

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ДІДУР ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.9

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ» В УМОВАХ
СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

133 «Галузеве машинобудування»
Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дідур Д.О.

Керівник роботи
Забродський П.М.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Дідур Дмитро Олександрович. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

У ході виконання бакалаврської роботи було здійснено комплексне техніко-технологічне обґрунтування процесу виготовлення деталі «вал-шестерня» в умовах серійного виробництва.

У загальнотехнічному розділі проведено детальний аналіз конструкції деталі, визначено її функціональне призначення, досліджено властивості та хімічний склад матеріалу, оцінено технологічність конструкції. Встановлено обсяг випуску продукції, на підставі чого обрано раціональний тип виробництва.

У технологічному розділі обґрунтовано вибір заготовки - гарячощтамованої на кривошипному пресі. Проведено розрахунок припусків та розроблено технологічний маршрут виготовлення. Обрано оптимальне обладнання, інструментальне оснащення, режими різання та нормативи часу, що відповідають вимогам серійного виробництва.

У конструкторському розділі спроектовано спеціальне пристосування для обробки шпонкового пазу, розроблено кінематичну схему затискного механізму та запропоновано раціональну схему базування заготовки. Ці рішення забезпечують точність, надійність фіксації та стабільність процесу обробки.

Узагальнюючи результати роботи, можна зробити висновок, що удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» дозволяє підвищити продуктивність, зменшити витрати матеріалу та забезпечити високу якість готового виробу відповідно до вимог серійного виробництва.

Ключові слова: вал-шестерня, технологічний процес, виготовлення, удосконалення, пристосування, нормування часу.

ANNOTATION

Didur Dmytro Oleksandrovysh. Improvement of the technological process of manufacturing the part "Shaft-gear" in conditions of mass production. - *Qualification work in the form of a manuscript.*

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 133 "Industrial mechanical engineering". - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

During the bachelor's work, a comprehensive technical and technological justification of the process of manufacturing the part "shaft-gear" in conditions of mass production was carried out.

In the general technical section, a detailed analysis of the design of the part was carried out, its functional purpose was determined, the properties and chemical composition of the material were investigated, the manufacturability of the design was assessed. The volume of production was established, on the basis of which a rational type of production was selected.

In the technological section, the choice of the workpiece - hot-stamped on a crank press was justified. The allowances were calculated and a technological manufacturing route was developed. The optimal equipment, tooling, cutting modes and time standards that meet the requirements of serial production were selected.

The design section designed a special device for machining a keyway, developed a kinematic scheme of the clamping mechanism and proposed a rational scheme for basing the workpiece. These solutions ensure accuracy, reliability of fixation and stability of the machining process.

Summarizing the results of the study, it can be concluded that improving the technological process for manufacturing the "shaft-gear" part allows to increase productivity, reduce material consumption and ensure high quality of the finished product in accordance with the requirements of serial production.

Keywords: shaft-gear, technological process, manufacturing, improvement, adaptation, time standardization.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	5
1.1. Призначення та аналіз конструкції деталі.....	5
1.2. Характеристика, хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі.....	6
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	7
1.4. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
2.1. Вибір конструкції заготовки та способи її виготовлення.....	12
2.2. Вибір загальних припусків. Визначення розмірів заготовки з допусками.....	13
2.3. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	14
2.4. Визначення загальних та між операційних припусків на обробку деталі.....	17
2.4. Вибір технологічного обладнання.....	18
2.5. Вибір засобів технологічного оснащення.....	19
2.6. Розрахунок режимів різання та норм часу.....	23
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	33
3.1. Розрахунок спеціального пристосування для обробки шпонкового пазу.....	33
3.2. Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції..	34
3.3. Вибір конструкції та проектування кінематичної схеми затискного механізму пристрою.....	35
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	40
ДОДАТКИ.....	41

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва		
Розроб.		Дідур Д.О.					
Перевір.		Забродський П.М.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Медведський О.В.			Літ. Арк. Акрушів ПНУ, група ГМ-21+23ск		

ВСТУП

У сучасних умовах ключовою характеристикою прогресивної моделі машинобудування має стати впровадження високоспеціалізованого виробництва функціональних вузлів і деталей техніки, що передбачає відповідальний підхід, високий рівень технічної культури та професійну кваліфікацію при розробці інженерних рішень.

На поточному етапі переходу економіки України до ринкових відносин основними завданнями виступають:

- запобігання скороченню обсягів виробництва товарної продукції;
- збільшення частки товарів широкого вжитку у загальному обсязі виробництва;
- впровадження нових форм господарювання, зокрема приватизація малих і середніх підприємств трудовими колективами;
- підвищення продуктивності праці шляхом зміни ставлення до роботи, а також за рахунок застосування сучасного обладнання та новітніх технологій, зокрема в рамках кооперації з розвинутими країнами;
- переорієнтація економіки на нові ринки збуту, що повинно сприяти випуску конкурентоспроможної продукції, яка відповідає міжнародним стандартам.

Головним завданням цього періоду є збереження цілісності економіки: запобігання руйнуванню підприємств, розриву виробничих зв'язків та зупиненню спадних тенденцій у промисловості.

Сучасне машинобудування висуває жорсткі вимоги до якості, точності та надійності деталей, що застосовуються у вузлах та механізмах, які працюють під навантаженням. Однією з таких критичних деталей є вал-шестерня - складний конструктивний елемент, що одночасно виконує функції передачі обертового моменту та забезпечення зчеплення між зубчастими колесами.

В умовах серійного виробництва особливо важливо оптимізувати технологічний процес виготовлення таких деталей, оскільки від цього

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежать продуктивність, собівартість виробу, стабільність якості та ресурс готової продукції.

Актуальність теми обумовлена необхідністю зниження виробничих витрат, підвищення ефективності використання технологічного обладнання та впровадження сучасних методів обробки, які сприяють покращенню якості деталі при збереженні або скороченні термінів виготовлення.

Метою бакалаврської роботи є удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва з метою підвищення продуктивності, якості обробки та економічної ефективності виготовлення.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Призначення та застосування деталі.
2. Спосіб отримання заготовки деталі.
3. Розробка раціоналізації технології виготовлення деталі «Стакан».
4. Розрахунок припусків на обробку.
5. Вибір технологічного обладнання.
6. Розрахунок режимів різання та нормування технологічного процесу.
7. Розрахунок спеціального верстатного пристосування для шпонково-фрезерної операції.

Об'єм та структура кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури. Основний обсяг роботи викладений на 40 сторінках, включаючи 12 рисунків та 7 таблиць. Список використаної літератури нараховує 12 найменувань.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення та аналіз конструкції деталі

Деталь типу “Вал-шестерня” (рис.1.1) є деталлю типу “Тіло обертання” і призначена для передачі крутних моментів. Має зовнішні циліндричні поверхні: $\varnothing 40k6$ – дві поверхні під підшипники, $\varnothing 54h14$ – дві поверхні для з’єднання шийок з зубчатою поверхнею, $\varnothing 70_{-0,06}$ – зовнішня зубчаста поверхня для передавання крутного моменту. Дана деталь має дві зовнішні канавки шириною 3мм для виходу шліфувального круга і одну – шириною 4мм для кільця, що фіксує положення напівмуфти на валу. Поверхня $\varnothing 40k6$ (права) має шпонковий паз 12N9 для з’єднання валу з напівмуфтою, а відкритий торець цієї поверхні – два різьбові отвори М8-7Н для кріплення торцевої шайби. Фаски даної деталі виконані в наступний розмір: 4 фаски – $1,6 \times 45^\circ$ і 2 фаски – $1,5 \times 45^\circ$.

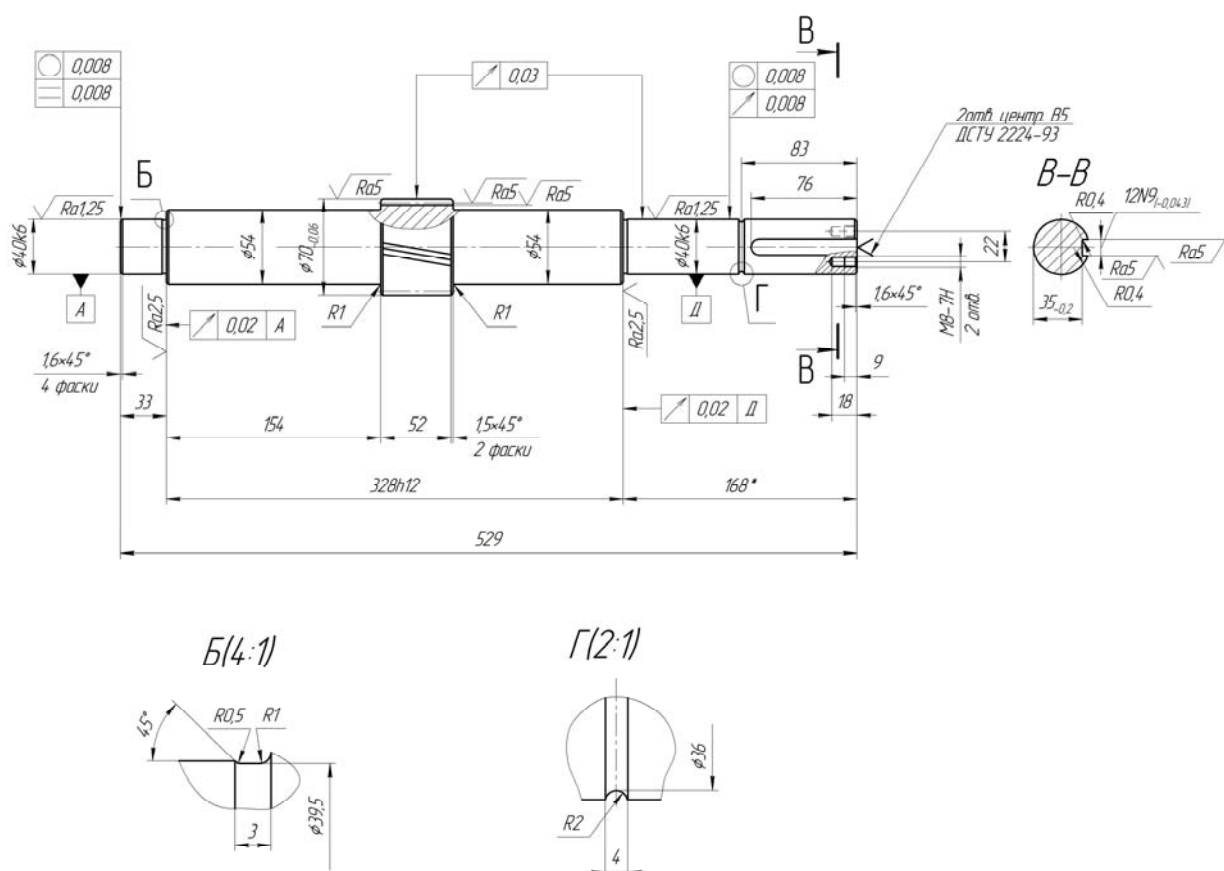


Рис.1.1. Деталь “Вал-шестерня”

