

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Вдосконалення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Колесо зубчасте» із метою підвищення його надійності з використанням САД, САЕ та передових технологій обробки

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Лещенко К. П.
Керівник випускної роботи:
Кравцова Д. Ю.

Кривий Ріг
2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Вдосконалення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Колесо зубчасте» із метою підвищення його надійності з використанням САД, САЕ та передових технологій обробки

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Лещенко К.П.

Керівник КБР

(підпис)

Кравцова Д.Ю.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечаєв В.П.

м. Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую

Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Лещенко Кирило Павлович

1. Тема: Вдосконалення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Колесо зубчасте» із метою підвищення його надійності з використанням САД, САЕ та передових технологій обробки

Керівник проекту: к.ф.-м.н Кравцова Д.Ю.

Затверджена наказом по КНУ № 253с від 08.04.2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення складального вузла. 2. Креслення деталі. 3. Річна програма випуску деталей. 4. Технічна характеристика складального вузла.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Загальна частина. 2. Технологічна частина. 3. Конструкторська частина. 4. Організаційно-економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення деталі. 2. Креслення складального вузла. 3. Креслення ескізів операцій. 4. Інженерний аналіз випробовування деталі «Колесо зубчасте» з використанням САЕ технологій.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи містить: 58 сторінок, 54 рисунків, 15 таблиць, 4 листа графічної частини.

Мета роботи: вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталі «Колесо зубчасте», а саме: підвищення надійності за рахунок поліпшення механічних властивостей деталі шляхом заміни базових видів термічної обробки, підвищення техніко-економічної ефективності шляхом використання нових верстатів з ЧПК, оцінка надійності шляхом випробовування деталі з використанням САЕ технологій.

У першому розділі розглянуто службове призначення деталі, вибір матеріалу і аналогів, проведено аналіз якості поверхонь деталей та технічний контроль робочого креслення.

У другому розділі показано методи обробки деталі, розроблено маршрутно-технологічний процес, призначено ріжучі та допоміжні інструменти, визначені режими обробки та нормування операцій, економічно обґрунтовано спосіб отримання заготовок, проаналізовано технологічність деталі.

У третьому розділі призначено технологічне устаткування та пристрої до нього, оцінено надійність конструкції деталі з використанням САЕ-системи SolidWorks Simulation.

У четвертому розділі описано охорону та безпеку праці на виробництві, оцінено економічну ефективність виробництва, розроблено організацію виробництва із застосуванням сучасних технологічних рішень, а саме підвищено надійність роботи поверхні деталі за рахунок зниження зношуваності шляхом проведення локальної хіміко-термічної обробки зубців.

КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ, РЕДУКТОР ЗУБЧАСТИЙ ЦИЛІНДРИЧНИЙ, ВИПРОБОВУВАННЯ В SOLIDWORKS SIMULATION, ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ, АЗОТУВАННЯ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.Р</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>			<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архув.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Нечасів</i>						

6
ABSTRACT

The explanatory note to the qualifying bachelor thesis contains: 58 pages, 54 figures, 15 tables, 4 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: improvement of the technological processes of manufacturing the "Gear wheel" part, namely: increasing reliability by improving the mechanical properties of the part by replacing basic types of heat treatment, increasing technical and economic efficiency by using new CNC machines, assessing reliability by testing the part using CAE technologies.

In the first section, the service purpose of the part, the choice of material and analogues, the analysis of the quality of the surface of the parts and the technical control of the working drawing are considered.

In the second chapter, the methods of processing the part are shown, the routing and technological process is developed, cutting and auxiliary tools are assigned, the modes of processing and normalization of operations are determined, the method of obtaining blanks is economically substantiated, and the manufacturability of the part is analyzed.

In the third section, the technological equipment and devices for it are assigned, the reliability of the part design is evaluated using the SolidWorks Simulation CAE system.

The fourth chapter describes labor protection and safety in production, evaluates the economic efficiency of production, develops the organization of production with the use of modern technological solutions, namely, increases the reliability of the surface of the part by reducing wear and tear by conducting local chemical-thermal treatment of teeth.

