пристрій. Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювачів – металевих провідників, які з'єднані з

землею, і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлювані частини електроустаткування з заземлювачами. Заземлювачі бувають штучні та природні.

Занулення – свідоме електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть виявитися під напругою. Занулення повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.030-81. У електричних мережах розрізняють нульовий захисний (NЗ) і нульовий робочий (NP) провідники. Нульовий захисний провідник служить для з'єднання занулюваних частин устаткування з глухо заземленою нейтраллю джерела струму; нульовий робочий провідник – для підключення до основної мережі напругою 380 В освітлювальних приладів, машин і електроапаратів, які працюють за фазової напруги (220 В). Мета занулення – перетворити витік струму на корпус в однофазне коротке замикання між фазовим і нульовим заземленням, коли пошкоджене устаткування автоматично вимикається від мережі, яка його живить. Для захисту від струмів короткого замикання можуть використовуватися плавкі запобіжники чи автоматичні вимикачі з часом спрацьовування відповідно 5,7 і 1,2 с.

Захисне вимкнення – швидкодійний захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустаткування, коли в ньому виникає небезпека ураження струмом. Така небезпека може виникнути у випадку:

- замикання фази на корпус електроустаткування,
- пониження опору ізоляції фаз відносно землі,
- появи в мережі більш високої напруги,
- торкання людини до струмопровідних частин.

У цих випадках у мережі змінюються деякі електричні параметри (напруга, струм, опір), що може бути імпульсом, який викликає спрацьовування захисту – відключення пристрою.

Блокування застосовується в електроустановках напругою вище 220 В, в яких часто ведуться роботи на струмоведучих частинах, що

огороджуються. Блокування забезпечує зняття напруги із струмоведучої частини і електроустановки під час проникнення до них без зняття напруги.

Часто використовується звукова та світлова сигналізація, надписи, плакати та інші засоби інформації, що попереджують про небезпеку.

За призначенням електрозахисні засоби поділяються на ізолюючі (діелектричні рукавиці, боти, калоші, килимки, ізольовані підставки, інструмент з ізолюючими ручками, ізолюючі штанги, кліщі тощо), огорожувальні (переносні огороження, заземлення тощо) та запобіжні (пояси, захисні окуляри, каски, спеціальні рукавиці). Засоби індивідуального електрозахисту є захисні костюми, взуття і рукавиці [5].

4.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ.Общесанитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на ділянці належать до категорії Па –робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;
- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають

вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966.Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

4.5 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії та механічної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих

матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок (вестати), що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною безпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями.

Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на дільниці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

4.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Прогнозування обстановки у вогнищах ураження.

Планування і підготовка до майбутнього проведення РІНР неможливі без прогнозування (передбачення) обстановки, яка може скластися в можливих вогнищах ураження. Безупинний розвиток засобів ураження і поглядів на їхнє застосування вимагає систематичної роботи з

удосконалювання методики прогнозування обстановки і подальшого коректування відповідних розділів планів ЦЗ.

Прогнозування й оцінка обстановки можуть здійснюватися як до нападу, так і за попередніми даними про результати фактичного застосування супротивником ЗМУ із наступним їх уточненням даними розвідки.

До нападу супротивника прогнозування проводиться на основі вихідних даних, які характеризують вражаючі фактори сучасної зброї, місцеві умови і можливості, що впливають на виконання завдань ЦЗ, а саме: фізико-географічні, метеорологічні, санітарно-епідемічні умови; наявність людських і матеріальних ресурсів; стан транспорту, зв'язку; характер забудови міст та інших населених пунктів; стан ЦЗ (забезпеченість захисними спорудами і ЗІЗ, підготовка заміської зони; впровадження «Норм проектування інженерно-технічних заходів ЦЗ», наявні сили і засоби); наявність ОНГ, при ушкодженні чи руйнуванні яких можуть утворитися вторинні вогнища ураження в результаті вибухів, пожеж, затоплення місцевості і поширення на ній СДОР та ін.

