

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня В.091.20.06"
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ІМ.23.07.ІЗ

Виконав студент 3 курсу група ІМТс-20-2
Шифр


Підпис

Дмитро БАГІНСЬКИЙ
Ім'я, прізвище

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


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Дата « 25 » 06 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Багінський Дмитро Олександрович на захист дипломного проєкту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня В.091.20.06" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету Олександр Арешко

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Багінський Д. О. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 3,12 %, добре 21,88 %, задовільно 75,00 %, шкалою ЕКТС: А 2,70 %, В 0,00 %, С 21,62 %, D 21,62 %, E 54,05 %.

Методист факультету Олександр Арешко

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Дмитро Багінський вчасно присутив до виконання дипломної роботи та систематично працював над її виконанням. Він зосередив зусилля зрумовані ретельно з механікою машинобудування та більше вивчави іракційні дані. Вивча виконав відповідно до завдань, в певному обсязі та замірує оцінку

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту Віталій Іванчук

26 06 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Багінський Д. О. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри Технології машинобудування

Віталій Іванчук

26 06 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу Дмитра БАГІНСЬКОГО
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі вал-шестерня В.091.20.06 з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломна робота має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав (економічно обгрунтувавши) метод отримання заготовки - поковка, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення штока з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено конструкцію пристрою для фрезерування зубчастого вінця деталі на зубофрезерному верстаті та контрольній пристрій – калібр-скобу.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

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

Рецензент: Білик Ю. С. п.п., доцент кафедри механічного виробництва та аеромеханіки

«26» «06» 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня В.091.20.06"

Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Назва

Освітня програма «технології машинобудування»

Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.07.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-20-2

Шифр

Підпис

Дмитро БАГІНСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент

Науковий ступінь, звання

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

Підпис

Сергій БИСЬ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування

Назва

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « » 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

Віталій ТКАЧУК

_____._____.2023

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Багінському Дмитру Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Вал-шестерня В.091.20.06» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Ткачук Віталій Павлович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 1 березня 2023 р. № 5

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі вал-шестерня В.091.20.06 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску тис.

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

Вступ

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

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А2)

Зміст

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Завдання	7
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	11
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	11
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	13
2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	20
2.4 Розрахунок режимів різання	32
2.5 Технічне нормування операцій	35
2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	37
2.7 Оформлення технологічної документації	38
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Проектування робочого пристосування	39
3.2 Метрологічне забезпечення технологічного процесу	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
ВИСНОВКИ	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	47

Вступ

Сучасні темпи науково-технічного прогресу викликають істотні зміни у сфері виробництва всіх галузей промисловості, де постійно вдосконалюються та оновлюються зразки продукції. У зв'язку з цим зростає необхідність систематичної перебудови виробництва на значне збільшення обсягів продукції, що випускається в умовах одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва. Поряд із вирішенням проблем автоматизації велике значення набувають завдання забезпечення гнучкості виробничих систем, здатних швидко перебудовуватися на випуск нової продукції.

При розробці технологічних процесів обробки деталей на автоматизованих ділянках необхідно вирішувати такі завдання:

- підвищення технологічності деталей;
- підвищення точності та якості заготовок; забезпечення стабільності припуску; вдосконалення існуючих та створення нових методів одержання заготовок, що знижують їх вартість та витрата металу;
- підвищення ступеня концентрації операцій і пов'язане з цим ускладнення структур технологічних систем машин;
- розвиток прогресивних технологічних процесів і структурно-компонувальних схем обладнання, розробка нових типів і конструкцій ріжучого інструменту і пристосувань, що забезпечують високу продуктивність і якість обробки;
- розвиток агрегатного і модульного принципу створення верстатних систем, завантажувальних і транспортних пристроїв, промислових роботів, систем управління.

На базовому виробництві (ДП КАЗ) для виготовлення деталей в якості основного обладнання використовуються універсальні верстати з елементарним налаштуванням. Обладнання розташовується групами з утворенням ділянок. Технологічні процеси побудовані за принципом диференціації операцій.

Механізація та автоматизація технологічних процесів механічної обробки передбачає максимальне скорочення ручної праці, пов'язаної з

транспортуванням, завантаженням, вивантаженням та обробкою деталей, зміну та налаштування інструментів, а також роботи зі збору та переробки стружки.

У такому виробництві людина частково звільняється від безпосередньої участі у виготовленні виробу. За нею залишаються функції підготовки оснастки, налагодження, програмування, обслуговування обчислювальної техніки. Збільшується частка розумової і зводиться до мінімуму частка фізичної праці. Скорочується чисельність робітників. Підвищуються вимоги до кваліфікації працівників, які обслуговують автоматизоване виробництво.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Вал-шестерня В.091.20.06 входить у складальний вузол циліндричного редуктора.

Матеріал деталі має такі властивості:

- межа міцності при розтягуванні (тимчасовий опір) $\sigma_{\text{ТМ}} = 830$ МПа;
- відносне подовження $\delta_5 = 12\%$
- твердість 303НВ.

Цементація: 920-950 °С. Загартування 800-820°С, олія. Відпустка 160-200 °С, повітря.

Призначення: шестерні, вали, черв'яки, кулачкові муфти, поршневі пальці та інші деталі, до яких пред'являються вимоги високої міцності, пластичності і в'язкості серцевини та високої поверхневої твердості, що працюють під дією ударних навантажень і при негативних температурах.

Деталь входить у складальний вузол циліндричного редуктора.

Основними поверхнями деталі є: циліндричні поверхні $\varnothing 40h9_{-0.062}$; $\varnothing 40js6_{\pm 0,008}$; зубчаста поверхня $\varnothing 57,5_{-0,06}$.

Поверхні НЦП₁, НЦП₄ і НЦП₅ служать для установки підшипників, поверхня НЗП₁ служить для передачі обертального руху з валу на вал шляхом зачеплення, поверхня ШП₁ служить для передачі обертального руху на фланець.

Вал-шестерня відноситься до деталей типу тіл обертання, а саме – вал (рис.1.1). Її основними поверхнями є зовнішні циліндричні та зубчасті поверхні, торцеві поверхні, тобто ті поверхні, які визначають конфігурацію деталі та основні технологічні завдання щодо її виготовлення. До неосновних поверхонь віднесемо фаски, канавки. Класифікація основних оброблюваних поверхонь представлена в таблиці 1.1.

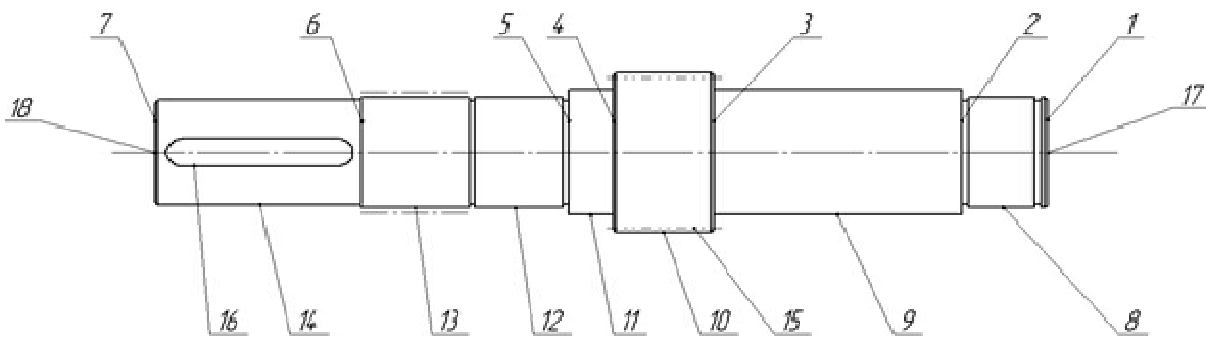


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Таблиця 1.1 – Класифікація поверхонь

№ п/п	Виконавчий розмір	Задані параметри		
		<i>Ra, мкм</i>	<i>T_ф, мкм</i>	<i>T_{рас}, мкм</i>
1,6	НТП ІТyc9, l _y =40	3,2	-	-
2,5	НТП ІТyc9, l _y =45	3,2	-	-
3,4	НТП, ІТyc9, l _y =57,5	3,2	-	-
7	НТП, ІТyc9, l _y =38	3,2	-	-
8,12	НЦП $\varnothing 40_{+0,008}$	0,8	-	-
9,11	НЦП $\varnothing 45_{-0,82}$	3,2	-	-
10	НЦП $57,5_{-0,06}$	1,6	-	0,04
15	НЗП $\varnothing 45,75_{-0,016}$	0,8	-	-
13	НЦП $\varnothing 40_{+0,008}$	0,4	-	0,02
14	НЦП $\varnothing 38_{-0,016}$	0,8	-	0,02
16	ШП $10_{-0,065}^{-0,015}$	3,2	0,03	-
17,18	Ц ₀	3,2	-	-

Характерними особливостями обробки даної деталі є такі:

- застосування токарних і шліфувальних верстатів з ЧПУ в якості основної групи обладнання;
- обробка проводиться під час встановлення у центрах;
- основними методами обробки є точіння та шліфування зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь, нарізування зубів, фрезерування шпонкових пазів;
- підготовка баз (підрізання торців та центрування отворів) для даного типу виробництва доцільно провести на токарному верстаті.
- високі вимоги до шорсткості вимагають застосування оздоблювальних методів обробки – полірування.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Вихідні дані визначення типу виробництва:

а) обсяг випуску деталей на рік: $N = 2000$ шт/рік;

б) відсоток запасних частин: $\beta = 3\%$;

в) відсоток неминучих технологічних втрат $\alpha = 3\%$;

г) загальний обсяг випуску деталей на рік:

$$Q_r = N \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) = 2000 \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right) = 2122 \text{ шт/год} \quad (1.1)$$

д) маса деталі: $m = 3,1$ кг.