GEAR WHEEL, CYLINDRICAL GEAR REDUCER, SOLIDWORKS SIMULATION TESTING, HEAT TREATMENT IMPROVEMENT, NITRIDING.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.Р</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Лещенко</i>				<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ зр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Нечасів</i>							

7
ЗМІСТ

№	Назва розділу	Стор.
	ВСТУП	
1	ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	
1.1	Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і аналогів	
1.2	Аналіз якості поверхонь деталей	
1.3	Технічний контроль робочого креслення	
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1	Аналіз технологічності деталі	
2.2	Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки	
2.3	Вибір методів обробки	
2.4	Вибір конструкторських, технологічних і вимірювальних баз	
2.5	Розробка маршрутної технології обробки деталі	
2.6	Вибір ріжучого і допоміжного інструменту	
2.7	Вибір засобів технічного контролю	
2.8	Визначення режимів обробки	
2.9	Нормування операцій	
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
3.1	Вибір технологічного устаткування	
3.2	Вибір пристроїв	
3.3	Випробовування деталі «Колесо зубчасте» з використанням САЕ технологій	
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
4.1	Охорона і безпека праці на виробництві	
4.2	Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва	
4.3	Організація виробництва із застосуванням сучасних технологічних рішень	
	ВИСНОВОК	
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	
	ДОДАТКИ	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.3</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>			<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Нечасів</i>						

8
ВСТУП

Технологія машинобудування перебуває на постійному етапі розвитку, спрямованому на вдосконалення виробництва машин і комплексів. Прогрес у цій галузі полягає в упровадженні безвідходних та енергозберігаючих технологій, а також технологій, що не потребують людського втручання.

Сучасний рівень технології виготовлення деталей в машинобудуванні включає в себе використання різноманітних методів, таких як обробка на верстатах з ЧПУ, лазерне обробка, азотування, тощо. Основна суть роботи в цій області полягає в розробці та вдосконаленні технологічних процесів виготовлення деталей з метою забезпечення їх якості, точності та ефективності виробництва.

Однією з актуальних задач у сфері виготовлення деталей є зменшення відходів матеріалів, оптимізація процесів обробки та зменшення споживання енергії. Це дозволяє економити ресурси та знижувати витрати на виробництво, що є важливим з точки зору економічної й екологічної стійкості.

Метою роботи в даній області може бути розробка нових технологій виготовлення деталей, вдосконалення існуючих процесів, а також їх практична реалізація на виробництві. Область застосування таких розробок широка і охоплює будь-які сфери, де використовуються машини і технічні пристрої.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Нечасв</i>						
						<i>Кафедра ТМ</i> <i>гр. ПМ-20</i>		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Зубчасте колесо – деталь механізму, яка призначена для передачі обертального моменту та крутного зусилля між валами. З основних функцій можна виділити передачу обертального руху, збільшення крутного моменту, зміна швидкості обертання та безпосередньо з'єднання валів між собою.

Окрім вищезазначених, зубчасті колеса також виконують ряд допоміжних функцій, такі як фіксація валів, захист від перевантажень та регулювання обертального руху.

На кресленні деталі «Зубчасте колесо» показані головний вид та переріз зубчастого колеса, а також таблицю параметрів колеса. Проставлені всі потрібні розміри, шорсткість та допуски, які необхідні для виготовлення деталі.

Заготовка для деталі є вилівок зі Сталі 45Л, що характеризується високою міцністю та помірною в'язкістю.

В якості замініків даного матеріалу можуть виступати сталі 50Л та 40Л. Як видно з таблиць 1.1 та 1.2, сталі мають подібний хімічний склад і механічні властивості. Для досягнення необхідних властивостей сталь піддають термічній обробці, яка полягає у гартуванні і відпуску. Гартування сталі проводять при 860–880°C з охолодженням в маслі, а відпуск при 630–650°C з охолодженням на повітрі. У результаті термічної обробки підвищується твердість, а значить і зносостійкість сталі.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 та її замініків

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
				не більше				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40Л	0,37-0,45	0,2-0,52	0,4-0,9	0,3	0,3	0,3	0,04	0,045
50Л	0,47-0,55	0,2-0,52	0,4-0,9	0,3	0,3	0,3	0,04	0,045
45Л	0,42-0,5	0,2-0,52	0,4-0,9	0,3	0,3	0,3	0,04	0,045