					Арк.
					5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.2. Характеристика, хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Для виготовлення “Вал-шестерні” використовується сталь марки 40Х ДСТУ 7806:2015. Дана сталь застосовується для виготовлення деталей, витримуючи значні деформуючі навантаження. Сталь 40Х є міцною, пружна та корозійностійка. Деталі, виготовлені з такого матеріалу працюють при невеликих швидкостях. Сталь 40Х має технологічні показники:

- ❖ низька зварюваність (проводиться ручним дуговим зварюванням, або електрошлаковим зварюванням з попереднім нагрівом та наступною термообробкою);
- ❖ задовільна обробка тиском;
- ❖ низька оброблюваність різанням.

Легована конструкційна сталь 40Х має дуже широку область використання. Її застосовують для виготовлення валів, осей, вал-шестернею, штоків, плунжерів, кулачкових і колінчастих валів, шпинделів, кілець, рейок, оправок, болтів, зубчастих вінців, втулок, півосей та інших деталей підвищеної міцності. Сталь 40Х також часто використовується для виробництва поковок, штампованих заготовок і деталей трубопровідної арматури. Однак останні перераховані деталі потребують додаткової термічної обробки, що полягає в загартуванні через воду в маслі або просто в олії з наступним відпуском в маслі або на повітрі.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Марка	Масова частка елементів у відсотках						
	Вуглець	Хром	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка	Нікель
Сталь 40Х	0,4	0,8-1,1	0,17-0,37	0,50-0,80	0,04	не >0,04	не >0,25

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Марка сталі	Сталь 40Х
Границя міцності при розтязі кгс/мм ² (МПа)	75 (750)
Границя міцності при згині кгс/мм ² (МПа)	47 (470)
Відносне подовження (%)	17
Відносне звуження (%)	6
Твердість по Брінелю	207-216

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі**Аналіз технологічності по якісними показниками**

Деталь “Вал-шестерня” відноситься до деталей класу “Тіла обертання”. Складається з поверхонь, які не потребують складної форми заготовки.

Всі поверхні доступні для обробки на верстатах і безпосереднього вимірювання. Всі розміри в основному уніфіковані і не потребують великої номенклатури ріжучого інструменту для обробки. При розробці технологічного процесу можуть бути використані типові технологічні процеси. В деталі виконана технологічна ув'язка точності розмірів і величини шорсткості.

Основним недоліком є матеріал: сталь 40Х погано обробляється на метало ріжучих верстатах.

Щоб дати кінцеву оцінку технологічності необхідно деталь розрахувати на жорсткість. Критерієм жорсткості валів є відношення довжини валу $L_{\text{заг.}}$ до його середнього діаметру $d_{\text{ср.}}$. Якщо $L_{\text{заг.}} < 10d_{\text{ср.}}$, то жорсткість валу можна вважати задовільною.

Середній діаметр визначається за формулою:

$$d_{\text{ср.}} = (d_1 l_1 + d_2 l_2 + \dots + d_n l_n) / L_{\text{заг.}}$$

де d_1, l_1 – відповідно діаметр і довжина кожної ступені “Вал-шестерня”

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{cp.} = (40 \cdot 168 + 54 \cdot 122 + 70 \cdot 52 + 54 \cdot 154 + 40 \cdot 33) / 529 = 50,25 \text{ мм}$$

$$529 > 10 \cdot 50,25$$

$$529 > 502,5$$

Умова не виконується. Вал є нежорстким, що є також недоліком деталі, тому що необхідно використовувати додатково пристрій – люнет.

Але в цілому по якісним показникам дана деталь є технологічною.

Аналіз технологічності по кількісними показниками

За коефіцієнтом точності :

$$K_{\text{ТЧ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} > 0,8$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності.

$$A_{\text{ср}} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + mn_n) / \sum_{i=1}^m n_i$$

де n_1, n_2, n_3 - квалітети і їх чисельність

Таблиця 1.3

Показники кількісного виду технологічної конструкції

Найменування конструктивного елемента деталі (КЕД)	По вимогам точності					По параметрам шорсткості поверхності деталі			
	КЕД по точності					КЕД, що мають Ra			
	6	7	8	9	14	10	5	2,5	1,25
Зовнішні циліндричні поверхні	2				2	2			2
Зубчасті поверхні			1					1	
Торці					6	4		2	
Канавки					3	3			
Фаски					6	6			
Пази				1			1		
Різьбові отвори		2				2			
Всього:	2	2	1	1	17	17	1	3	2

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$A_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 17}{23} = 11,82$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{11,82} = 0,91 > 0,8$$

Висновок: за коефіцієнтом точності деталь технологічна.

За коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} < 0,32$$

де $B_{\text{ср}}$ – середня шорсткість в параметрах R_a .

$$B_{\text{ср}} = (0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + mn_n) / \sum_{i=1}^m n_i$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{10 \cdot 17 + 5 \cdot 1 + 2 \cdot 5 \cdot 3 + 1 \cdot 25 \cdot 2}{23} = 8,04$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{8,04} = 0,12 < 0,32$$

Висновок: за коефіцієнтом шорсткості деталь технологічна.

Таблиця 1.4

Технічні вимоги до деталі та способи їх отримання

Склад технічної вимоги	Яким методом досягається	Спосіб контролю
Допуск круглості 0,008мм відносно поверхні Ø40к6	Для задоволення даних вимог у якості технологічної бази обираю центрові отвори	Контроль виконують в спеціальному контрольному пристрої

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допуск профілю повздовжнього перерізу 0,008мм відносно поверхні Ø40к6	деталі, що забезпечує принцип постійності баз і відповідно скасування похибки базування. у якості інструмента обирають шліфувальний круг, який обробляє деталь за два проходи: попередньо і остаточно. саме остаточною шліфуванням досягають даних вимог до деталі.	з індикатором годинникового типу, точність якого становить 0,001мм за ТУ . Стрілкою індикатора доторкаються до потрібних поверхонь і заміряють відпо- відні значення, звіряючись з допустимими.
Допуск торцевого биття 0,02мм відносно бази А		
Допуск радіального биття 0,03мм зубчастої поверхні Ø70-0,06 відносно поверхні Ø40к6	Досягається кінцевим точінням поверхні Ø70-0,06 та кінцевим шліфуванням поверхні Ø40к6 з базуванням в центрах.	
Твердість зубів не нижче 50HRCe.	Для отримання даної твердості зубчастої поверхні використовують закалювання струмом високого коливання (СВК). Для цієї цілі в якості нагрівачів використовують високо коливальні індуктори, що забезпечують швидке безокисневе поверхневе нагрівання на задану глибину.	Для контролю використовують пристрій Роквела (шкала С). Вимірювання проводять шляхом вдавлювання алмазного конуса (кут при вершині 120°) в досліджуваний об'єкт. Отримані покази звіряють з допустимими значеннями.

1.4. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Тип виробництва визначається в залежності від маси деталі та річної програми випуск.

Дано: річна програма випуску – $N = 3000$ шт.

Маса деталі – $m = 8,3$ кг

Визначаємо, що виробництво середньосерійне.

Серійне виробництво відрізняється випуском продукції у відносно великих партіях з обмеженою номенклатурою виробів, причому ці серії регулярно повторюються. За робочими місцями закріплюється вузький набір технологічних операцій, що сприяє підвищенню спеціалізації працівників. У виробництві використовується як універсальне, так і спеціалізоване обладнання, а рух заготовок організовано за паралельно-послідовною схемою. Промислові підприємства мають складну виробничу структуру: заготівельні цехи побудовані за технологічним принципом, тоді як у механоскладальних цехах формуються предметно-замкнуті ділянки, орієнтовані на виготовлення конкретних виробів або вузлів.

Визначаємо технологічну партію запуску деталі:

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

де $N = 3000$ шт – річна програма випуску деталі;

$t = 5$ днів – кількість днів пролежування деталей в цеху;

$\Phi = 255$ день – річний фонд робочого часу;

$$n = \frac{3000 \cdot 5}{255} = 58,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 60$ шт.

Всього за рік випущено:

$$i = \frac{N}{n},$$

$$i = \frac{N}{n} = \frac{3000}{60} = 50 \text{ партій.}$$

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір конструкції заготовки та способи її виготовлення

Для виготовлення деталі «Вал-шестерня» з урахуванням вимог конструкторської документації та обраного типу виробництва (див. п. 1.4) доцільно застосовувати гаряче штампування в закритих штампах на кривошипних пресах.