Тип виробництва визначається орієнтовно за таблицею 1.2.

Таблиця 1.2 – Організація виробництва за масою та обсягом випуску продукції

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Е	М _с	С	Кс	М
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<1,0	<10	10-2000	2000-75000	75000-200000	>200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Відповідно до таблиці обробка деталей буде проводитися в умовах середньосерійного виробництва з наближенням до дрібносерійного.

Для серійного виробництва характерне застосування спеціалізованого обладнання, а також верстатів з числовим програмним управлінням та автоматизованих ліній та ділянок на їх основі. Пристосування, різальний та міряльний інструмент можуть бути як спеціалізованими, так і універсальними. Науково-методичною основою організації серійного виробництва є впровадження групової технології з урахуванням конструкторської та технологічної уніфікації. Розстановка обладнання, як правило, – по ходу технологічного процесу. Як засоби міжопераційного транспортування застосовуються автоматичні візки.

У серійному виробництві кількість деталей у партії для одночасного запуску, допускається визначати спрощеним способом:

$$n = \frac{Q_r a}{F} \quad (1.2)$$

де Q_r – річна програма випуску деталей, шт;

a – число днів, на яке необхідно мати запас деталей (періодичність запуску – випуску, відповідна до потреб складання);

F – кількість робочих днів у році.

$$n = \frac{2122 \cdot 6}{253} = 50 \text{ шт.}$$

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Метод отримання заготовки деталі визначається її конструкцією, призначенням, матеріалом, технічними вимогами до виготовлення та його економічністю, а також обсягом випуску.

Метод отримання заготовки, її вигляд і точність безпосередньо визначають точність механічної обробки.

Вибір способу отримання заготовки базувався на аналізі можливих способів отримання, реалізація яких може сприяти поліпшенню техніко-економічних показників, тобто досягненню максимальної ефективності при забезпеченні необхідної якості продукції.

Прокат застосовується для певного класу простих деталей, таких як дрібні валики, деталі кріплення, ролики. Характерно для масового та великосерійного виробництва.

Для деталей, що працюють на згинання, розтягування, кручення, використовують заготовки типу поковок і штампувань.

Поковки можуть бути отримані вільним куванням, яке застосовується для великих деталей, припуски коливаються від 12 до 70 мм. При обробці потрібно обдирання. Обладнання: пароповітряні молоти, гідравлічні преси. Характерно для одиничного виробництва.

До технологічних процесів маловідходного виробництва заготовок належать: отримання точних гарячештампованих заготовок з мінімальними відходами в облий, виготовлення заготовок холодною об'ємною штампуванням або з підігрівом.

Штампування більш продуктивний процес. Заготовка застосовує форму ближчу до форми деталі. Здійснюється у штампі. Обладнання - кривошипні преси, горизонтально-кувальні машини. Точність 15 квалітет і грубіше. Характерно для серійного та масового виробництва.

Прогресивним способом отримання штампувань є холодне видавлювання. Для холодного видавлювання заготовок застосовують гідравлічні преси, які дозволяють автоматизувати процес. Встановлення максимального зусилля в будь-якій точці ходу повзуна на гідравлічних пресах дозволяє штампувати деталі великої довжини.

Багато штампування отримувати на ГKM, де можна формувати заготовки масою до 100 кг (ступінчасті вали, вали шестерень, фланці). Розмірна точність сталевих поковок може досягати 12-14 квалітету, параметр шорсткості поверхні Ra12,5-Ra25.

Заготовку валу можна отримати за допомогою технологічного процесу поперечно-клинової прокатки, що забезпечує різке скорочення витрати металу та підвищення продуктивності. Даний спосіб дає конфігурацію заготовки найбільш наближену до конфігурації деталі, найбільш високу точність та найкращу якість поверхні. Розмірна точність сталевих поковок може досягати 11-12 квалітету, параметр шорсткості Ra3,2-Ra1,6.

Отримані поковки піддають попередньої термічної обробки.

Метою термічної обробки є:

- усунення негативних наслідків нагріву та обробки тиском (зняття залишкових напруг, випаровування перегріву);
- поліпшення оброблюваності матеріалу заготовки різанням;
- підготовка структури металу до остаточної ТО.

Після ТО поковки надходять на очищення поверхні. Ескіз заготовки представлений у графічній частині дипломного проекту.

Заготовку можна отримати штампуванням у закритих штампах. Застосовується для деталей простої форми переважно тіл обертання з пониженою пластичністю.

Як один з варіантів отримання заготовки приймемо виготовлення поковок поперечно-клиновою прокаткою. Цей спосіб дозволяє отримувати штампування, більш близькі до готової деталі за формою і точністю розмірів, ніж штампування одержувані іншими способами. У нашому випадку, при необхідності

виготовлення високоточної деталі, мінімальна шорсткість поверхонь якої дорівнює Ra3,2, отримання заготовки поперечно-клиновою прокаткою дозволить значно зменшити лезову обробку, скоротити витрату металу і верстатоемність обробки.

2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні Загальні допуски згідно з ДСТУ 2497-94.1: H14, h14, +t/2.

Всі номінальні розміри прийняті з рядів переважаючого застосування (Ra5, Ra20, Ra40). Розміри 155; 31,8; 133; 24,7; Ø37,5; Ø57,5;302 прийняті з додаткового ряду Ra80. Розміри $70^{+0,4}$, $140^{+0,93}$, $155^{+0,1}$, $31,8^{+0,34}$, $302^{-1,35}$, $Ø37,5^{-0,3}$, $3^{-0,25}$, $Ø45^{-0,82}$, $Ø57,5^{-0,06}$, $133^{-0,33}$, $24,7^{+0,28}$ мають нестандартні допуски, які необхідно замінити на стандартні за ДСТУ 25347-92: $70_{\pm 0,06}$; $140_{\pm 0,08}$; $155_{\pm 0,08}$; $31,8_{\pm 0,05}$; $302^{-0,52}$; $Ø37,5^{-0,25}$, $3_{\pm 0,02}$; $Ø45^{-0,62}$; $Ø57,5^{-0,03}$; $133^{-0,1}$; $24,7_{\pm 0,042}$.

На ширину паза шпонки під сегментну шпонку задано нестандартне поле допуску $10_{-0,065}^{-0,015}$. Призначити стандартне поле допуску згідно з ДСТУ 24071-97: 10P9 ($_{-0,051}^{-0,015}$), а також змінити допуск на глибину паза шпонки: $5^{+0,2}$.

Таблиця 2.1 – Відповідність вимог до форми та шорсткості

№ п/п	Виконавчий розмір	Задані параметри			Розрахункові параметри		
		Ra, мкм	T _ф , мм	T _{рас} , мкм	Ra, мкм	T _ф , мкм	T _{рас} , мм
1,6	НТП, ITyc9, l=40	3,2	-	-	3,2	-	-
2,5	НТП, ITyc9, l=45	3,2	-	-	3,2	-	-
3,4	НТП, ITyc9, l=57,5	3,2	-	-	3,2	-	-
7	НТП, ITyc9, l=38	3,2	-	-	3,2	-	-
8,12	НЦП Ø40 _{±0,008}	0,8	-	-	0,8	-	-
9,11	НЦП Ø45 _{-0,62}	3,2	-	-	3,2	-	-
10	НЦП Ø57,5 _{-0,03}	1,6	-	0,04	1,6	-	0,04
13	НЦП Ø40 _{±0,008}	0,4	-	0,02	0,8	0,04	0,03
15	НЗП Ø45,75 _{-0,016}	0,8	-	-	0,8	-	-
14	НЦП Ø38 _{-0,016}	0,8	-	0,02	0,8	0,04	0,03
16	ШП ₁ 10 _{-0,065}^{-0,015}}	3,2	0,03	-	3,2	0,1	-
17,18	Цо	3,2	-	-	3,2	-	-

Розрахункова шорсткість для низки обсягів вказана правильно. Для поверхні 17 посилюємо розрахункову шорсткість, замінюємо допуск форми на

більш раціональний. Для поверхонь $\text{Ø}40\text{js}6$ та $\text{Ø}38\text{h}6$ призначаємо допуск форми $0,04$ мм.

При заданих допусках биття значення параметра $Ra \leq 0,1 T_6$.

Усі заміни проведено та занесено до креслення.

Детальний розрахунок діаметральних розмірів наводимо на поверхні $\text{Ø}40+0,008$. Для наочності розрахунок діаметральних операційних розмірів супроводжуємо побудовою схеми припусків та операційних розмірів (рис.2).

Заготовка валу – поперечно-клиновий прокат. Технологічний маршрут обробки поверхні $\text{Ø}40+0,008$ складається з точення напівчистового, чистового та шліфування підвищеної, високої та особливо високої точності.