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.01.34</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Лещенко</i>				<i>Загальна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Нечасв</i>							

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталей

Марка сталі	σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_H , Дж/см ²	Твердість НВ
	не менше					не більше
1	2	3	4	5	6	7
40Л	300	530	14	25	29	146-173
50Л	400	750	14	20	29	174
45Л	290	520	10	18	24	148-217

Аналіз табличних даних свідчить, що підвищений вміст вуглецю у Ст. 50Л сприяє збільшенню твердості, тоді як додавання легуючих елементів до Ст. 40Л поліпшує її механічні властивості. Проте, наші вимоги задовільняє Ст. 45Л, тому використовуємо її.

1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

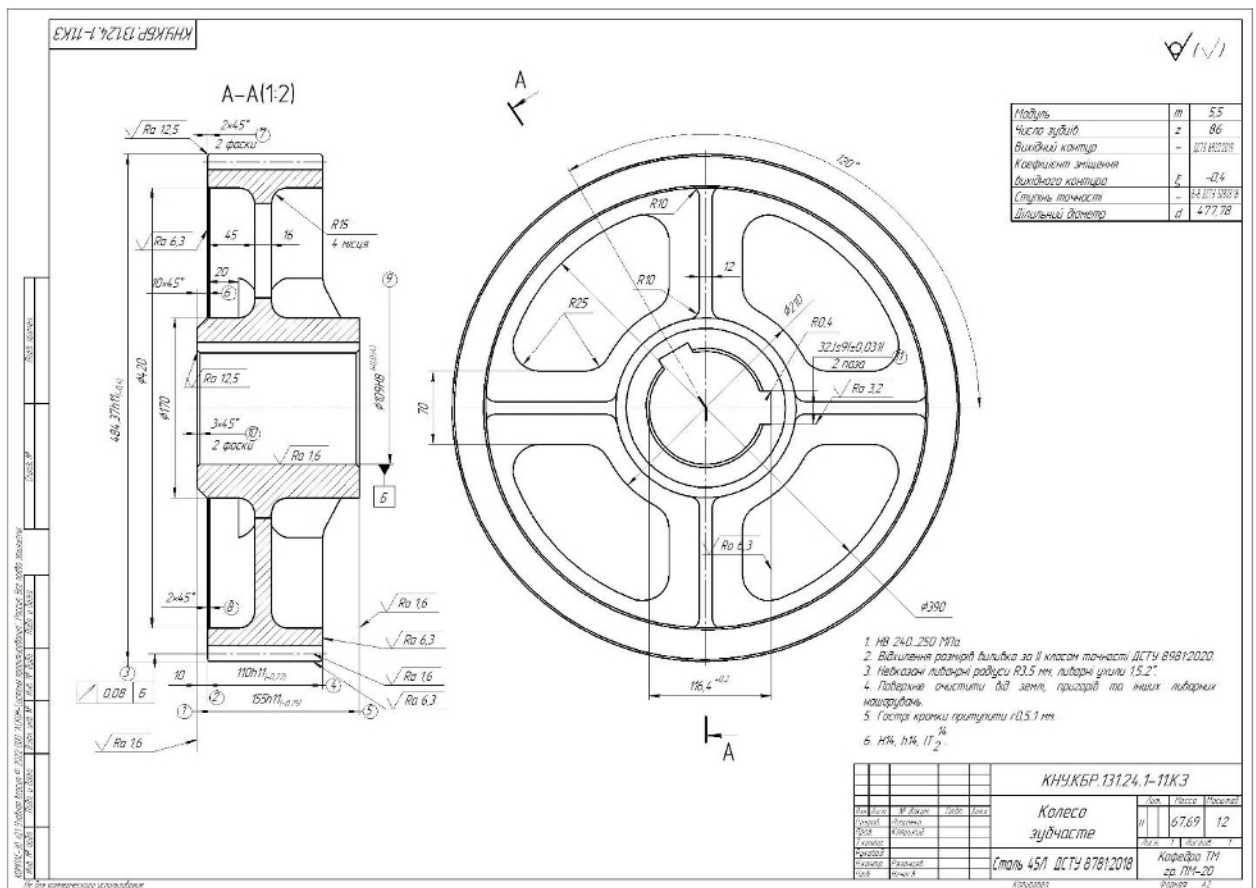


Рисунок 1.1 – Деталь з пронумерованими основними, допоміжними і спряженими поверхнями