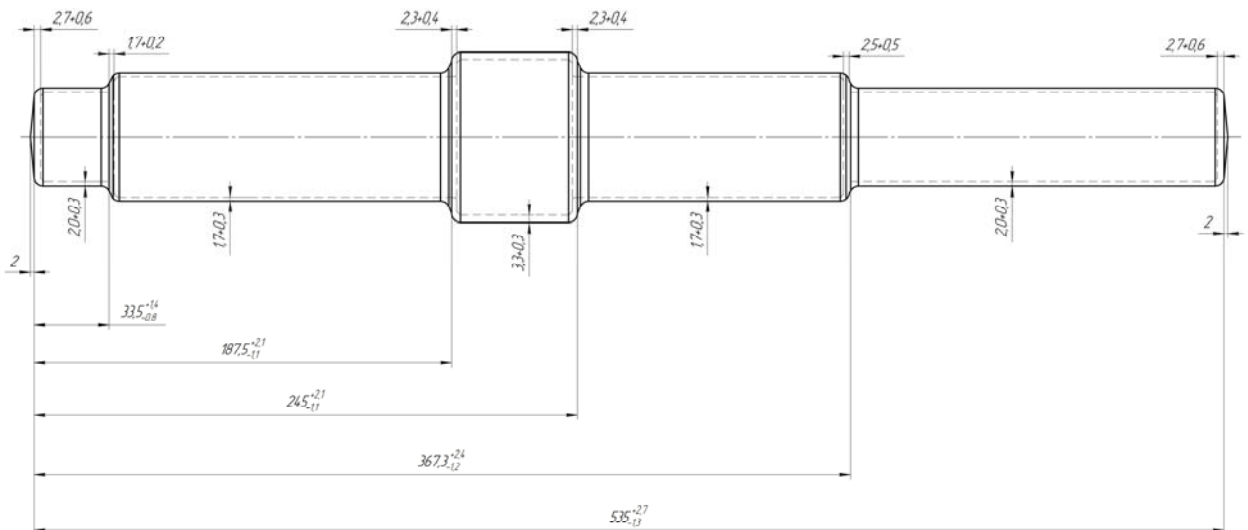


Рис.2.1. Заготовка деталі

Цей метод передбачає деформацію металу шляхом видавлювання під дією зусиль, створюваних кривошипними пресами. Штампування в закритих штампах дозволяє отримати заготовки складної геометрії та різної маси (до 1 тонни), при цьому вони вирізняються високою точністю порівняно з іншими методами формування, що забезпечує економію матеріалу.

Технологія відзначається високою продуктивністю та широко застосовується у серійному виробництві.

Відповідно до заводських специфікацій, у якості заготовки використовують круглий прокат. Прокатування - це процес, за якого злиток або заготовка під впливом сил тертя затягується в проміжок між обертовими валками прокатного стану та зазнає пластичної деформації.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У порівнянні з гарячим штампуванням, круглий прокат має певні переваги: він є економічно вигіднішим і доцільніший для одиничного або дрібносерійного виробництва.

2.2. Вибір загальних припусків. Визначення розмірів заготовки з допусками

Таблиця 2.1

Вибір загальних припусків

Номинальн ий розмір	Почат ковий індекс	Шорс - ткість	Основний припуск	Допоміжни й припуск	Розрахун- ковий розмір	Прийнятий розмір поковки
Діаметральні розміри						
Ø40k6	13	1,25	2,0·2	0,3·2	Ø 44,6 ^{+1,4} _{-0,8}	Ø 44.5 ^{+1,4} _{-0,8}
Ø54h14		10	1,7·2		Ø 58 ^{+1,6} _{-0,9}	Ø 58 ^{+1,6} _{-0,9}
Ø70-0,06(h9)		5	2,3·2		Ø 75.2 ^{+1,6} _{-0,9}	Ø 75 ^{+1,6} _{-0,9}
Лінійні розміри						
529	13	10	2,7·2	0,6·2	535 ^{+2,7} _{-1,3}	535 ^{+2,7} _{-1,3}
33		2,5	1,7	0,2	34,4 ^{+1,4} _{-0,8}	34,5 ^{+1,4} _{-0,8}
187		10	2,3	0,4	187,6 ^{+2,1} _{-1,1}	187,5 ^{+2,1} _{-1,1}
239		10	2,3	0,4	245 ^{+2,1} _{-1,1}	245 ^{+2,1} _{-1,1}
361		2,5	2,5	0,5	367,3 ^{+2,4} _{-1,2}	367,3 ^{+2,4} _{-1,2}

Технічні вимоги до заготовки

- Клас точності – Т3.
- Група сталі – М2.
- Ступінь складності – С2.

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вихідний індекс – 13.
- Допустима величина зміщення по поверхні розйому штапу – 0,8мм.

2.3. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Таблиця 2.2

Технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня»

Хід технологічного процесу	Бази	Обладнання
005 Фрезерно-центрувальна 1.Фрезерувати 2 торця в розмір 529h14. 2.Центрувати 2 торця свердлом форми В5.	Циліндричні поверхні Ø54 і торець Ø40к6	МР-73
010 Токарно-програмна з ЧПК - Точити деталь попередньо: - Підрізати торець Ø54/Ø40 попередньо на L=33,9h12. - Підрізати торець Ø70-0,06/Ø54 на L=187мм. - Точити Ø40к6 до Ø40,92h12 на L=33мм. - Точити Ø54 на L=154мм. - Точити Ø70-0,06 до Ø70,6h12 на L=52мм. - Точити деталь остаточно за контуром: - Точити фаску 1,6×45°; - Точити Ø40к6 до Ø40,32h11 на L=33мм; - Підрізати торець Ø54/Ø40 на L=33,3h11;	Центрові отвори	16К20Ф3

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Точити фаску 1,6×45°; - Точити фаску 1,5×45°; - Точити Ø70_{-0,06} на L=52мм; - Точити канавку Ø39,5мм, b=3мм.		
015 Токарно-програмна з ЧПК - Точити деталь попередньо: - Підрізати торець Ø54/Ø40 попередньо на L=362,6h12. - Підрізати торець Ø70_{-0,06}/Ø54 на L=239h14. - Точити Ø40k6 до Ø40,92h12 на L=362,6мм. - Точити Ø54 на L=239мм. - Точити деталь остаточно за контуром: - Точити фаску 1,6×45°; - Точити Ø40k6 до Ø40,32h11 на L=362,6мм; - Підрізати торець Ø54/Ø40 на L=361,6h11; - Точити фаску 1,6×45°; - Точити фаску 1,5×45°; - Точити канавку Ø39,5мм, b=3мм; - Точити канавку Ø36мм, b=4мм.	Центрові отвори	16K20Ф3
020 Зубофрезерна - Фрезерувати зуби z=21, m=3мм, витримавши довжину загальної нормалі 23,065мм. напрям лінії зуба – правий.	Центрові отвори	5K324
025 Радіально-свердлильна - Свердлити 2 отвори Ø6,8мм на L=18мм. - Нарізати різьбу М8-7Н в 2 отворах на L=9мм.	Торець Ø40к6 та повер. Ø54	2М55

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

030 Термічна - Термообробити зуби не нижче 50HRCe.	-	Високо коливальн ий індуктор
035 Круглошліфувальна - Шліфувати Ø40к6 до 40,12 h9 на L=33мм з прошліфовкою торця Ø54/Ø40к6.	Центрові отвори	3М151
040 Круглошліфувальна - Шліфувати Ø40к6 до 40,12 h9 на L=361мм з прошліфовкою торця Ø54/Ø40к6.	Центрові отвори	3М151
045 Круглошліфувальна - Шліфувати остаточно Ø40к6 на L=33мм.	Центрові отвори	3М151
050 Круглошліфувальна - Шліфувати остаточно Ø40к6 на L=361мм.	Центрові отвори	3М151
055 Вертикально-фрезерна - Фрезерувати шпонковий паз 12N9 на L=76мм, витримав розмір 35 _{-0,2} .	Торець Ø40к6	6P13
060 Контрольна - Контроль всіх розмірів деталі.	Контрольний інструмент	

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.4. Визначення загальних та між операційних припусків на обробку деталі

Таблиця 2.3

Міжопераційні припуски

План обробки	Квалітет	Шорсткість	Міжопераційний припуск	Міжопераційний розмір з відхиленнями
1	2	3	4	5
$\varnothing 40k6$				
Шліфування				
- остаточне	k6	1,25	0,12	$\varnothing 40k6^{(+0,018)}_{(+0,020)}$
- попереднє	h9	2,5	0,2	$\varnothing 40,12h9_{(-0,062)}$
Точіння				
- остаточне	h11	6,3	0,6	$\varnothing 40,32h11_{(-0,160)}$
- попереднє	h12	10	3,68	$\varnothing 41,6h12_{(-0,250)}$
Заготівка	-	-	4,5	$\varnothing 44,5^{(+1,4)}_{(-0,8)}$
$\varnothing 70_{-0,06}$				
Точіння				
- остаточне	h9	5	0,6	$\varnothing 70h9_{(-0,06)}$
- попереднє	h12	10	4,6	$\varnothing 70,6h12_{(-0,300)}$
Заготівка	-	-	5,0	$\varnothing 75^{(+1,6)}_{(-0,9)}$
33 мм				
Шліфування				
	h9	2,5	0,3	$33h9_{(-0,062)}$
Точіння				
- остаточне	h11	6,3	0,6	$33.3h11_{(-0,160)}$
- попереднє	h12	10	3,4	$33,9h12_{(-0,250)}$