Розрахунок діаметральних розмірів відповідно до схеми проводимо за формулами:

$$d_{\text{вmax}} = d_{\text{овmax}} + 2Z_{\text{овmin}} + T_{\text{в}} \quad (2.1);$$

$$d_{\text{повmax}} = d_{\text{вmax}} + 2Z_{\text{вmin}} + T_{\text{п}} \quad (2.2);$$

$$d_{\text{чmax}} = d_{\text{повmax}} + 2Z_{\text{повmin}} + T_{\text{ч}} \quad (2.3);$$

$$d_{\text{пчmax}} = d_{\text{чmax}} + 2Z_{\text{чmin}} + T_{\text{пч}} \quad (2.4);$$

$$d_{\text{зарmax}} = d_{\text{пчmax}} + 2Z_{\text{пчmin}} + T_{\text{зар}} \quad (2.5).$$

Мінімальне значення припуску $2Z_{\text{imin}}$ при обробці зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь визначається: [3, с.5]

$$2Z_{\text{imin}} = 2((R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.6)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході; h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару попередньому переході; Δ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетинів осей, позиційне) та в деяких випадках відхилення форми поверхні; ε_i – похибка установки заготовки на переході, що виконується;

Значення R_Z та h , що характеризує якість поверхні заготовок зі штампування, становить 60 і 60 мкм відповідно. Сумарне значення просторових відхилень для заготовок даного типу визначається:

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2} \quad (2.7)$$

Де Δ_{Σ_k} – загальне відхилення розташування заготовки, мм; $\Delta_{ц}$ – відхилення розташування заготовки при зацентруванні, мм.

Короблення заготовки знаходиться за формулою:

$$\Delta_{\Sigma_k} = \Delta_k l \quad (2.8)$$

де Δ_k – відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм (питома кривизна заготовки); l – відстань від перерізу, для якого визначаємо величину відхилення розташування до місця кріплення заготовки, мм;

$$\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{T_3^2 + 1} \quad (2.9)$$

де $T_3 = 0,8$ мм – допуск на діаметральний розмір бази заготовки, використаної при centruванні, мм.

$$\Delta_{\Sigma_k} = \Delta_k l = 1,5 \cdot 80 = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм};$$

$$\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{0,8^2 + 1} = 0,3 \text{ мм}.$$

$$\Delta_3 = \sqrt{0,12^2 + 0,3^2} = 0,323 \text{ мм}.$$

Для проміжних етапів:

$$\Delta_{ост} = K_y \cdot \Delta_3 \quad (2.10)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення:

- напівчистове точіння $K = 0,05$;
- чистове точіння $K = 0,04$;
- шліфування підвищеної точності $K = 0,03$;
- шліфування високої точності $K = 0,02$;
- шліфування особливо високої точності $K = 0,005$;

Отримуємо:

Після напівчистового точіння:

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 0,323 = 0,016 \text{ мм};$$

після чистового точіння:

$$\rho_1 = 0,04 \cdot 0,323 = 0,013 \text{ мм};$$

після шліфування підвищеної точності:

$$\rho_2 = 0,03 \cdot 0,323 = 0,009 \text{ мм};$$

після шліфування високої точності:

$$\rho_3 = 0,02 \cdot 0,323 = 0,006 \text{ мм};$$

після шліфування особливо високої точності:

$$\rho_3 = 0.005 \cdot 0,323 = 0,002 \text{ мм.}$$

Значення допусків кожного переходу приймаємо за таблицями відповідно до квалітету виду обробки.

У графі граничні розміри d_{\min} отримуємо за розрахунковими розмірами, заокругленими до точності допуску відповідного переходу. Найбільші граничні розміри d_{\max} визначаються з найменших граничних розмірів додаванням допусків відповідних переходів.

Визначаємо величини припусків:

$$2Z_{\min\text{п.ч.}} = 2 \cdot (60 + 60 + 323) = 886 \text{ мкм} = 0,88 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{чис}} = 2 \cdot (30 + 30 + 16) = 152 \text{ мкм} = 0,152 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{п.т.}} = 2 \cdot (10 + 15 + 13) = 76 \text{ мкм} = 0,076 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{в.т.}} = 2 \cdot (5 + 10 + 9) = 48 \text{ мкм} = 0,048 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{о.т.}} = 2 \cdot (3 + 5 + 6) = 28 \text{ мкм} = 0,028 \text{ мм}$$

Визначаємо Z_{\max} для кожного етапу обробки за формулою:

$$2Z_{\max j} = 2Z_{\min j} + T_j + T_{j-1}$$

$$2Z_{\max\text{пч}} = 2Z_{\min\text{пч}} + T_{\text{заг}} + T_{\text{пч}} = 0,88 + 0,4 + 0,16 = 1,44 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max\text{чис}} = 0,152 + 0,16 + 0,062 = 0,374 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max\text{п.т.}} = 0,076 + 0,062 + 0,039 = 0,177 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max\text{в.т.}} = 0,048 + 0,039 + 0,022 = 0,109 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max\text{в.о.т.}} = 0,028 + 0,022 + 0,016 = 0,066 \text{ мм.}$$

Всі результати виконаних розрахунків зведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків припусків та граничних розмірів за технологічними переходами на обробку шийки валу $\varnothing 40 \pm 0,008$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм	Вид припуск	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм	Граничне значення припусків, мм	Виконавчий розмір

	R_z	T	Δ		ММ	d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$	d
Заготовка (штампівка)	60	60	323		0,4	41,482	41,882	-	-	$41,7_{-0.1}^{+0.3}$
Точіння напівчистове	30	30	16	886	0,16	40,436	40,596	0,88	1,44	$40,6_{-0.16}$
Точіння чистове	10	15	13	152	0,062	40,222	40,284	0,152	0,374	$40,284_{-0.062}$
Шліфування підвищеної точності	5	10	9	76	0,039	40,106	40,146	0,076	0,177	$40,146_{-0.039}$
Шліфування високої точності	3	5	6	48	0,022	40,036	40,058	0,048	0,109	$40,058_{-0.022}$
Шліфування особливо високої точності	3	5	2	28	0,016	39,992	40,008	0,028	0,066	$40_{\pm 0,008}$

Аналогічно визначаються діаметральні розміри і для інших циліндричних поверхонь.

Таблиця 2.3 – Операційні діаметральні розміри

Оброблювана поверхня	Технологічні переходи обробки	Мінімальний	Максимальний	Мінімальний	Допуск T , мм	Операційний розмір, мм
		діаметр D_{min} , мм	діаметр D_{max} , мм	припуск $2Z$, мм	Допуск T , мм	
НЦП $\varnothing 40_{\pm 0,008}$	Заготовка-штампування	41,876	41,476	-	0,4	$41,7_{-0.1}^{+0.3}$
		40,596	40,436	0,88	0,16	$40,6_{-0.16}$

	Точіння п/чистове	40,284	40,222	0,15 2	0,062	40,284. 0,062
	Точіння чистове	40,146	40,106	0,07 6	0,039	40,146. 0,039
	Шліфування підвищеної точності	40,058	40,036	0,04 8	0,022	40,058. 0,022
	Шліфування високої точності	40,008	39,992	0,02 8	0,016	40±0,008
НЦП Ø40±0,011	Заготовка- штампування	41,829	41,429	-	0,4	41,5 ^{+0.3} -0.1
	Точіння п/чистове	40,549	40,389	0,88	0,16	40,6 _{-0,16}
	Точіння чистове	40,237	40,175	0,15	0,062	40,237. 0,062
	Шліфування підвищеної точності	40,099	40,059	2	0,039	40,099. 0,039
	Шліфування високої точності	40,011	39,989	6	0,022	40±0,011
	Шліфування особливо високої точності			0,04 8		
НЦП Ø 45 _{-0,062}	Заготовка- штампування	46,592	46,192	-	0,4	46,3 ^{+0.3} -0.1
	Точіння п/чистове	45,312	45,152	0,88	0,16	45,312 _{-0,16}
	Точіння чистове	45	44,938	0,15	0,062	45 _{-0,062}

НЦП Ø38 _{-0,022}	Заготовка- штампування	39,817	39,417	-	0,4	39,5 ^{+0,3} _{-0,1}
	Точіння п/чистове	38,537	38,377	0,88	0,16	38,54 _{-0,16}
	Точіння чистове	38,225	38,163	0,15	0,062	38,225 _.
				2		0,062
		38,087	38,048		0,039	38,087 _.
	Шліфування підвищеної точності	38	37,978		0,07 6	0,039 38 _{-0,022}
	Шліфування високої точності				0,04 8	
НЦП Ø57,5 _{-0,046}	Заготовка- штампування	59,372	58,872	-	0,5	59,0 ^{+0,4} _{-0,1}
	Точіння п/чистове	57,992	57,802	0,88	0,19	57,99 _{-0,19}
	Точіння чистове	57,65	57,576	0,15	0,074	57,650 _.
				2		0,074
		57,5	57,454		0,046	
	Шліфування підвищеної точності				0,07 6	57,5 _{-0,046}
	Шліфування високої точності					

2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Деталь "Вал-шестерня В.091.20.06" - має циліндричні поверхні, що веде до скорочення обладнання, інструменту та пристроїв.

- всі поверхні легко доступні для обробки та вимірювань;
- знімання металу рівномірне і безударне;

- можлива обробка та контроль усіх поверхонь за допомогою стандартного ріжучого та вимірювального інструменту;

- належна жорсткість деталі та зручність установки на верстаті;

- можливість обробки поверхонь за один робочий хід;

- зовнішні суміжні поверхні, що мають різну якість і точність, розмежовані;

- проектування зубчастого колеса як єдиного цілого з валом, а також шпонкових з'єднань доцільно для одиничного та дрібносерійного виробництва.