Основними поверхнями, що відповідають за розміщення зубчастого колеса у вузлі, є центральний отвір 9 та шпонокові пази 11. До них поставлені високі вимоги по точності та шорсткості. Зубці колеса 12 належать до допоміжних поверхонь. Інші поверхні, що визначають форму деталі, є вільними.

Основні поверхні виконують шорсткістю:


1. для центрального отвору 9 – Ra 1,6;
2. для шпоночних пазів 11 – Ra 3,2.

Точність допоміжних поверхонь за діаметром складає Ra 1,6. Таким чином, всі поверхні деталі мають вимоги, відповідно до їх функціонального призначення.

З огляду на кінцеві вимоги до точності та якості поверхонь деталей, вибирають послідовні технологічні методи обробки, які забезпечать відповідну якість поверхонь.

Дані заносимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз якості поверхонь деталей

№	Розмір, мм	Квалітет точності IT	Відхилення розміру	Шорсткість Ra, мм	Відхилення форми
1	2	3	4	5	6
1 5	L = 155	h11	es = 0; ei = -0.25	1,6	-
2	L = 10	h11	es = 0; ei = -0.22	6,3	-
3	Ø484	h11	es = 0; ei = -0.4	6,3	-
4	L = 120	h11	es = 0; ei = -0.22	6,3	-
6	10×45°	h14	es = 0; ei = -0.36	12,5	-
7 8 10	2×45°	h14	es = 0; ei = -0.25	12,5	-
9	Ø109	H8	ES = +0,054; EI = 0	1,6	-
11	b = 32	Js9	es = +0,031; ei = -0,031	6,3	-
12	z = 86 m = 5,5	8-B	-	1,6	

1.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні (Рис. 1.1) показано зубчасте колесо видом спереду та його перерізом. Це дозволяє чітко уявити форму та габарити деталі. Всі розміри

					КНУ.КБР.131.24.1-11.01.34	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

проставлені на кресленні. Більшість розмірів мають стандартну точність 14-го квалітету. Це стосується і радіусів, галтель та фасок.

Шорсткість основних, допоміжних і спряжених поверхонь указана на самих поверхнях або на виносних лініях. У штампі креслення зазначена назва деталі, матеріал, з якого вона виготовляється (сталь 45Л), маса деталі (67,69 кг), масштаб виконання (1:2). Таким чином, креслення має всі необхідні дані й дає повну уяву про розміри, форму деталі й вимоги до її якості.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.01.34</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності деталі

Технологічність визначається комплексом характеристик конструкції виробу, які впливають на ефективність його виробництва, експлуатацію та можливість проведення ремонтних робіт з мінімальними витратами.

Оцінюємо технологічність зубчастого колеса вагою 67,69 кг, виготовленого зі сталі 45Л.

Метод виготовлення: лиття в піщано-глинисту форму, по II класу точності. Маса заготовки складає 74,4 кг.

Трудомісткість механічної обробки деталі складає $T_H = 39$ хвилин, порівняно з базовою трудомісткістю $T = 50$ хвилин.

Технологічна собівартість деталі C_T дорівнює 3163 грн, у порівнянні з базовою технологічною собівартістю аналогу $C_{б.т.} = 3300$ грн.