Заготівка	-	-	4,5	37,5 ^(+1,4) _{-0,8})
361 мм				
Шліфування	h9	2,5	0,6	361h9 _(-0.140)
Точіння				
- остаточне	h11	6,3	1,0	361,6h11 _(-0,360)
- попереднє	h12	10	4,7	362,6h12 _(-0,570)
Заготівка	-	-	6,3	367,3 ^(+2,4) _{-1,2})

2.4. Вибір технологічного обладнання

Таблиця 2.4

Відомість технологічного обладнання

№ операції	Назва операції	Назва верстата	Модель верстата	Потужність приводу <i>Квт</i>
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний	МР-73	10
010	Токарна	Токарно-гвинторізний з ЧПК	16K20Ф3	11
015	Токарна	Токарно-гвинторізний з ЧПК	16K20Ф3	11
020	Зубофрезерна	Зубофрезерний	5K324	7,5
025	Радіальна-свердлильна	Радіально-свердлильний	2M55	4,5

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

030	Термічна	Висококоливальний індуктор	-	-
035	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний	3М151	10
040	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний	3М151	10
045	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний	3М151	10
050	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний	3М151	10
055	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний	6Р13	11

2.5. Вибір засобів технологічного оснащення

Таблиця 2.5

Відомість технологічного оснащення

№ операції	Назва операції	Модель верстата	Засоби технологічного оснащення			
			Пристрій	Допоміжний інструмент	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
005	Фрезерноцентрувальна	МР-73	Призматичний з пневмопр		Фреза торцева Ø100 ДСТУ	

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					19

			и-водом		24359 Свердло центрувальне Ø5	
010	Токарна	16K20Ф 3	Центра, поводок		Різець прохідний упорний T15K6, 16×25°, φ=95°. Різець контурний T30K4, 16×25°, φ=93°	Штангенци р-куль ШЦ-1-250- 0,1 ДСТУ166- 99
015	Токарна	16K20Ф 3	Центра, поводок		Різець прохідний упорний T15K6, 16×25°, φ=95°. Різець контурний T30K4, 16×25°, φ=93° Різець канавочний T15K6, 16×25°, φ=95°, В=3мм	Штангенци р-куль ШЦ-1-250- 0,1 ДСТУ166- 99

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

020	Зубофрезерна	5K324	Центра		Черв'ячна фреза m=3,D=85,L= 75ДСТУ 19265-93	Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ДСТУ166-99
025	Радіальна-свердлильна	2M55	3х кулачковий патрон		Свердло гвинтове 6,8 P6M5 Мітчик М8-1,25	Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ДСТУ166-99 Калібр-пробка для метричної різьби
030	Термічна	Високо коливальний індуктор				Пристрій Роквела

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

035	Круглошліф увальна	3М151	Центра, поводок		Круг щліфовальний ПП600 35 305 24А-25П-С2- К5	Калібр- скоба 40к6
040	Круглошліф увальна	3М151	Центра, поводок		Круг щліфовальний ПП600 35 305 24А-25П-С2- К5	Калібр- скоба 40к6
045	Круглошліф увальна	3М151	Центра, поводок		Круг щліфовальний ПП600 35 305 24А-25П-С2- К5	Калібр- скоба 40к6
050	Круглошліф увальна	3М151	Центра, поводок		Круг щліфовальний ПП600 35 305 24А-25П-С2- К5	Калібр- скоба 40к6
055	Вертикально - фрезерна	6Р13	Спеціаль- ний		Шпонкова фреза Р6М5 D=12e8 ДСТУ 9140-98	Калібр шпонковий

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6. Розрахунок режимів різання та норм часу

Режими різання:

010 Токарно-програмна операція

1.Точити деталь попередньо

1.1 Інструмент – Різець прохідний упорний T15K6, 16×25°, φ=95°.

ТУ 2-35-892-82 PCLNR 2525M16 з механічним кріпленням пластини ([11]с.164).

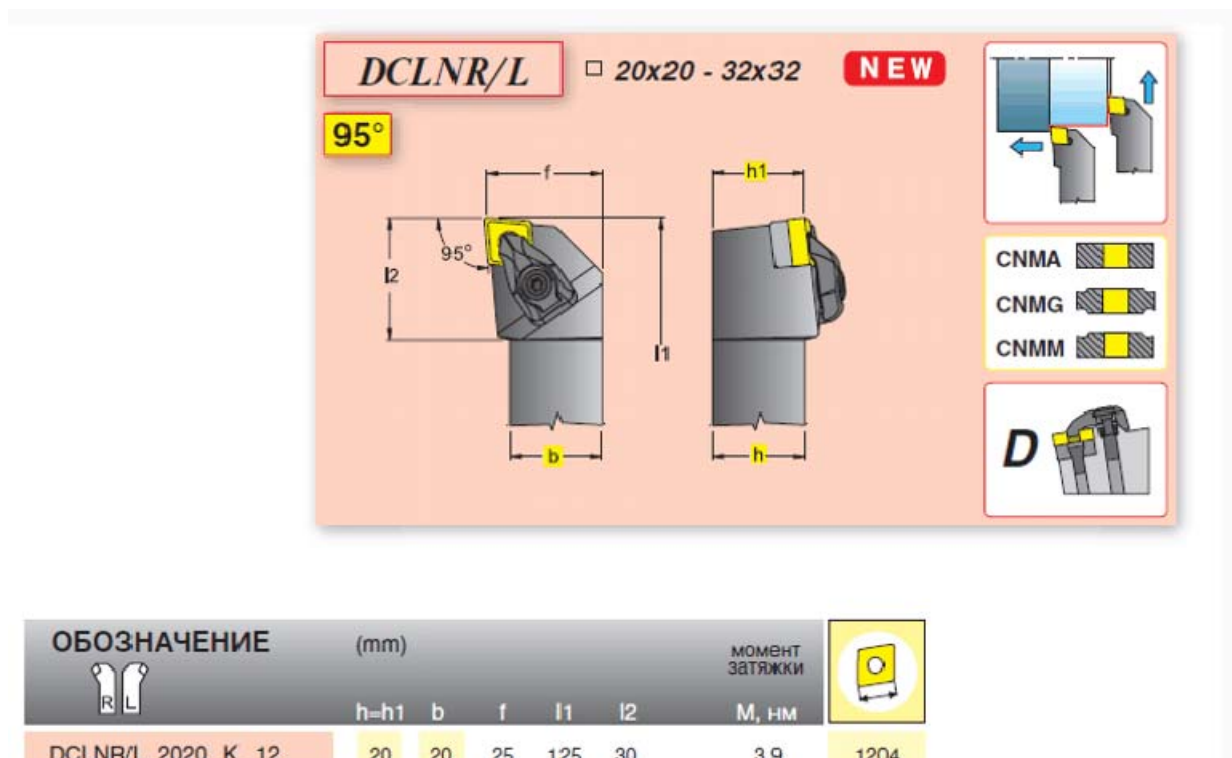


Рис.2.2.Різець прохідний упорний

1.2 Глибина різання:

В зв'язку з незначним перепадом діаметрів деталі “Вал-шестерня” та незначним перепадом припусків на обробку вибираємо середнє значення глибини різання:

$$t=2,4\text{мм}$$

1.3 Подача ([4] к.21 с.76):

$$S_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (17)$$

де: $S_o=0,65^{\text{мм}}/\text{об}$ - подача;

					Арк.
					23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

K_1 – поправочний коефіцієнт в залежності від стану поверхні заготовки;

$$K_1 = 0,9$$

K_2 - поправочний коефіцієнт від границі міцності оброблюємого матеріалу;

$$K_2 = 1,0$$

K_3 - поправочний коефіцієнт від матеріалу ріжучої частини $T = 45$ хв

$$K_3 = 0,55$$

$$S_o = 0,65 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,32 \text{ мм/об}$$

1.4 Швидкість різання ([4] к.21 с.76):

$$V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \text{ ([4] к.32 с.93)}$$

де: V – швидкість різання; $V = 82 \text{ мм/хв}$

K_1 – поправочний коефіцієнт в залежності від стану поверхні заготовки;

$$K_1 = 0,85$$

K_2 - поправочний коефіцієнт від матеріалу ріжучої частини інструменту;

$$K_2 = 1,54$$

K_3 - поправочний коефіцієнт від періоду стійкості інструменту;

Період стійкості інструменту визначаємо за літературою [8] с.268

$$T = 45 \text{ хв.}$$

$$K_3 = 1,15$$

K_4 - поправочний коефіцієнт на поперечне точіння;

$$K_4 = 1,13$$

K_5 - поправочний коефіцієнт на розточування;

K_5 – в даному випадку не враховується

K_6 - поправочний коефіцієнт точіння фасонних поверхонь;

K_6 – в даному випадку не враховується

K_7 - поправочний коефіцієнт на інструмент з непереточуваними пластинами; $K_7 = 1,25$

K_8 - поправочний коефіцієнт на швидкість різання в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$$K_8 = 1,22$$

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = 82 \cdot 0,85 \cdot 1,54 \cdot 1,15 \cdot 1,13 \cdot 1,25 \cdot 1,22 = 212,71 \text{ м/хв.}$$

1.5 Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

де: V – швидкість різання;

D – діаметр оброблюємої поверхні деталі;

Підставивши відповідні значення у формулу, отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 212,71}{3,14 \cdot 54} = 1254,48 \text{ хв}^{-1}$$

1.6 Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстату

$$16K20\Phi3: n_d = 1120 \text{ хв}^{-1} (S27)$$

1.7 Дійсну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 54 \cdot 1120}{1000} = 189,9 \text{ м/хв.} = 3,1 \text{ м/с}$$

1.8 Хвилину подачу визначаємо за формулою:

$$S_{хв.} = S_o \cdot n_d$$

$$S_{хв.} = 0,32 \cdot 1120 = 358,4 \text{ мм/хв}$$

$$\text{Приймаємо } S_{хв.} = 400 \text{ мм/хв (F400)}$$

1.9 Потужність визначаємо з умови:

$$N_e \cdot K_N \leq N_{шп} \cdot \eta$$

де: $N_e = 3,4 \text{ кВт}$ – потужність необхідна для різання; ([4] к.22 с.95,96)

$K_N = 0,9$ – поправочний коефіцієнт на зміну умов роботи в залежності від головного кута у плані;

$N_{шп} = 10 \text{ кВт}$ – потужність верстату 16K20Φ3

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії.