Циліндричні канавки мають однаковий типорозмір, що не веде до підвищення коефіцієнта уніфікації, збільшення ріжучого та вимірювального інструменту.

Відповідно до вимог ЕСКД креслення має містити всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про деталі. Мати всі необхідні розрізи та технічні вимоги.

Визначальним фактором при розробці маршрутного технологічного процесу є тип та організаційна форма виробництва. З урахуванням типу деталі та виду оброблюваних поверхонь встановлюється раціональна група верстатів для обробки основних поверхонь деталі, що підвищує продуктивність і зменшує час обробки деталі.

У загальному випадку послідовність обробки визначається точністю, шорсткістю поверхонь та точністю їх взаємного положення.

При виборі типорозміру та моделі верстата враховуємо розміри деталі, її конструктивні особливості, призначені бази, кількість позицій в установі, кількість потенційних позицій та установ в операції.

Для обробки основних поверхонь групи заданих деталей приймемо обладнання, що має властивість швидкого переналагодження на обробку будь-якої з деталей груп, тобто володіє гнучкістю і, водночас, високою продуктивністю, за рахунок можливої концентрації операцій, що веде до скорочення кількості установ; призначення інтенсивних режимів різання, за рахунок застосування прогресивних інструментальних матеріалів, можливості

повної автоматизації циклу обробки, в тому числі і допоміжних операцій, таких, як установка та зняття деталей, автоматичний контроль та заміна різального інструменту. Цим вимогам відповідають верстати з числовим програмним управлінням і, побудовані на їх основі гнучкі виробничі комплекси.

У проектуваному варіанті ухвалимо такі технічні рішення.

Для обробки зовнішніх циліндричних та торцевих поверхонь вибираємо токарні верстати з числовим програмним керуванням.

Для кожної поверхні призначається типовий та індивідуальний план її обробки, при цьому вибираємо економічно доцільні методи та види обробки, при виконанні кожного технологічного переходу відповідно до прийнятого обладнання.

Під розробкою маршрутної технології мається на увазі формування змісту операції і визначається послідовність їх виконання.

Виявляються основні та неосновні елементарні та типові поверхні, так як загальна послідовність обробки деталі і основний зміст операції буде визначатися послідовністю обробки тільки основних поверхонь, а також застосовуваним обладнанням, характерним для серійного виробництва та видом заготовки, одержуваної штампуванням на горизонтально-кувальною машиною.

Для кожної елементарної поверхні деталі призначаються типові плани обробки відповідно до заданої точності та шорсткості.

Етапи обробки деталі визначаються планом обробки найточнішої поверхні. Призначений план обробки деталі наведено в таблиці 2.7. Обробка неосновних поверхонь проводиться на напівчистому етапі обробки.

Після виявлення змісту потенційних операцій із переходами проводиться уточнення їхнього змісту за кількістю установ і змістом переходів. Зміст потенційних операцій наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Формування потенційного маршруту обробки

№	Позначення поверхні	Ra	Група верстатів	План обробки	Етапи обробки	Зміст потенційної операції	Кількість потенційних установ у етапі	Установ	№ операції
1,6	НТП,ІТус9	3,2	Токарна	T _{пч} , T _ч	Э _{пч}	T _{пч1} , T _{пч2} T _{пч3} , T _{пч4} T _{пч5} , T _{пч6} T _{пч7} , T _{пч8} T _{пч9} , T _{пч10} T _{пч11} , T _{пч12} T _{пч13} , T _{пч14}	2	А	0 0 5
2,5	НТП,ІТус9	3,2	Токарна	T _{пч} , T _ч					
3,4	НТП,ІТус9	3,2	Токарна	T _{пч} , T _ч		А		0 1 0	
7	НТП,ІТус9	3,2	Токарна	T _{пч} , T _ч					
8,12	НЦП∅40 _{±0,008}	0,8	Токарна Шлифувальна	T _{пч} T _ч Ш _п , Ш _в	Э _ч	T _{ч1} , T _{ч2} T _{ч3} , T _{ч4} T _{ч5} , T _{ч6} T _{ч7} , T _{ч8} T _{ч9} , T _{ч10} T _{ч11} , T _{ч12} T _{ч13} , T _{ч14} Фр _{ч15} , Фр _{ч16}	2	А	0 1 5
9,11	НЦП,∅ 45 _{-0,62}	3,2	Токарна	T _{пч} , T _ч		Э _п			
15	НЗП∅ 45,75 _{-0,016}	0,8	Фрезерна Шліфувальна	Фр _ч , Ш _п , Ш _в					
10	НЦП ∅ 57,5 _{-0,06}	1,6	Токарна Шліфувальна	T _{пч} , T _ч , Ш _п	Э _в	Ш _{в8} , Ш _{в12} Ш _{в15} , Ш _в	2	А	0 3 5
13	НЦП∅40 _{±0,008}	0,4	Токарна Шліфувальна	T _{пч} , T _ч , Ш _п , Ш _в Ш _о					

						13, Ш _{п14}		А	0 4 0
14	НЦП, $\varnothing 38_{-0,016}$	0,8	Токарна Шліфувал ьна	$T_{пч}, T_{ч},$ $Ш_{п}, Ш_{в}$	Э _о	Ш _{о13}	1	А	0 4 5
16	Шп $10_{-0,065}^{-0,015}$	1,6	Фрезерна	$T_{ч},$					
17, 18	Цо	3,2	Свердлиль на	$С_{вчр}$ Зн					
Примітка: канавки та фаски оброблятимемо на напівчистовому етапі.									

Зміст операції технологічного маршруту формується за принципом максимальної концентрації при виконанні установ, позиції та переходів.

Таблиця 2.5 – Формування реального попереднього маршруту обробки деталі за умов серійного виробництва

Етапи обробки	Вид верстага в етапі	Тип верстага	Уточнена кількість установ на етапі	Бази	№ операції	Реальний попередній установ	Зміст установка	Коригування обладнання	№ позиції в установі
ТО	Високий відпуск при $t=500-650^{\circ}\text{C}$				005				
Під гот овк а баз	Фрезерно-центрувальний верстат	ФЦС	1	11,4 ,9	010	А	$\Phi_{чр1}, \Phi_{чр7},$ Ψ_{17}, Ψ_{18}	ФЦС	I II
E _{пч}	Токарний	Токарні з ЧПУ, клас точності Н	2	10,4 ,17	015	А	$T_{пч8}, T_{пч9}$ $T_{пч3}$ $T_{пч2}$	Токарний верстат з ЧПУ кл.Н	I II
				3,9, 18	020	А	$T_{пч14}, T_{пч6}$ $T_{пч13}$ $T_{пч12}$ $T_{пч11}$ $T_{пч4} T_{пч10}$ $T_{пч5}$	Токарний верстат з ЧПУ кл.Н	I II

Е _ч	Токарний, фрезерний	Токарні з ЧПУ, клас точності Н, Зубофрезерний з ЧПУ, Шпоночно-фрезерний.	4	3,9,18	025	А	T _{ч14} , T _{ч6} T _{ч13} , T _{ч12} T _{ч11} T _{ч4} T _{ч10} T _{ч5}	Токарний верстат з ЧПУ клас Н	I II
				10,4,17	030	А	T _{ч8} , T _{ч9} , T _{ч3} T _{ч2}	Токарний верстат з ЧПУ клас Н	I II
				18,17,9	035	А	Фр _{ч15}	Зубофрезерний з ЧПУ, клас Н	I
				18,17,9	040	А	Фр _{ч16}	Шпоночно-фрезерний, клас Н	I
ТО	Цементация, нормалізація, високий відпуск			045 -- 050					
Е _ч	Шліфувальний, Фрезерний	Шліфувальний з ЧПУ, клас точності П, Зубошліфувальний, клас точності П Шпоночно-фрезерний.	3	17,18	055	А	Ш _{ч8} , Ш _{ч9} Ш _{ч10} Ш _{ч11} Ш _{ч12} , Ш _{ч13} Ш _{ч14}	ШС с ЧПУ кл.П	I
				18,17,9	060	А	Фр _{ч15}	Зубошліфувальний, клас точності П	I
				18,17,9	065	А	Фр _{ч16}	Шпоночно-фрезерний, клас Н	I
Е _п	Шліфувальний,	Шліфувальний з ЧПУ, клас точності П, Зубошліфувальний, клас точності П	2	17,18	070	А	Ш _{п8} Ш _{п10} Ш _{п11} Ш _{п1} 2, Ш _{п13} Ш _{п14}	ШС с ЧПУ кл.П	I
				18,17,9	075	А	Ш _{п15}	ЗШС Кл.П	I

Е _в	Шліфувальний,	Шліфувальний з ЧПУ, клас точності В, Зубошліфувальний, клас точності В	2	17,18	080	А	Ш _{в8} Ш _{в11} Ш _{в1} 2,Ш _{в13} Ш _{в14}	ШС с ЧПУ кл.В	І
				18,17,9	085	А	Ш _{в15}	ЗШС Кл.В	І
Э _о	Шліфувальний	Шліфувальний з ЧПУ, клас точності А,	1	17,18	090	А	Ш _{о13}	ШС с ЧПУ кл.А	І

Складемо таблицю часів виконання установ за всіма операціями (табл.2.6).