Особлива увага при прогнозуванні й оцінці обстановки приділяється захисту категорійованих міст і об'єктів народного господарства: визначаються ймовірні вогнища ураження, зони руйнувань, катастрофічних затоплень і РЗ, можливі втрати серед населення, сил і засобів ЦЗ. Також прогнозуються ступінь виходу з ладу транспорту, промислових і житлових будинків та споруд, комунально-енергетичних мереж і паливних систем, засобів зв'язку й інших систем, що забезпечують у цілому життєдіяльність міста, району, області, і очікуваний характер та обсяг робіт. На підставі прогнозу здійснюється розрахунок сил і засобів ЦЗ, необхідних для проведення РІНР.

Після нападу супротивника на основі початкових даних про параметри ядерних вибухів, характер і масштаб застосування інших видів ЗМУ також здійснюється прогнозування можливої обстановки, яка проводиться для вживання необхідних заходів захисту, для оцінки можливих втрат о. с.

формувань ЦЗ, військ і населення, оцінки обсягу робіт з ліквідації наслідків нападу і для прийняття (уточнення) оптимального рішення на проведення РІНР. При цьому у вогнищах ядерного ураження (ВЯУ) оцінюється і пожежна обстановка, що необхідно для визначення обсягів і термінів виконання протипожежних заходів при проведенні РІНР, заходів щодо відновлення джерел пожежного водопостачання, а також для уточнення розрахунку сил і засобів та рішення на їх використання. Вихідними даними для прогнозування й оцінки пожежної обстановки, крім параметрів ядерного вибуху, можуть бути швидкість і напрямок середнього і приземного вітру та інші матеріали попередньої оцінки.

Прогнозування можливої радіаційної обстановки проводиться з метою визначення масштабів і характеру РЗ місцевості, розробки і здійснення заходів, які виключають чи зменшують втрати від нього. Результати прогнозування є орієнтовними і слугують вихідними даними для організації радіаційної розвідки, захисту населення, сільськогосподарських тварин і рослин, використання транспортних магістралей в умовах зараження і т.д.

Радіаційна обстановка після застосування ЯЗ оцінюється за даними прогнозування, розвідки і дозиметричного контролю. При її оцінці визначаються зони РЗ місцевості, розраховуються дози радіації, які можуть одержати люди протягом того чи іншого часу перебування в зонах зараження і при їх проходженні, визначаються час початку роботи і кількість змін для проведення рятувальних робіт у вогнищі ураження, режими роботи ОГ і режими захисту населення в умовах РЗ. Результати оцінки дозволяють вибрати найбільш прийнятні способи дій сил ЦЗ у вогнищах ураження і намітити заходи щодо їх захисту. Дані про радіаційну обстановку потім уточнюються за даними повітряної, морської (річкової) розвідки й установ мережі спостереження і лабораторного контролю.

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні

хімічнонебезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними).

Вихідними даними для прогнозування обстановки в ОХП є: засоби, способи і райони застосування супротивником хімічної зброї; типи застосованих ОР (або розливої СДОР); час застосування хімічної зброї і метеорологічні умови в приземному шарі повітря. Необхідно визначити розміри районів і глибину поширення зараженого повітря, стійкість ОР й оцінити можливі втрати населення.

Застосування супротивником біологічної зброї може створити різні за розмірами вогнища біологічного ураження (ВБУ). Характер вогнища, його масштаби і тривалість дії біологічних засобів залежать від виду і способу застосування збудника, метеорологічних умов і своєчасності проведення організаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. При масованому аерозольному способі застосування і сприятливих для поширення бак-терій метеорологічних умовах може бути заражена територія в сотні і навіть тисячі квадратних кілометрів.

Прогнозуючи обстановку, необхідно визначити можливі розміри зон біологічного зараження, вид збудника, спосіб його застосування і стійкість бактеріальних рецептур, очікувані первинні втрати населення з урахуванням його густоти і забезпеченості засобами захисту, характер зараженості ОГ, майна і технічних засобів, ймовірні вторинні втрати населення в результаті передачі інфекцій від хворих до здорових. Для розрахунку можливих втрат населення необхідно знати: площу зараження; кількість людей, які перебувають на ній; забезпеченість їх захисними спорудами, ЗІЗ і медичними засобами захисту. При раптовому застосуванні біологічних засобів може бути заражене аерозолями до 50-60% загальної чисельності населення; якщо люди будуть завчасно сповіщені і встигнуть вжити елементарних заходів захисту, втрати становитимуть не більше 15%.