Підставивши відповідні значення у формулу, отримаємо:

$$3,4 \cdot 0,9 \leq 10 \cdot 0,85$$

$$3,06 \leq 8,5$$

Умова виконується.

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.10 Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_{xg}} \cdot i$$

де: $L = l + l_1$

l – довжина обробки поверхні деталі;

l_1 – величина врізання інструменту; $l_1 = 1 \text{ мм}$ ([4] додаток 7 с.234)

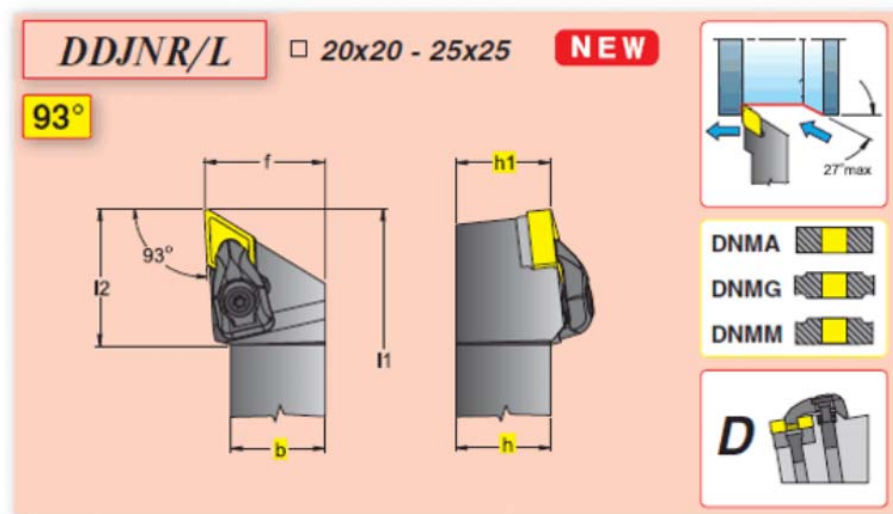
$L = 259,25 \text{ мм}$

$$T_o = \frac{259,25}{400} \cdot 1 = 0,64 \text{ хв}$$

2.Точити деталь остаточно за контуром

1.1 Інструмент – Різець контурний Т30К4, $16 \times 25^\circ$, $\varphi = 93^\circ$.

ТУ 2-35-892-82 PDINR 2525M16 з механічним кріпленням пластини ([11] с.166).



ОБОЗНАЧЕНИЕ		(mm)					МОМЕНТ ЗВ'ЯЗКИ
		$h=h_1$	b	f	l_1	l_2	$M, \text{ Нм}$
DDJNR/L	2020 K 15	20	20	25	125	35	3.9
							1506

Рис.2.3. Різець контурний

1.2 Глибина різання: $t=0,6 \text{ мм}$

1.3 Подача ([4] к.30 с.89)

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_o \cdot K_1 \cdot K_2$$

$S_o = 0,31^{mm/об}$ - подача;

$K_1 = 1,0$ – поправочний коефіцієнт від механічних властивостей оброблюємого матеріалу;

K_2 – не враховується – поправочний коефіцієнт від марки нержавіючих, жароміцних сталей;

$$S_o = 0,31 \cdot 1,0 = 0,31^{mm/об}$$

1.4 Швидкість різання ([4] к.21 с.76):

$V = 117^{mm/хв.}$; $K_1 = 0,9$; $K_2 = 2,15$; $K_3 = 1,15$; K_4, K_5, K_6 – в даному випадку не враховується; $K_7 = 1,25$; $K_8 = 1,22$

$$V = 117 \cdot 0,9 \cdot 2,15 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 1,22 = 397,04^{m/хв.}$$

1.5 Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 397,04}{3,14 \cdot 60} = 2107,43^{хв^{-1}}$$

1.6 Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстату

16К20Ф3: $n_d = 1800^{хв^{-1}}$ (S29)

1.7 Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1800}{1000} = 339,12^{m/хв.} = 5,6^{m/c}$$

1.8 Хвилина подача:

$$S_{хв.} = 0,31 \cdot 1800 = 558^{mm/хв.}$$

Приймаємо $S_{хв.} = 550^{mm/хв.}$ (F550)

1.9 Потужність визначаємо з умови:

$$5,8 \cdot 0,9 \leq 10 \cdot 0,85$$

$$5,22 \leq 8,5$$

Умова виконується

1.10 Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_x} \cdot i$$

$$l_1 = 1^{mm} \text{ ([7] додаток 7 с.234)}$$

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L = 95 \text{ мм}$

$$T_o = \frac{95}{550} \cdot 1 = 0,17 \text{ хв}$$

3.Точити канавку $B=3\text{мм}$.

1.1 Інструмент – Різець канавочний для обробки зовнішніх канавок Т15К6, $16 \times 25^\circ$, $\varphi=95^\circ$, $B=3\text{мм}$

ДСТУ 2И10-7-84 035-2126-1185 з механічним кріпленням пластини ([6] с.164).

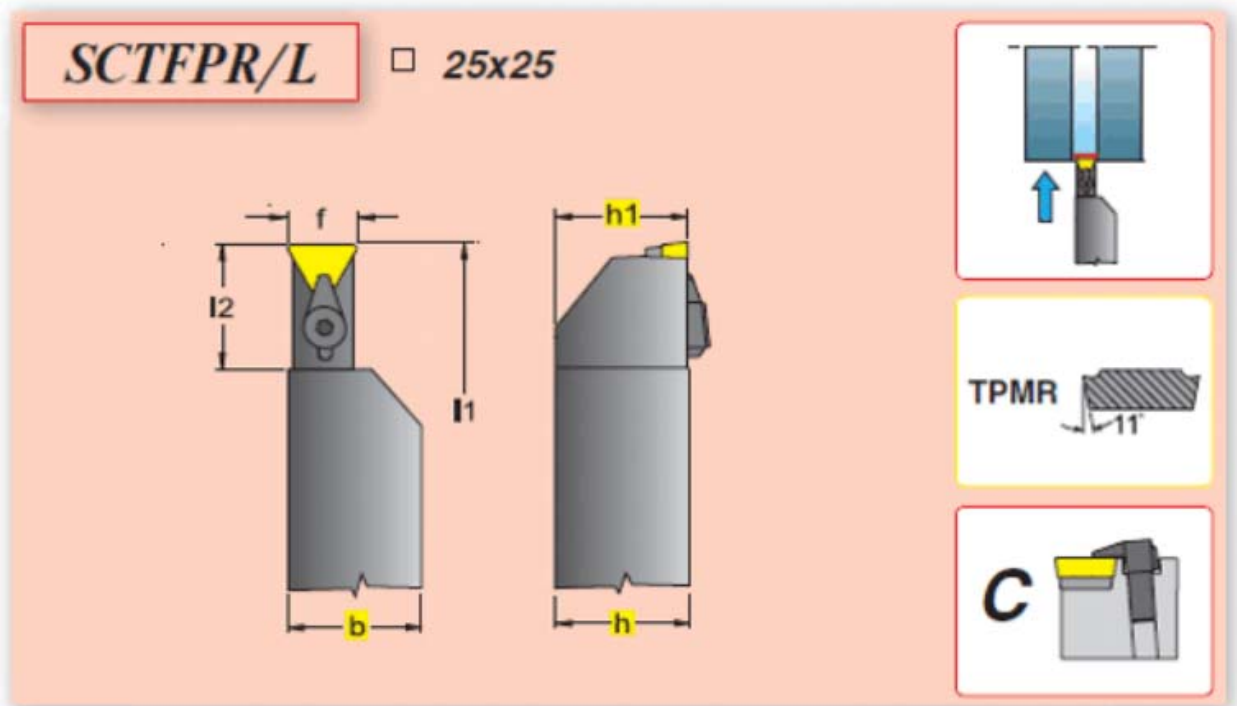


Рис.2.4. Різець карнавочний

1.2 Глибина різання: $t=3\text{мм}$

1.3 Подача ([4] к.29 с.88):

$$S_o \cdot K_1 \cdot K_2$$

$$S_o = 0,1^{\text{мм}/\text{об}} ; K_1 = 0,85 ; K_2 = 0,65$$

$$S_o = 0,1 \cdot 0,85 \cdot 0,65 = 0,05^{\text{мм}/\text{об}}$$

1.4 Швидкість різання ([4] к.50 с.135):

$$V = 50^{\text{мм}/\text{хв}} ; - \text{ швидкість різання}$$

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_1 = 0,85$; - поправочний коефіцієнт на відношення діаметрів.

$K_2 = 1,15$; - поправочний коефіцієнт на період стійкості.

$K_3 = 1,0$; - поправочний коефіцієнт на охолодження.