Таблиця 2.6 – Час виконання установ

№ операції	Установи та позиції	Час виконання установка, тшт.к, хв	Час виконання операції, тшт.к, хв
010	А І,ІІ	0,454	0,454
015	А І,ІІ	1,05	1,05
020	А І,ІІ	1,65	1,65
025	А І,ІІ	2,618	2,618
030	А І,ІІ	1,636	1,636
035	А І	6,101	6,101
040	А І	0,947	0,947
055	А І	4,037	4,037
060	А І	2,335	2,335
065	А І	0,947	0,947
070	А І	2,823	2,823
075	А І	2,335	2,335
080	А І	3,765	3,765
085	А І	3,1	3,1
090	А І	1,15	1,15

Після визначення часу виконання установ кожної операції порівнюємо їх із нормативним часом виконання операції t_H . Порівняння показує, що виконання

більшості установ значно менше за нормативний час ($t_n=6,11$ хв). Це говорить про те, що сформовані установи треба концентрувати (об'єднувати). Так, операцію 010,015,020 та 025 можна об'єднати в одній операції 010', тоді:

$$t_{шт.к010'} = t_{шт.к010} + t_{шт.к015} + \dots + t_{шт.к025} = 0,454 + 1,05 + 1,65 + 2,618 = 5,772 \text{ (хв)}.$$

Цей час наближається до нормативного ($t_n=6,11$). Ухвалене рішення вважатимуться прийнятним.

Операцію 030 і 040 можна об'єднати в одній операції 015', тоді:

$$t_{шт.к015'} = t_{шт.к030} + t_{шт.к040} = 1,636 + 0,947 = 2,583 \text{ (хв)}.$$

Для цього нам знадобиться токарно-фрезерний верстат.

Операцію 055 та 065 об'єднуємо в одну операцію:

$$t_{шт.к035'} = t_{шт.к055} + t_{шт.к065} = 4,037 + 0,947 = 4,984 \text{ хв}$$

Цей час наближається до нормативного ($t_n=6,11$ хв)

Операцію 070 і 080 (етапи підвищеної та високої точності) об'єднуємо в операцію 040', тоді:

$$t_{шт.к040'} = t_{шт.к070} + t_{шт.к080} = 2,823 + 3,165 = 5,988 \text{ (хв)}.$$

Що близько нормативному ($t_n=6,11$ хв) і не порушує принципу спеціалізації обладнання (об'єднання в одній операції не більше двох етапів).

$$t_{шт.к045'} = t_{шт.к060} + t_{шт.к075} = 2,335 + 2,335 = 4,67 \text{ (хв)}$$

Основним видом обладнання для обробки деталей типу тіл обертання, зокрема валів, в умовах середньосерійного виробництва є токарні та круглошліфувальні верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Для зубчастих поверхонь – зубофрезерні та зубошліфувальні, для фрезерування пазів – фрезерні верстати.

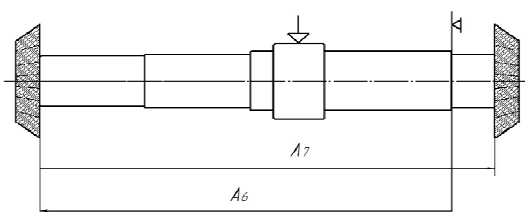
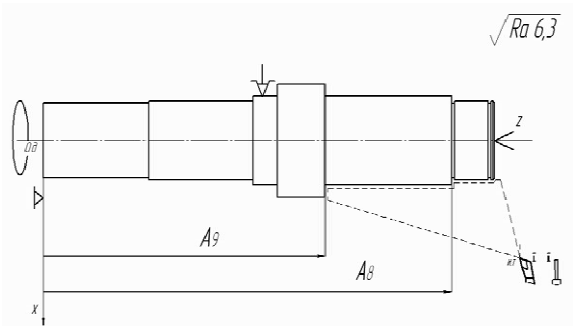
Для обробки циліндричних і торцевих поверхонь вибираємо токарний верстат з ЧПУ Mazatrol PC Fusion 640 M Pro (переміщення по осях XYZ-760*660*660; р-ри столу 500*500, частота обертання шпинделя 15000). Для чистового точіння і фрезерування шпонкового паза вибираємо верстат FREZER DMC1000 (Переміщення по осях XYZ-1000*1500*1200, максимальна оборотна довжина 1500, частота обертання шпинделя 1500).

Для чистового шліфування та фрезерування приймаємо шліфувальний мод верстат 2206ВМФ4. (Розміри робочої поверхні-630·800; частота обертання шпинделя 3500).

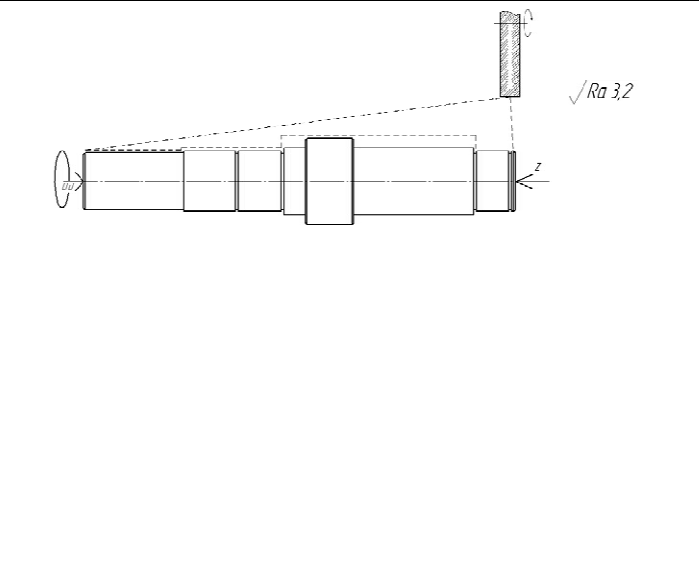
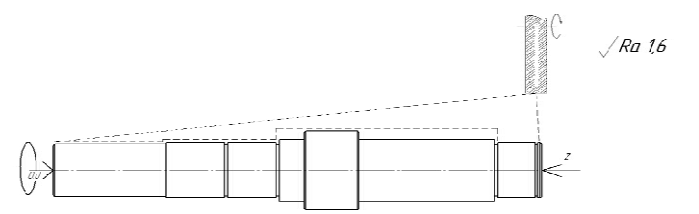
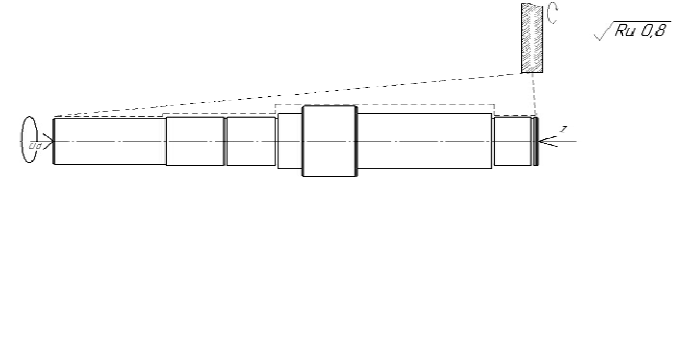
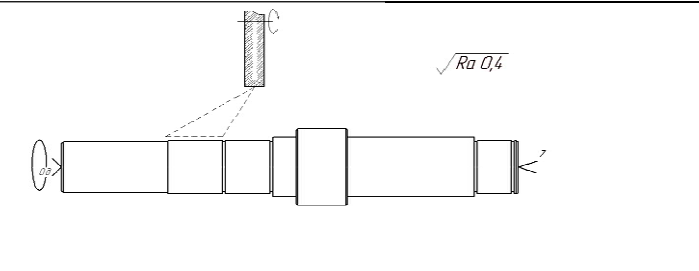
Для етапів підвищеної та високої точності шліфувальний верстат із ЧПУ Pico Tern CNC, для етапу особливо високої точності – УШС MS-5В. Для фрезерування зубів зубофрезерний верстат 5К328А.

Для шліфування зубів підвищеної і високої точності вибираємо зубошліфувальний верстат 5Д833. Бази для кожного установка призначаються у відповідності з принципом сталості баз і послідовного їх чергування від етапу до етапу і з урахуванням забезпечення точності розташування оброблюваних поверхонь.