Прогнозування зон можливого катастрофічного затоплення з визначенням їхніх меж, глибини й інших параметрів здійснюється

розрахунковим шляхом на основі відповідних методик. Прогнозування зон затоплення після нападу супротивника здійснюється виходячи з характеру фактичних руйнувань чи ушкоджень напірного фронту гідротехнічних споруд і рівня заповнення водоймищ до моменту нападу.

Результати будь-якого прогнозування є наближеними і використовуються органами управління ІДО для аналізу та попередньої оцінки обстановки. Проте якісне прогнозування забезпечує не тільки правильну організацію й успішне проведення рятувальних робіт у вогнищах ураження, а й дає можливість зменшити імовірність утворення таких вогнищ шляхом своєчасного оповіщення населення й укриття чи евакуації його із зон радіоактивного, хімічного і біологічного зараження [18].

Висновки

Необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з проблем охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників.

До них можна віднести недоліки в організації праці, порушення трудової і технологічної дисципліни, недостатню навченість персоналу, відсутність нагляду й контролю за безпечним виконанням робіт і дотриманням норм законодавчої бази.

Формування у майбутніх фахівців знань щодо стану й проблем охорони праці, вироблення вмінь та навичок в сфері управління потенційними небезпеками, охороною праці, пожежною безпекою дасть можливість зменшити травматизм та зберегти здоров'я працюючих.

ВИСНОВОК

В ході дипломного проекту було проведено удосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі колесо зубчасте. Були запропоновані нові методи отримання заготовок, які дозволили отримати економію на вартості матеріалу. Спроектован маршрут виготовлення деталі, ділянка механічного цеху, РТК на токарну операцію. Розраховані режими різання і припуски на механічну обробку. У конструкторській частині запропоноване фрезерне пристосування з пневмоциліндром та універсальне контрольне пристосування. Запропоновано підвищення зносостійкості деталі за допомогою хіміко-термічної обробки.

При виконанні розділу охорона праці, був виконан аналіз потенційних небезпек під час технологічного процесу, вивчені заходи по забезпеченню безпеки, зробили аналіз впливу електричного струму на людину і розібрали методи захисту від нього.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д.. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.
2. Додатки до методичних вказівок “Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки” для виконання курсових і дипломних проектів з технології машинобудування, авіаційних двигунів та енергетичних установок. – Запоріжжя: ЗНТУ, 1996.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 656 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 696 с.
5. Програма, методичні вказівки з вивчення дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок та контрольні завдання для студентів спеціальностей 8.090 202 Технологія машинобудування; 8.090 203 Металорізальні верстати і системи; 8.090 101 Прикладне матеріалознавство; 7.090 260 Технологія будування авіаційних двигунів заочної форми навчання./ Укл. В.М. Плескач - Запоріжжя: ЗНТУ, 2004.- 43 с.
6. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1983 – 256 с.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2. Техническое нормирование станочных работ. Под ред. Е.И. Стружестраха – М.: МАШГИЗ, 1961 – 892 с.
8. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов. Станочные приспособления. Монография. – г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2000 – 461 с.
9. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие/И.Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев; - Рыбинск : РГАТА, 2010. - 220 с. ил.

10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 3 – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. - М.: Машиностроение, 2001. - 864 с.

11. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время/Под ред. Г.П. Демиденко - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. - 232 с.