$K_4 = 1,22$ - поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$V = 50 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,22 = 56,12 \text{ м/хв.}$$

1.5 Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 56,12}{3,14 \cdot 40,12} = 445,47 \text{ хв}^{-1}$$

1.6 Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстату

$$16K20\Phi3: n_d = 450 \text{ хв}^{-1} (S16)$$

1.7 Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 40,12 \cdot 450}{1000} = 56,68 \text{ м/хв.} = 0,94 \text{ м/с}$$

1.8 Хвилина подача:

$$S_{хв.} = 0,1 \cdot 450 = 45 \text{ мм/хв}$$

$$\text{Приймаємо } S_{хв.} = 50 \text{ мм/хв} (F50)$$

1.9 Потужність визначаємо з умови:

$$4,1 \cdot 0,9 \leq 10 \cdot 0,85$$

$$3,69 \leq 8,5$$

1.10 Основний час:

$$l = 0,3 \text{ мм}$$

$$l_1 = 1 \text{ мм} ([7] \text{ додаток 7 с.234})$$

$$L = 1,3 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{1,3}{50} \cdot 1 = 0,02 \text{ хв.}$$

Загальний час на токарно-програмну операцію становить:

$$\Sigma T_o = 0,64 + 0,17 + 0,02 = 0,83 \text{ хв.}$$

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормування технологічного процесу:

010 Токарно-програмна операція

1. Вибираємо допоміжний час на встановлення і закріплення деталі в центрах ([11] к.5 с.39):

$$T_d = 0,63 \text{ хв.}$$

2. Вибираємо допоміжний час, пов'язаний з обробкою, що не включається в програму ([11] к.10 с.51):

- Включити верстат, виключити: $T_d = 0,04 \text{ хв}$
- Ввести корекцію: $T_d = 0,08 \text{ хв}$
- Відкрити загороджувальний щиток: $T_d = 0,03 \text{ хв}$
- Встановити координати X, Z: $T_d = 0,45 \text{ хв}$

$$\text{Всього: } T_d = 0,04 + 0,08 + 0,03 + 0,45 = 0,6 \text{ хв}$$

3. Вибираємо допоміжний час на контрольні заміри ([11] к.11 с.53):

$$T_d = 0,16 \text{ хв}$$

Але. так як, контроль деталей робітником виконується під час обробки деталі, то даний час не враховуємо.

4. Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = \Sigma T_{о. заг.} + \Sigma T_d$$

де: ΣT_o – загальний основний час обробки деталі;

ΣT_d – загальний допоміжний час;

Загальний основний час знайдемо за формулою:

$$\Sigma T_{о. заг.} = \Sigma T_{ао} + \Sigma T_{мд}$$

де: $\Sigma T_{ао}$ – основний час обробки деталі; $\Sigma T_{ао} = \Sigma T_o = 0,83 \text{ хв}$

$\Sigma T_{мд}$ – машино- допоміжний час;

$$\Sigma T_{мд} = T_{х.х} + T_z.$$

де: $T_{х.х}$ – час холостих ходів верстату;

$$T_{х.х} = \frac{l_x}{V_x} + \frac{l_z}{V_z}$$

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{x.x} = \frac{175}{1000} + \frac{879}{1000} = 1,05 \text{ хв}$$

T_3 – загальний час на заміну інструменту;

$$T_3 = 0,3 \text{ хв}$$

$$\text{Звідси: } \Sigma T_{\text{мд}} = 1,05 + 0,3 = 1,35 \text{ хв};$$

$$\Sigma T_o = 0,83 + 1,35 = 2,18 \text{ хв};$$

$$\Sigma T_d = 0,63 + 0,6 = 1,23 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 2,18 + 1,23 = 3,41 \text{ хв}$$

5. Час на обслуговування робочого місця ([7] к.18 с.70):

$$a_{\text{обс.}} = 2,6\% T_{\text{оп}}$$

6. Час на відпочинок ([7] к.19 с.72):

$$a_{\text{відп.}} = 7\% T_{\text{оп}}$$

7. Поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від партії деталей $K_{\text{тв}} = 0,8$ ([7] к.1 с.28)

8. Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = (\Sigma T_o + \Sigma T_{\text{доп}} \times K_{\text{тв}}) \times \left(1 + \frac{a_{\text{обс.}} + a_{\text{відп.}}}{100}\right), \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = (2,18 + 1,23 \cdot 0,8) \cdot \left(1 + \frac{2,6 + 7}{100}\right) = 3,46 \text{ хв}$$

9. Визначаємо норму підготовчо-заключного часу на операцію ([11] к.13 с.60):

$$T_{\text{п.з.}} = 20,5 \text{ хв}$$

10. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \text{ хв}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 3,46 + \frac{20,5}{60} = 3,80 \text{ хв}$$

055 Вертикально-фрезерна операція

1. Вибираємо допоміжний час на встановлення і закріплення деталі в спецпристрої ([11] к.16 с.54):

$$T_d = 0,22 \text{ хв}$$

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вибираємо допоміжний час, пов'язаний з переходом ([11] к.31 с.108):

$$T_d = 0,14 \text{ хв}$$

3. Вибираємо допоміжний час, не ввійшовший в комплекси ([11] к.31 с.108):

$$T_d = 0,05 \text{ хв}$$

4. Вибираємо допоміжний час на контрольні заміри ([11] к.86 с.153):

$$T_d = 0,20 \text{ хв}$$

Але так як контроль деталей робітником виконується під час обробки деталі, то даний час не враховуємо.

5. Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = \Sigma T_o + \Sigma T_d$$

$$T_{оп} = 2,5 + (0,22 + 0,14 + 0,05) = 2,25 + 0,41 = 2,91 \text{ хв}$$

6. Час ра обслуговування робочого місця ([11] к.32 с.110):

$$a_{обс.} = 3\% T_{оп}$$

7. Час на відпочинок ([11] к.88 с.203):

$$a_{відп.} = 4\% T_{оп}$$

8. Час на партію деталей визначаємо за формулою:

$$T_{пр} = \frac{2,91 \cdot 60}{480} = 0,3 \text{ змін}$$

Поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від партії деталей

$$K_{тв} = 1,32 \text{ ([10] к.1 с.31)}$$

9. Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{шт} = (2,50 + 0,41 \cdot 1,32) \cdot \left(1 + \frac{3+4}{100}\right) = 3,25 \text{ хв}$$

10. Визначаємо норму підготовчо-заключного часу на операцію: $T_{п.з.} = 24 \text{ хв}$

11. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт.к.} = 3,25 + \frac{24}{60} = 3,65 \text{ хв}$$

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок спеціального пристосування для обробки шпонкового пазу

Проектування спеціального пристосування виконуємо для 055 фрезерної операції. На даній операції виконується фрезерування паза шириною 12 мм на довжину 76 мм. Дана операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6P13.

На операції використовується фреза шпонкова Р6М5 з конічним хвостовиком $D=12$ ДСТУ 9140-98.

Операційний ескіз деталі з характеристикою точності та шорсткості технологічних баз та поверхонь, що обробляються

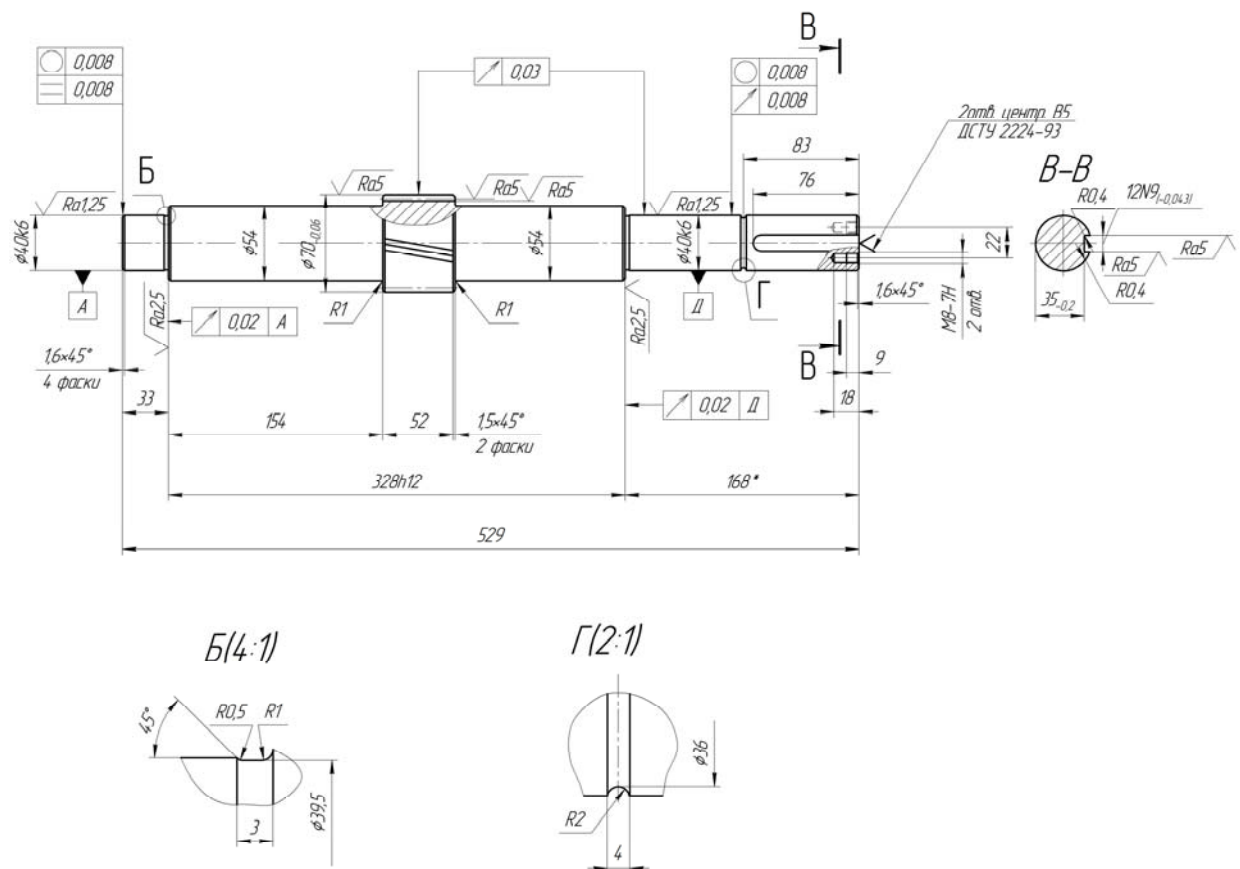


Рис.3.1. Загальний вигляд деталі та розміри паза

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	33

3.2. Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій операції

Правильно вибрана схема базування забезпечує необхідне положення деталі при обробці, мінімальну похибку базування, та задану точність обробки.