Таблиця 2.7– Послідовність формування лінійних розмірів

№ опер.	У	П	Зміст операції	Обладнання	Ескіз обробки
010	А	І	1. Фрезерувати торці, витримуючи розміри A_6 та A_7	Токарно-центрувальний верстат з ЧПК	
	Б	І II	1. Точити зовнішні щаблі, підрізати торець витримуючи розміри A_9 . 2. Точити торець, витримуючи		

			розмір A_8 . Точити канавку		
	В	I	1. Точити зовнішні щаблі, підрізати торці		
		II	втримуючи розміри A_{12} та A_{10} . 2. Точити торець, в розмір A_{11} . Точити канавку		
	Г	I	1. Точити зовнішні щаблі, підрізати торці		
		II	втримуючи розміри A_{15} та A_{13} 2. Точити торець, в розмір A_{14} .		
01 5	А	I	1. Точити зовнішні щаблі, підрізати торці	Токарно-фрезерний з ЧПК	
		II	втримуючи розміри A_{17} . 2. Точити торець, в розмір A_{16} .		
	Б	I	1. Фрезерувати шпоночний паз		

020	A	I	1.Фрезерувати зубці	Зубофрезерний верстат	
035	A	I	1.Шліфувати зовнішні поверхні	Фрезерно-шліфувальний	
	Б	I	1.Фрезерувати шпоночний паз		
040	A	I	1.Шліфувати зовнішні поверхні	Шліфувальний з ЧПУ. (Эп)	
	Б	I	1.Шліфувати зовнішні поверхні		
045	A	I	1.Шліфувати зубці	Зубошліфувальний верстат	
	Б	I	1.Шліфувати зубці		
050	A	I	1.Шліфувати зубці	Зубошліфувальний верстат	
055	A	I	1.Шліфувати зовнішню поверхню	Шліфувальний верстат	

Реальний змінений маршрут обробки представимо у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Реальний проектний маршрут обробки

Бази	№ операції	Реальний установ	Зміст установка	Коректування обладнання	№ позиції	Час виконання операції, тшт.к, хв	К ₃₀	Номенклатура
3,10,9	010	А	Ф _{чр1} , Ф _{чр7} , Ц ₁₇ , Ц ₁₈	Токарний фрезерно-центрувальний верстат з чпу, кл. Н	I II	5,772	0,94	
4,10,1 7		Б	T _{пч8} , T _{пч9} , T _{пч3} T _{пч2}		I II			
3,9,18		В	T _{пч14} , T _{пч6} T _{пч13} T _{пч12} , T _{пч11} , T _{пч4} , T _{пч10} T _{пч5}		I II			
3,9,18		Г	T _{ч14} , T _{ч6} T _{ч13} T _{ч12} , T _{ч11} T _{ч4} , T _{ч10} T _{ч5}		I II			
4,10,1 7	015	А	T _{ч8} , T _{ч9} , T _{ч3} T _{ч2}	Токарно-фрезерний станок с ЧПУ, кл. Н	I II	2,583	0,85	N=36
18,17,9		Б	Фр _{ч16}		I			
18,17, 9	020	А	Фр _{ч15}	Зубофрезерний верстат	I	6,1	0,98	
17,18	035	А	Ш _{ч8} , Ш _{ч10} Ш _{ч12} , Ш _{ч13} Ш _{ч14}	Фрезерно-шліфувальний верстат з чпу, Кл II	I	4,984	0,82	
18,17, 9		Б	Фр _{ч16}		I			
18,17	040	А	Ш _{п8} Ш _{п10} Ш _{п11} Ш _{п12} , Ш _{п13} Ш _{п14}	ШС з ЧПУ Кл В	I	5,988	0,98	
18,17		Б	Ш _{в8} Ш _{в11} Ш _{в12} Ш _{в13} Ш _{в14}		I			
18,17	045	А	Ш _{ч15}	ЗШС Кл II	I	4,67	0,76	
18,17		Б	Ш _{п15}		I			
18,17	050	А	Ш _{в15}	ЗШС Кл II	I	2,7	0,83	N=34
18,17	055	Б	Ш _{о13}	ШС Кл А	I	1,15	0,84	N=80

Таблиця 2.9 – Реальний змінений маршрут обробки

№ опер.	Назва і короткий зміст операції	Бази	Тип обладнання
005	ТО Високий відпуск при t=500-650°C		
010	Фрезерно-центрувальна А. І. Фрезерувати торці 1,7 ІІ. Центрувати отвори 17,18	3,10,9	Mazatrol PC Fusion 640 M Pro
	Токарна з ЧПУ Б. І. Точити 8 ,9,3 (E _{пч}) ІІ. Точити 2 (E _{пч}) Точити канавки, фаски	4,10,17	
	Токарна з ЧПУ В. І. Точити 14,6,13,12,11,4,10 (E _{пч}) ІІ. Точити 5 (E _{пч}) Точити канавки, фаски	3,9,18	
	Токарна з ЧПУ Г. І. Точити 14,6,13,12,11,4,10 (E _ч) ІІ. Точити 5 (E _ч)	3,9,18	
015	Токарна з ЧПУ А. І. Точити 8,9,3 (E _ч) ІІ. Точить 2 (E _ч)	4,10,17	FREZER DMC1000
	Фрезерна з ЧПУ Б. І. Фрезерувати 16 (E _ч)	17,18,9	
020	Зубофрезерна А. І. Фрезерувати 15 (E _ч),	17,18,9	Зубофрезерний 5K328A
025-030	Цементация, нормалізація, високий відпуск		
035	Шліфувальна з ЧПУ А. І. Шліфувати 14,13,12,10,8 (E _ч)	17,18	<i>фрезерно-шліфувальний</i> мод 2206ВМФ4
	Фрезерна	17,18,9	

	Б. І. Фрезерувати 16 (E _ч)		
040	Шліфувальна з ЧПУ А. І. Шліфувати 13,12,10,8 (E _п)	17,18	Pico Tern CNC
	Шліфувальна з ЧПУ Б. І. Шліфувати 13,12,10,8 (E _в)	17,18	
045	Зубошліфувальна А. І. Шліфувати 15 (E _ч)	17,18,9	Зубошліфувальний Верстат 5Д833
	Б. І. Шліфувати 15 (E _п)	17,18,9	
050	Зубошліфувальна А. І. Шліфувати 15 (E _в)	17,18,9	МШ395
055	Шліфувальна А. І. Шліфувати 13 (E _о)	17,18	MS-5B

2.4 Розрахунок режимів різання

ФРЕЗУВАННЯ

1) Визначення діаметра фрези

$$D = (1,25 \dots 1,5)B$$

де B – ширина фрезерування.

$$D = 1,3 \cdot 40 = 50 \text{ мм}$$

При D=50 мм число зубів z=8.

2) Визначення довжини робочого ходу

$$L_{p.x.} = L_{різ} + u + L_{доп} \quad (2.11)$$

де L_{різ} - довжина обробки, мм

u - підведення, врізання та перебіг інструментів,

L_{доп} - додаткова довжина ходу

$$u = u_{под} + u_{вріз} + u_{п} \quad (2.12)$$

де u_{под}, u_{вріз}, u_п – довжина підведення, врізання та перебігу відповідно

$$L_{p.x.} = 30 + 10 = 40 \text{ мм}$$

3) Призначення подач супортів на оборот шпинделя S_о, мм/об

$$S_o = S_z \cdot Z \quad (2.13)$$

$S_z = 0,2$ – подача «на зуб».

$$S_o = 0,2 \cdot 8 = 1,6 \text{ мм/об}$$

4) Визначення стійкості інструментів:

$$T = 100 \text{ хв}$$

5) Розрахунок швидкостей різання V , м/хв та числа оборотів шпинделя верстата n , хв:

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (2.15)$$

де K_1 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, що обробляється;

K_2 – від стійкості та марки твердого сплаву;

K_3 – від виду обробки.

$$V = 115 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,65 = 75 \text{ м/хв} \text{ – при фрезеруванні}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 75}{3,14 \cdot 40} = 600 \text{ об/хв}$$

6) Визначення хвилинної подачі

$$S_M = S_o \cdot n \quad (2.16)$$

$$S_M = S_o \cdot n = 1,6 \cdot 600 = 960 \text{ мм/хв}$$

7) Визначення потужності різання

$$N_{\text{рез}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (2.17)$$

де E – величина, що визначається за таблицею

t – глибина різання, мм;

z – число зубців;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, що обробляється;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від типу фрези та швидкості різання.

$$N_{\text{рез}} = 1,7 \cdot \frac{75 \cdot 2,2 \cdot 8}{1000} \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,6 \text{ кВт}$$

9) Розрахунок основного машинного часу обробки:

$$T_o = L_{\text{р.х.}} / S_o \cdot n \quad (2.18)$$

$$T_o = 40 / 600 \cdot 1,6 = 0,04 \text{ хв}$$

СВЕРДЛІННЯ

1) Визначимо глибину різання за формулою

$$t = 0,5D \quad (2.19)$$

де D – діаметр свердла.

$$t = 0,5 \cdot 10,6 = 5,3 \text{ мм}$$

2) Визначення довжини робочого ходу за формулою

$$L_{p.x.} = 10,6 + 1 + 1 = 12,6 \text{ мм}$$

3) Призначаємо подачу супортів на оборот шпинделя S_o , мм/об:

$$S_o = 0,22 \text{ мм/об}$$

4) Визначення стійкості інструментів:

$$T = 20 \text{ хв}$$

5) Розрахунок швидкостей різання V , м/хв і числа обертів шпинделя верстата n , хв за формулами

$$V = 22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1 = 26,6 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 26,6}{3,14 \cdot 10,6} = 800 \text{ об/хв}$$

6) Визначення хвилинної подачі за формулою:

$$S_M = 0,22 \cdot 800 = 176 \text{ мм/хв}$$

7) Визначення потужності різання:

$$N_{рез} = N_{табл} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000} \quad (2.20)$$

де $N_{табл}$ – табличне значення потужності;

K_N – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

n – число обертів інструмента за хвилину.

$$N_{рез} = 0,94 \cdot 1,1 \cdot \frac{800}{1000} = 0,8 \text{ кВт}$$

9) Розрахунок основного машинного часу обробки за формулою

$$T_o = 12,6 / 800 \cdot 0,22 = 0,07 \text{ хв}$$

2.5 Технічне нормування операцій

Визначення штучно-калькуляційного часу для токарної операції з ЧПУ 010, А, І, Ш.