ДОДАТОК А

Керуюча програма в коді ISO 7 bit для операції 100 Токарна з ЧПК

%

N901T0100

N801G0U-84000W-83000

N3M98P2000

N4G61G90

N5G0G94X51840Z89160S200T0101M4

N6G1Z23580F600M8

N7G95X49840Z22580F20

N8Z20350F5

N9X50840F15

N10G95G75X66800I500F15

N11G1G95X49840Z20350F20

N12Z19100F5

N13X50840F15

N14G95G75X66800I500F15

N15G1G95X49840Z19100F20

N16Z17850F5

N17X50840F15

N18G95G75X66800I500F15

N19G1G95X49840Z17850F20

N20Z16600F5

N21X50840F15

N22G95G75X66800I500F15

N23G1G95X49840Z16600F20

N24Z15350F5

N25X50840F15
N26G95G75X66800I500F15
N27G1G95X49840Z15350F20
N28Z14100F5
N29X50840F15
N30G95G75X65200I500F15
N31G1G94X50840Z14600F50
N32X64200F350
N33G95X65200Z14100F20
N34G2X66800Z14900K800F10
N35G1G94X65800Z15400F50
N36Z22580F400
N37X66800F50
N38G95Z14900F20
N39G94X65800Z15400F50
N40G0Z89160M9
N41G28G91X20000Z10000T0100M5
N42M1
N902T0300
N802G0U-5000W-122500
N45M98P2000
N46G61G90
N47G0G94X48840Z89160S200T0302M4
N48G1Z29079F600M8
N49G95X44660Z28519F5
N50Z28019F15
N51G95G74Z22080K500F15
N52G1G95X44660Z28519F20
N53X42260Z28197F5
N54Z27697F15

N55G95G74Z22080K500F15
N56G1G95X42260Z28197F20
N57X39860Z27875F5
N58Z27375F15
N59G95G74Z22080K500F15
N60G1G95X39860Z27875F20
N61X37460Z27553F5
N62Z27053F15
N63G95G74Z22080K500F15
N64G1G95X37460Z27553F20
N65X35060Z27231F5
N66Z26731F15
N67G95G74Z22080K500F15
N68G1G95X35060Z27231F20
N69X32660Z26909F5
N70Z26409F15
N71G95G74Z22080K500F15
N72G1G95X32660Z26909F20
N73X32188Z26846F5
N74G2X30260Z25590I336K-1256
N75G1Z25090F15
N76G95G74Z22080K500F15
N77G1G94X48840Z25090F350
N78G0Z89160M9
N79G28G91X20000Z10000T0300M5
N80M1
N903T0500
N803G0U-4000W-112000
N83M98P2000
N84G61G90

N85G0G94X47840Z89160S200T0503M4

N86G1Z22580F600M8

N87G95X43660F25

N88G95G74Z13100K500F15

N89G1G95X43660Z21580F30

N90X41260F25

N91G95G74Z13100K500F15

N92G1G95X38860Z21580F25

N93G95G74Z13100K500F15

N94G1G95X36460Z21580F25

N95G95G74Z13100K500F15

N96G1G95X34060Z21580F25

N97G95G74Z13100K500F15

N98G1G95X31660Z21580F25

N99G95G74Z13300K500F15

N100G1G95X29260Z21580F25

N101G95G74Z14900K500F15

N102G1G94X30260Z21580F50

N103Z15400F350

N104G95X29260Z14900F25

N105G2X32860Z13100I1800F15

N106G1X47840

N107G0Z89160M9

N108G28G91X20000Z10000T0500M5

N109M1

N904T0700

N804G0U-84000W-83000

N112M98P2000

N113G61G90

N114G0G94X73120Z89160S400T0704M4

N115G1Z22580F600M8
N116G95X67200Z19620F10
N117Z14900F15
N118G3X65200Z13900I-1000
N119G1X49840
N120G0Z89160M9
N121G28G91X20000Z10000T0700M5
N122M1
N905T0900
N805G0U-5000W-122500
N125M98P2000
N126G61G90
N127G0G94X48840Z89160S400T0905M4
N128G1Z29284F600M8
N129G95X32084Z27039F10
N130G2X29860Z25590I388K-1449
N131G1Z22080F15
N132G94X48840F350
N133G0Z89160M9
N134G28G91X20000Z10000T0900M5
N9999M30
N2000G92X000000Z000000
N3000M99
%