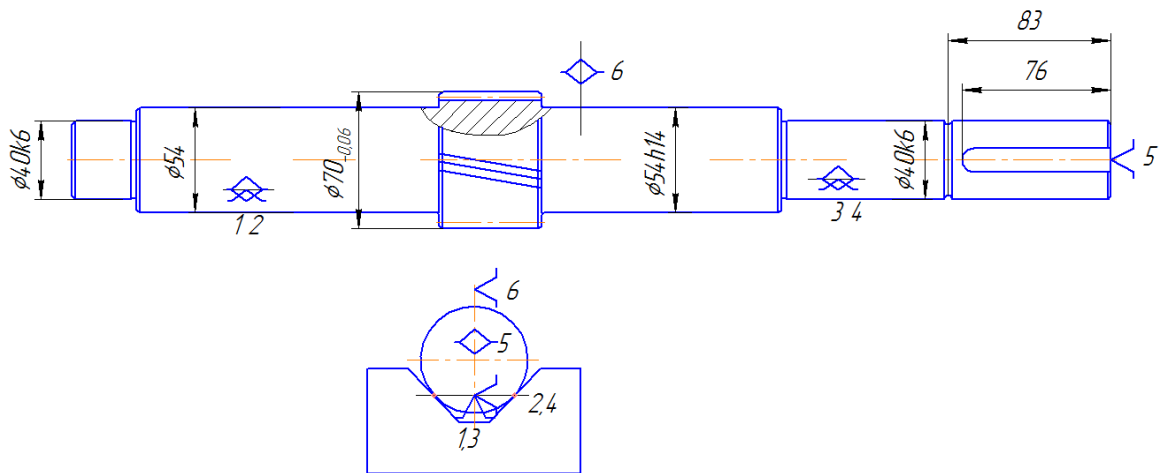


Рис.3.2. Схема базування заготовки на фрезерній операції

Розрахунок похибок базування розмірів, що виконуються на заданій операції

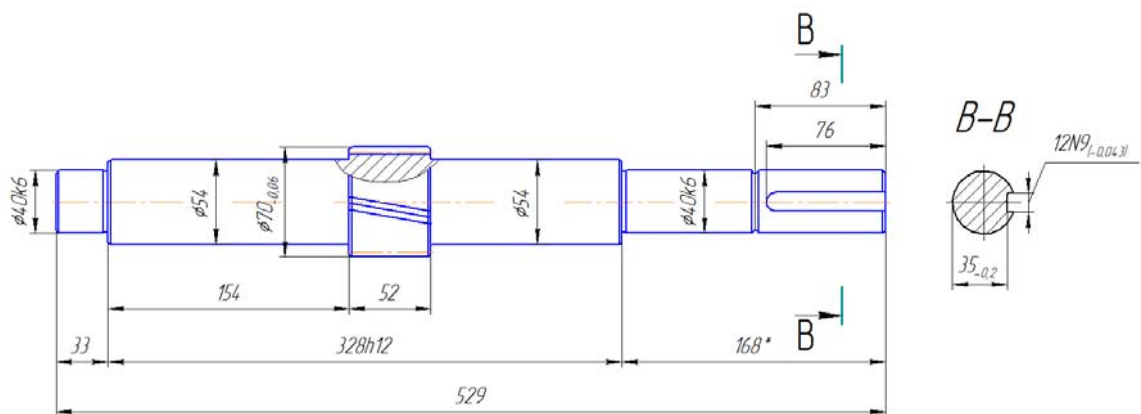


Рис.3.3. Похибки базування розмірів

Похибка базування в радіальному напрямі в даному випадку дорівнює допуску на розмір $\varnothing 54h14$. Тобто:

					Арк.
					34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$E_6 = 0,5 Td \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right)$$

е: Td – допуск на розмір $\varnothing 54h14$

α - кут призми, на яку встановлюється деталь

За літературою [8] знаходимо значення допуску:

$$Td_{\varnothing 54h14} = 0,62 \text{ мм}$$

Кут призми приймаємо стандартним:

$$\alpha = 90^\circ$$

Підставивши відповідні значення у формулу, отримаємо:

$$E_6 = 0,5 \cdot 0,62 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45} - 1 \right) = 0,12 \text{ мм}$$

За кресленням допустиме значення відхилення шпонкового пазу – 0,2 мм. І так як $0,12 < 0,2$, то умова точності базування виконується. Тому даний вид базування дає гарантовану точність пристрою при фрезеруванні шпонкового пазу 12N9.

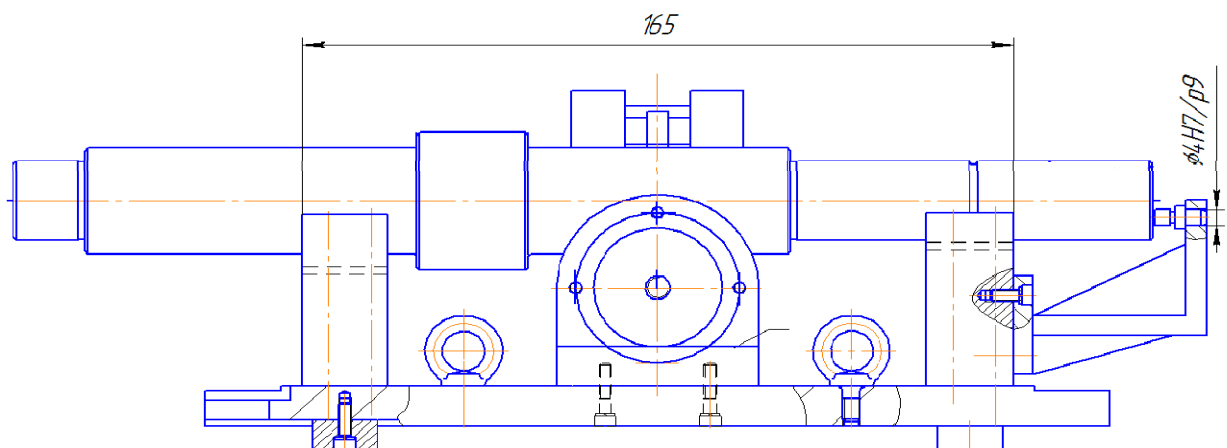
$$E_{676} = 0$$

Тому, що вимірювальна та технологічна бази співпадають.

E_{612} = похибці виготовлення інструменту.

3.3. Вибір конструкції та проєктування кінематичної схеми затискного механізму пристрою

Принципова схема конструкції зображена на рис.3.3.



						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

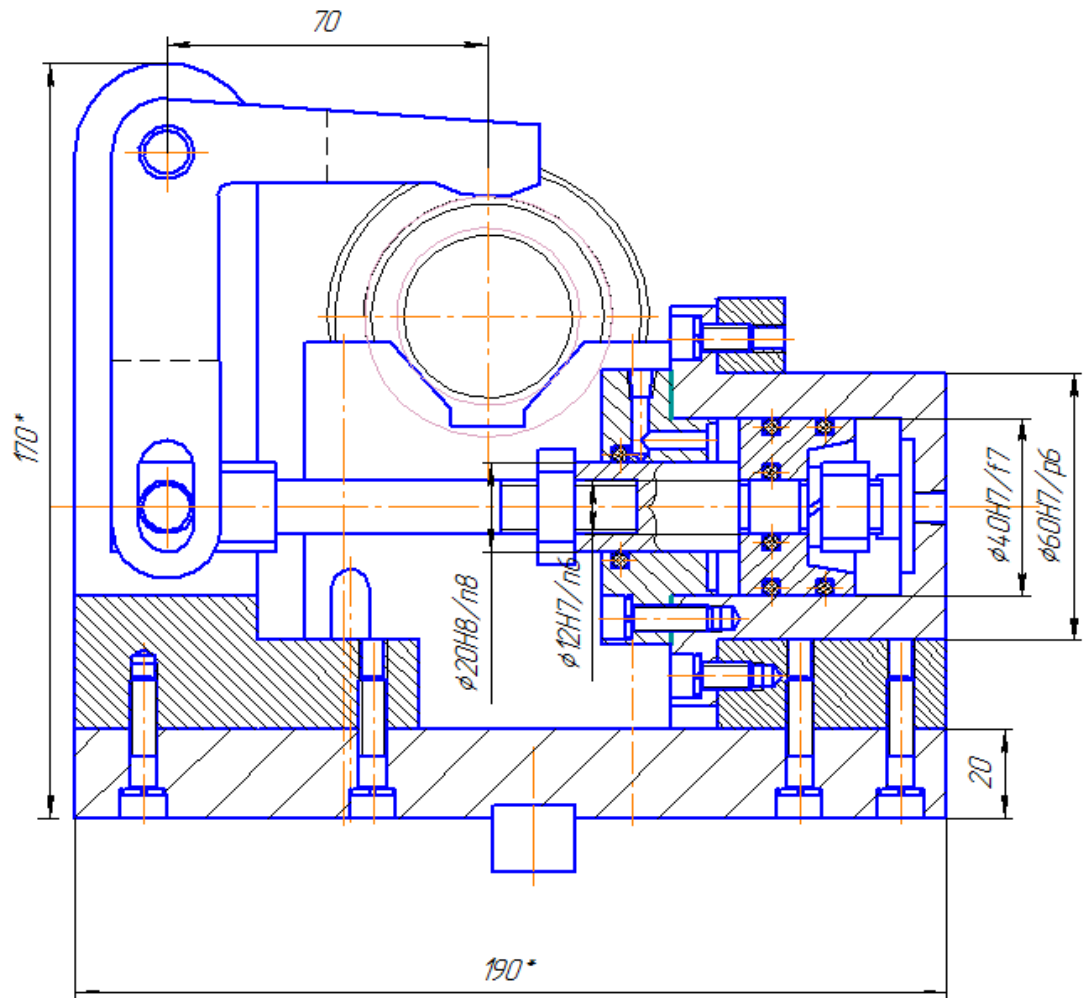


Рис. 3.3. Принципова схема конструкції

Беручи до уваги значення затискної сили заготовки, в якості затискного механізму приймаємо механізований гідроциліндр 2х – сторонньої дії. Зусилля затиску здійснюється при подаванні рідини в без штокову порожнину. Це значить, що циліндр працює в штовхаючому режимі.