1) Розрахунок оперативного часу:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп.неп}} \quad (2.21)$$

де T_o - основий час, хв.;

$T_{\text{доп.неп}}$ - допоміжний неперекритий час, хв.;

$$T_{\text{доп.неп}} = T_{\text{вс}} + T_{\text{зр}} \quad (2.22)$$

де $T_{\text{вс}}$ — час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$T_{\text{зр}}$ - час на закріплення та розкріплення деталі, хв.;

$$T_{\text{доп.неп}} = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ хв}$$

$$T_{\text{оп}} = (0,07 + 0,04) + 0,3 = 0,41 \text{ хв}$$

2) Розрахунок часу на організацію та обслуговування робочого місяця:

$$T_{\text{об}} = \frac{T_{\text{оп}} \times \alpha}{100} \quad (2.23)$$

де $\alpha = 3\%$ - відсоток організаційного часу від $T_{\text{оп}}$.

$$T_{\text{об}} = \frac{0,41 \times 3}{100} = 0,0123 \text{ хв}$$

3) Час на відпочинок та особисті потреби робітника:

$$T_{\text{от}} = \frac{T_{\text{оп}} \times \beta}{100} \quad (2.24)$$

де β - відсоток оперативного часу.

$$T_{\text{от}} = \frac{0,41 \times 5}{100} = 0,02 \text{ хв}$$

4) Розрахунок часу на технічне обслуговування робочого місяця:

$$T_{\text{тех}} = \frac{T_o \times t_{\text{см}}}{T} \quad (2.25)$$

де $t_{\text{см}}$ – час на зміну інструменту, хв.;

T – стійкість інструменту, хв.;

$$T_{\text{тех}} = \frac{0,11 \times 3}{60} = 0,055 \text{ хв}$$

5) Розрахунок штучного часу за формулою

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{от}} + T_{\text{тех}} \quad (2.26)$$

$$T_{\text{шт}} = 0,41 + 0,0123 + 0,02 + 0,055 = 0,5 \text{ хв}$$

6) Визначення штучно-калькуляційного часу

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} \quad (2.27)$$

де $T_{шт.}$ - штучний час,

$T_{п.з.}$ - підготовче-заклучний час,

n -партія одночасного запуску

$$T_{шт.к} = 0,5 + \frac{10}{1726} = 0,51 \text{ хв}$$

Норму штучного часу для верстатів з ЧПУ визначають за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{опг} + a_{отл}}{100}\right) \quad (2.28)$$

де $T_{ц.а.}$ - час автоматичної роботи верстата за програмою;

$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{виз}$ - допоміжний час.

$T_{вуст} = 0,1$ хв - допоміжний час на встановлення та зняття деталі,

$T_{воп}$ - допоміжний час, пов'язаний з операцією, включає час на включення і вимикання верстата, перевірку повернення інструменту в задану точку після обробки, встановлення і зняття щитка, що оберігає від забризкування емульсією,

$T_{виз}$ - допоміжний час на контрольні вимірювання містить два виміри штангенциркулем і два виміри скобою:

$$T_{виз} = (0,03 + 0,03) + (0,11 + 0,11) = 0,42 \text{ хв.}$$

$$T_{в} = 0,1 + 0,18 + 0,42 = 0,7 \text{ хв.}$$

Приймаємо, що на ділянці проводиться виносний контроль.

Розрахунок часу автоматичної роботи верстата за програмою ($T_{ц.а.}$) представлений в табл.2.6.

Визначення основного часу T_o зводиться до формули:

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{S_o} \quad (2.29)$$

де $L_{р.х.}$ - довжина робого ходу;

S_o - подача.

Визначення часу холостих ходів розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L_{х.х.}}{S_{хх}} \quad (2.30)$$

де $L_{х.х.}$ - довжина холостого ходу;

$S_{хх}$ - подача холостого ходу.

2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

N01M06T01
N02G95
N03M04S1000
N04M08
N05G27G18G01X-009520Z-005830
N06M04S600
N07G01X-00130Z+00130
N08G01X-002790Z+000000
N09G01X+000000Z+000260
N10G01X-008310Z+000000
N11G01X+000000Z+001000
N12G01X-018750Z+009100
N13G01X+00500Z+000000
N14G25M05M08
N15M02

Розшифровка кодів:

N – номер кадра програми

M06 – зміна інструменту

T – номер інструменту

G95 – підготовча функція

M04 – обертання шпинделя проти часової стрілки

S – частота обертання шпинделя

M08 – вмикання охолодження

G01 – лінійна інтерполяція

G27 – робота в приростах

M09 – виключення СОЖ

M05 – останов шпинделя

M02 – кінець програми

2.7 Оформлення технологічної документації

Розробка технологічної документації, організація та виконання технологічних процесів повинні відповідати вимогам ДСТУ 3.1102. Виробниче обладнання, що використовується при обробці різанням, повинно відповідати вимогам ДСТУ 12.2.003 та ДСТУ 12.2.009. Пристрої для обробки різання повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.029. Гранично допустима концентрація речовин, що утворюються при обробці різанням, не повинна перевищувати значень, встановлених ДСТУ 12.1.005 та нормативними документами Міністерства охорони здоров'я України.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування робочого пристосування

Метою розробки є створення спеціального пристосування для зубофрезерного верстата 5Е32П, призначеного для фрезерування зубчастого вінця черв'ячного колеса згідно з кресленнями. Це пристосування буде використовуватись на вже налагодженому на розмір зубофрезерному верстаті 5Е32П.

Головними вимогами до пристосування є його відповідність технічним вимогам, які визначені в розділі "Технічні вимоги". Крім того, пристосування повинно відповідати вимогам безпеки роботи, які передбачені ДСТУ ГОСТ 12.4.061:2008.

Для пристосування до зубофрезерного верстата 5Е32П для фрезерування зубчастого вінця черв'ячного колеса, необхідно врахувати наступні складові:

а) Корпус: Це основна оболонка пристосування, яка забезпечує структурну цілісність і захист внутрішніх елементів.

б) Затискний пристрій: Цей елемент відповідає за правильне закріплення деталей для фрезерування і забезпечує їх жорстке утримання під час операції.

в) Механізми керування приводом затискного пристрою: Ці механізми відповідають за регулювання затискної сили і керування процесом закріплення деталей.

Конструкція пристосування повинна бути простою і зручною у використанні, щоб оператор міг легко маніпулювати ним. Для цього важливо враховувати наступні конструктивні вимоги:

а) Габарити пристосування повинні відповідати розмірам робочої зони верстата 5Е32П, забезпечуючи достатнє простірне розташування інструменту.

б) Встановлення та закріплення пристосування на верстаті повинно здійснюватися за допомогою стандартних кріпильних елементів, що спрощує процес монтажу і демонтажу.

в) Кріплення до столу верстата повинно бути достатньо міцним, щоб уникнути самозвільнення кріпильних елементів та будь-якого зсуву або ковзання корпусу пристосування під час роботи.

Розробка та вибір схем базування і установки

При повному базуванні заготовку необхідно залишити 6-ти ступенів вільності. Затискна сила забезпечує контакт із заготовкою і надає їй нерухомість.

Від правильного базування залежить точність механічної обробки, надійність і конструкція пристосування.

В якості установочної поверхні доцільно вибирати базову поверхню з достатніми розмірами. Бажано, щоб базові поверхні були попередньо оброблені.

Оптимальним варіантом вибору баз є варіант з мінімальною похибкою базування $\varepsilon_8=0$, якщо конструкторська і технологічні бази співпадають, або ж розмір, що утворюється є перпендикулярним до напрямку в якому виникає похибка. Для розглядуваної заготовки враховуючи форму та специфіку обробки доцільно прийняти як найбільш оптимальний варіант – базування за допомогою цетрових отворів.

Схема базування матиме наступний вигляд:

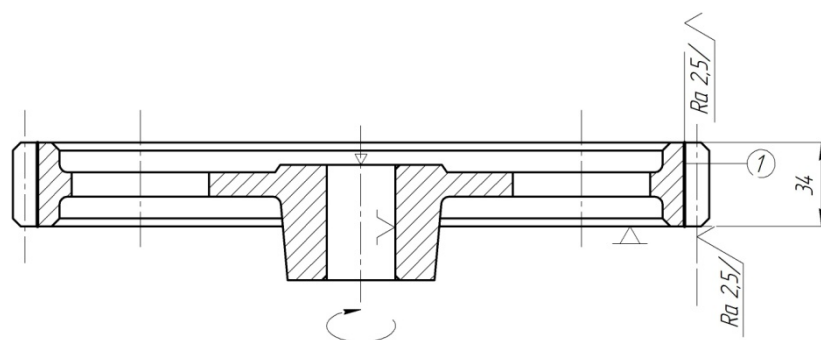


Рисунок 3.1 – Схема базування

З метою уникнення похибки базування, враховано, що розміри $27,5_{-0,021}$ та $30_{-0,34}$ є перпендикулярними до напрямку можливої похибки базування. З цим

урахуванням, похибка базування стає рівною нулю ($\epsilon\delta=0$). Тому дану схему базування можна вважати остаточною.

Установку заготовки обираємо відповідно до вже вибраної схеми базування. З огляду на те, що заготовка є тілом обертання з центровими отворами, її доцільно установлювати в центрах. Опорними поверхнями для установки є конічні поверхні центрів та рифлена поверхня опори пристосування.

Під час обробки, заготовка залишається нерухомо зафіксованою в пристосуванні завдяки силі тертя, що виникає між нижнім габаритним торцем деталі та рифленою поверхнею опори, до якої заготовка притискається. Це забезпечує нерухомість заготовки під дією сил різання.