Для розрахунку приймаємо відношення діаметрів штоку і поршня, як 1:2.

Записуємо формулу сили затиску від гідроциліндра:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta$$

де π - стандартне значення, що дорівнює 3,14.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	36

D – діаметр поршня

P – тиск у гідромережі; приймаємо 10 Мпа

η - ККД, для гідроциліндрів $\eta=0,85$

Беручи до уваги конструкцію прихвата й виходячи зі співвідношення плечей прихвату $L_2/L_1=1/1,5$ сила затиску заготовки буде дорівнювати:

$$Q_3 = 1,5 \cdot Q_{\text{ц}} \cdot \eta$$

Звідси:

$$Q_{\text{ц}} = Q_3 / 1,5 \cdot \eta$$

З формули знаходимо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_3}{1,5 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5581,9}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,85^2}} = 25,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартні значення:

$$D_{\text{п}} = 40 \text{ мм; } d_{\text{шт.}} = 20 \text{ мм; } d \text{ (різьби в штокові)} = 12 \text{ мм.}$$

Знаходимо реальну силу затиску заготовки за формулою :

$$Q_3 = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} \cdot 10 \cdot 0,85 = 10676 \text{ Н} = 10,6 \text{ кН}$$

$$10676 \geq 5580$$

Умова виконується.

Опис пристрою та принципу його дії

За службовим призначенням даний пристрій є спеціальним верстатним пристроєм. Це пояснюється тим, що у цьому пристрої фрезерується паз в деталі “Вал-шестерня” на вертикально фрезерувальному верстаті і інші операції у заданому пристрої виконати неможливо, тобто, цей пристрій служить лише для однієї операції.

За типом затискного механізму пристрій є механізованим. Затиск заготовки здійснюється за допомогою приводу та важелю.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За кількістю одночасно-встановлених деталей пристрій одномісний, за кількістю позицій – однопозиційний. Це пояснюється тим, що у пристрої одночасно при виконанні операції обробляється лише одна заготовка, що знаходиться в одному і тому ж положенні на протязі повної обробки. Даний пристрій збільшує продуктивність праці, так як зменшується норма часу на операцію через зменшення допоміжного часу на встановлення деталі; полегшує працю робітника-фрезерувальника; підвищує точність встановлення заготовки; підвищує безпечність та культуру виробництва.

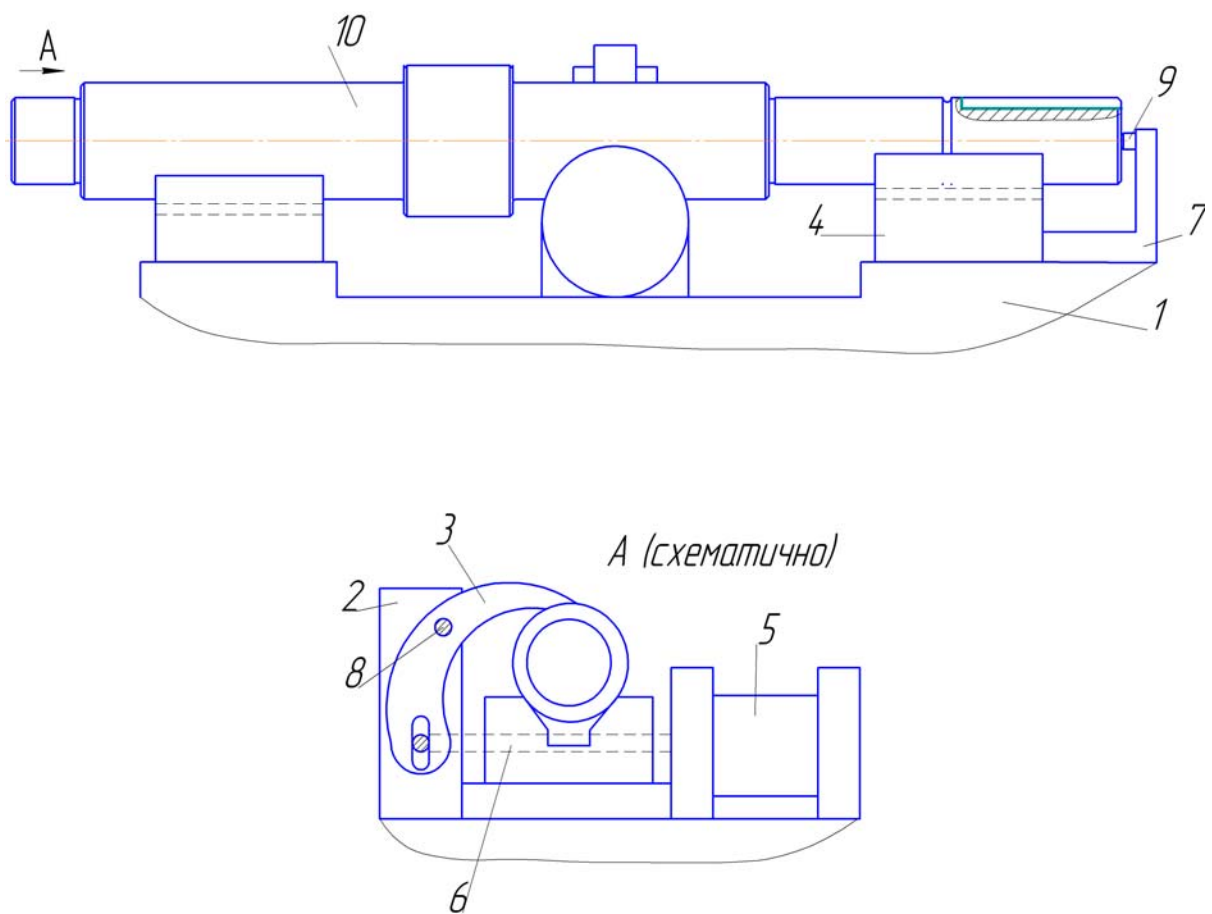


Рис.3.4. Принципова схема будови пристрою:

1-корпус; 2- стійка; 3- прихват; 4- призма (2шт.); 5- привод; 6- тяга; 7- упор;
8- вісь (2шт.); 9- палець; 10- заготовка

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської роботи було здійснено комплексне техніко-технологічне обґрунтування процесу виготовлення деталі «вал-шестерня» в умовах серійного виробництва.

У загальнотехнічному розділі проведено детальний аналіз конструкції деталі, визначено її функціональне призначення, досліджено властивості та хімічний склад матеріалу, оцінено технологічність конструкції. Встановлено обсяг випуску продукції, на підставі чого обрано раціональний тип виробництва.

У технологічному розділі обґрунтовано вибір заготовки - гарячощампованої на кривошипному пресі. Проведено розрахунок припусків та розроблено технологічний маршрут виготовлення. Обрано оптимальне обладнання, інструментальне оснащення, режими різання та нормативи часу, що відповідають вимогам серійного виробництва.

У конструкторському розділі спроектовано спеціальне пристосування для обробки шпонкового пазу, розроблено кінематичну схему затискного механізму та запропоновано раціональну схему базування заготовки. Ці рішення забезпечують точність, надійність фіксації та стабільність процесу обробки.

Узагальнюючи результати роботи, можна зробити висновок, що удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «вал-шестерня» дозволяє підвищити продуктивність, зменшити витрати матеріалу та забезпечити високу якість готового виробу відповідно до вимог серійного виробництва.

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Винокуров В. А., Лапшин В. І. Технологія машинобудування: Підручник. - К.: Вища школа, 2018. - 432 с.
2. Бобровський В. І., Поляков В. В. Основи технології машинобудування. - Харків: НТУ "ХПІ", 2020. - 368 с.
3. Сидоренко В. К. Технологія обробки металів різанням. - К.: Либідь, 2017. - 480 с.
4. Гаврилук В. П., Литвиненко Ю. І. Процеси та обладнання обробки тиском. - Львів: Видавництво ЛНТУ, 2019. - 292 с.
5. Бернекер І. А., Шаповалов М. Г. Штампування та гаряча обробка металів. - Київ: Видавництво НАУ, 2021. - 256 с.
6. Хоменко М. В. Проектування пристроїв для верстатної обробки. - Суми: СумДУ, 2016. - 304 с.
7. Каталог стандартного обладнання і оснащення для металообробки. - Харків: УкрМашОснащення, 2022.
8. Красовський М.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. - Курсове проектування з технології машинобудування, 2010. - 234 с.
9. Мельничук П.П., Полонський Л.Г., Серов В.В. і др. - Збірник задач і вправ з технології машинобудування, 2001. - 316 с.
10. Яновський В.А., Сніцар В.Г. - Технологічна оснастка: Практичні
11. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. - К.: "Кондор", 2008. - 726 с.
12. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. - Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей / Під заг. ред. В.А. Кириловича. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 600 с.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		