Установочні та напрямні елементи не використовуються в даному випадку. Настроювання на необхідний розмір здійснюється за допомогою мікрометричних гвинтів.

Розрахунок зусилля закріплення

В процесі закріплення сили затиску не повинні порушувати положення заготовки, яке вона витримала після базування. Сили затиску повинні бути достатніми для затиску і не пошкоджувати заготовку.

Конструкція затискного механізму повинна бути простою надійною і безпечною в роботі.

Визначимо головну складову сили різання за формулою [6]:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (3.1)$$

де $C_p = 68,2$; $x = 0,88$; $y = 0,72$; $u = 1$; $w = 0$; $q = 0.86$ – емпіричні коефіцієнти [10, стр.282];

S_z – подача на зуб; $S_z = 0,025$ мм/зуб;

$t = 10,25$ мм – глибина різання;

B – ширина фрезерування; $B = 25$ мм;

z – число стружкових канавок; $z = 10$;

D – діаметр фрези; $D = 90$ мм;

n – число обертів фрези за хвилину; $n = 160$ об/хв;

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

$K_{MP} = 0,3$ [10, стр.264].

На основі перерахованих даних матимемо:

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 10,25^{0,88} \cdot 0,025^{0,72} \cdot 25^1 \cdot 10}{90^{0,86} \cdot 160^0} \cdot 0,3 = 580,97 \text{ (Н)}$$

Запишемо умову рівноваги сил:

$$\Sigma M = 0 \quad (3.2)$$

тобто

$$F_{TP} \cdot 8 = P_Z \cdot R_b \cdot K \quad (3.3)$$

де R_b – радіус основного кола зубчастого вінця; $R_b = 15,81$ мм;

K – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу визначається за формулою [8]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.4)$$

де $K_0 = 2$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через затуплення ріжучого інструменту.

Інші коефіцієнти: $K_3 = K_4 = K_5 = K_6 = 1$.

Отже

$$K = 2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,12$$

Силу тертя можна записати як:

$$F_{TP} = (Q + G - F_{ПР}) \cdot f \quad (3.5)$$

де Q – сила на штокові гідроциліндра;

$f = 0,7$ – коефіцієнт тертя сталеві заготовки об сталеву рифлену опору;

$F_{ПР}$ – сила пружності пружини;

G – вага заготовки.

Силу пружності пружини приймаємо $F_{ПР} = 30$ Н.

Вага заготовки становить

$$G = m \cdot g = 0,14 \cdot 10 = 1,4 \text{ (Н)}$$

Отже рівняння рівноваги сил в кінцевому вигляді буде наступним:

$$1,4 \cdot (Q + G - F_{\text{ПП}}) \cdot f = P_Z \cdot Rb \cdot K \quad (3.6)$$

Звідси:

$$Q = \frac{(P_Z \cdot Rb \cdot K - 8 \cdot G \cdot f + F_{\text{ПП}} \cdot f \cdot 8)}{8 \cdot f} \quad (3.7)$$

Отримаємо:

$$Q = \frac{(80,97 \cdot 18,81 \cdot 3,12 - 8 \cdot 8 \cdot 0,7 + 30 \cdot 0,7 \cdot 8)}{8 \cdot 0,7} = 118 \text{ (Н)}$$

Таким чином шток гідроциліндра повинен розвивати силу не меншу ніж 118Н.

Діаметр гідроциліндра приводу заднього центра при прийнятому діаметрі штока $d_{\text{шт}}=40$ мм:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\eta \cdot p \cdot \pi} + d_{\text{шт}}^2}; \quad (3.8)$$

де $\eta=0,85$ – коефіцієнта корисної дії гідроциліндра;

$p=10$ МПа – робочий тиск в гідросистемі.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6118}{0,85 \cdot 10 \cdot 3,14} + 40^2} = 59,2 \text{ мм};$$

Приймаємо гідроциліндр стандартного діаметра 63 мм[8].

3.2 Метрологічне забезпечення технологічного процесу

У сучасному машинобудівному виробництві контроль геометричних параметрів деталей у процесі їх виробництва є обов'язковим. Витрати виконання контрольних операцій істотно впливають на собівартість виробів машинобудування, а точність їх оцінки визначає якість виробів. При виконанні операцій технічного контролю повинен забезпечуватися принцип єдності вимірів – результати вимірів повинні бути виражені в узаконених одиницях і похибка

вимірів повинна бути відома із зазначеною ймовірністю. Контроль має бути об'єктивним та достовірним.

Тип виробництва – серійний, визначає форму контролю – вибіркового статистичного контролю заданих кресленням параметрів. Обсяг вибірки становить 1/10 обсягу партії.

Універсальні засоби вимірювань знаходять широке застосування у всіх типах виробництва, завдяки їх низькій собівартості.

Контроль фасок роблять спеціальними засобами вимірювання: шаблонами. Метод виміру пасивний, контактний, прямий переносним засобом виміру. Контроль зовнішньої циліндричної поверхні виробляємо індикаторною скобою на стійці СІ-100 ДСТУ 11098

Контроль зовнішніх торцевих поверхонь на чорновому та напівстовому етапах виробляємо ШЦ-11 ДСТУ 166, а на чистовому та підвищеній точності етапах спеціальним шаблоном.

Контроль шорсткості на чорновому та напівчистовому етапах ведемо за зразками шорсткості ДСТУ 9378. Метод вимірювання пасивний контактний порівняльний, переносним засобом вимірювання. Контроль шорсткості на чистовому етапі ведеться інтерферометром МП-10. Метод вимірювання пасивний контактний, переносним засобом вимірювання.

Завершальний контроль ведеться відділом технічного контролю для підприємства.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги безпеки до процесу обробки різанням мають бути викладені у технологічних документах за ДСТУ 3.1120. Установка оброблюваних заготовок і зняття готових деталей під час роботи обладнання допускається при застосуванні спеціальних позиційних пристроїв, що забезпечують безпеку працюючих.

Вимоги до зберігання та транспортування вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, МОР, готових деталей, відходів виробництва та інструменту.

Вимоги безпеки при транспортуванні, зберіганні та експлуатації абразивного та ельборового інструменту за ДСТУ 12.3.028.

Тара для транспортування та зберігання деталей, заготовок та відходів виробництва за ДСТУ 14.861, ДСТУ 19822 та ДСТУ 12.3.020.

Навантаження та розвантаження вантажів – за ДСТУ 12.3.009, переміщення вантажів – за ДСТУ 12.3.020.

Повнота відображень вимог безпеки повинна контролюватись на всіх стадіях розробки технологічних процесів.

Контроль параметрів шуму на робочих місцях – за ДСТУ 12.1.050.

Висновки

У дипломній роботі було зроблено розрахунок обсягу випуску і тип виробництва. Проаналізовано правильність виконання креслення з погляду відповідності чинним стандартам.

Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки і технологічного процесу обробки, що підтвердило доцільність та економічність прийнятого варіанту. Виконані розрахунки припусків на механічну обробку, що забезпечує раціональне використання металу на виготовлення деталі, розраховані режими обробки які забезпечують високу точність і якість обробки.

Спроектований маршрут обробки деталі, обрано обладнання, ріжучий інструмент і пристрої. Розраховані операційні розміри та розміри заготовки. Визначено режими різання та норму часу на токарну операцію. Розглянуто питання метрологічного забезпечення та техніки безпеки.

В конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для встановлення та закріплення деталі на зубофрезерній операції та контрольно-вимірювальний пристрій.

Перелік посилань

1. Гордеев А.І., Урбанюк Є. А., Безносов А.Є., Мігаль В.Г Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник. – Хмельницький : ХНУ, 2005.- 294с.
2. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навч. посібник / В. О. Залога, О. О. Залога, В. Д. Гончаров; за загальн. ред. В. О. Залоги. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
3. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій /Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. 344 с.
4. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
5. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
6. Шабайкович В.А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
7. Чарнко Д.В. Основы выбора технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 319 с.
8. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / Руденко П. О. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
9. Технологічні основи машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальності 131. “Прикладна механіка” інженерно–хімічного факультету та механіко–машинобудівного інституту. / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв, В. К. Фролов, В. М. Гриценко. – К. : НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2018. – 112 с.
10. Технологія машинобудування: методичні вказівки з курсового проектування для студентів напрямків підготовки “Інженерна механіка” та “Машинобудування” / В.Д. Каразей, Л.В.Присяжний, Ю.В. Савицький .- Хмельницький : ХНУ 2009.- 104с.

11. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / За ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1993. – 300 с.

12. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 414 с.: іл.

13. Технологія машинобудування. Методичні вказівки до виконання дипломних проєктів для студентів спеціальностей: „Технологія машинобудування”, „Металорізальні верстати” та „Інструментальне виробництво”. Хмельницький. ТУП, 2002. – 33с.

14. Проектування технологічних процесів складання вузла і виготовлення деталі. Методичні вказівки з курсового проектування по технології машинобудування для студентів спеціальностей: „Технологія машинобудування”, „Металорізальні верстати і системи”, „Інструментальне виробництво” та „Професійне навчання”. Під ред. Каразея В.Д., ТУП. Хмельницький, 2001, - 109с.

15. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.

16. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>

17. Охорона праці. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проєктах студентів спеціальності “Інженерна механіка” та “Машинобудування”/ А.А.Нестер, К.А. Паршенко – Хмельницький: ХНУ – 2009.