Таблиця 2.1 – Аналіз якості поверхонь

Найменування поверхні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності	Параметр шорсткості, мкм
1	2	3	4	5
Отвір головний	1	1	H8 ^{+0,054}	0,16
Торець колеса	2	-	h11 _{-0,25}	0,16
Фаска	6	6	h14	1,25
Шпонковий паз	2	2	Js9 ^{±0,031}	0,63
Верх основи	1	-	h11 _{-0,22}	0,63
Низ основи	1	-		
Зубці колеса	86	86	8-B	0,16
Всього	$Q_e = 99$	$Q_{ve} = 95$		

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Технологічна частина</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Нечасєв</i>			<i>гр. ПМ-20</i>		

2.1.1 Якісний аналіз технологічності:

Зубчасте колесо виготовлене зі сталі марки 45Л, що є недорогим та добре оброблюваним матеріалом. Заготовка отримана шляхом лиття у піщано-глиняну форму з машинною формовкою за металевими моделями. Цей метод є продуктивним та економічно доцільним, оскільки деталь має багато поверхонь, які не потребують обробки.

Деталь складається з простих фігур, має правильну геометричну форму. Отвір стандартизований та уніфікований, наскрізний, перпендикулярний площинам. Велика вага обумовлює велику трудомісткість обробки. Всі поверхні доступні для підведення та відведення інструменту. Точність розмірів можна одержати на верстатах нормальної точності.

Виходячи з якісного аналізу, можна вважати деталь технологічною.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності:

1) Рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення:

$$K_{т.п.} = T/T_б \quad (2.1)$$

$$K_{т.п.} = 39/50 = 0,78$$

Трудомісткість нижче на 22% – деталь технологічна.

2) Рівень технологічності конструкції по технологічній собівартості:

$$K_{т.с.} = C/C_{б.с.} \quad (2.2)$$

$$K_{т.с.} = 3300/3163 = 1,1$$

Собівартість знизилась на 10,5% – деталь технологічна.

3) Коефіцієнт використання матеріалів:

$$K_{в.м.} = 67,69/74,4 = 0,91 \quad (2.3)$$

Так як коефіцієнт близький до 1, то робимо висновок, що деталь технологічна.

4) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{у.е.} = 95/99 = 0,96 \quad (2.4)$$

Так як коефіцієнт близький до 1, то робимо висновок, що деталь технологічна.

5) Коефіцієнт точності обробки:

$$T_{сер} = (8 \times 8 + 11 \times 3 + 9 \times 2 + 14 \times 6) / 99 = 8,39 \quad (2.5)$$

$$K_{т.ч.} = 1 - (1/8,39) = 1 - 0,12 = 0,88 \quad (2.6)$$

Деталь технологічна, тому що коефіцієнт більший за 0,8.

6) Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$Ш_{сер} = (0,16 \times 89 + 1,25 \times 6 + 0,63 \times 4) / 99 = 330,4 / 99 = 3,34 \quad (2.7)$$

$$K_{т.ш.} = 1 / 3,34 = 0,29 \quad (2.8)$$

Деталь технологічна, тому що коефіцієнт менший за 0,32.

З розрахунків можна зробити висновок, що деталь є технологічною.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Вибір методу отримання заготовки регулюється матрицею впливу певних факторів. (Табл. 2.2). При обираї способу виготовлення найважливішим аспектом є отримання потрібної якості при найменших затратах та витримування форм та розмірів, які прописані в кресленні.

Аналізувати заготовки будемо за зберіганням форм та розмірів заготовки; точністю та якістю поверхні, яка отримується; технологічністю властивостей матеріалів та економією матеріалів. Обирати будемо той варіант, де буде найбільша кількість плюсів.

Таблиця 2.2 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Лиття	+	+	-	+	3
Ковка	+	-	+	-	2
Штампування	-	+	+	+	3

Висновок: лиття та штамповка – оптимальні способи отримання заготовки.

Вартість заготовки:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (2.6)$$

M – маса заготовки;

C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки;

K_n – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_c – коефіцієнт, що враховує виготовлення заготовок;

$K_{оп}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

q – чиста маса деталі;

$Ц$ – ціна 1 кг відходів;

$Z_о$ – заробітна плата по операціям механічної обробки, грн.

Вартість відливки:

$$A = 112 \cdot 60 \cdot 0,58 \cdot 0,97 \cdot 0,73 - (112 - 67,69) \cdot 10 = 2317 \text{ грн}$$

Вартість поковки штампованої:

$$A = 112 \cdot 50 \cdot 0,85 \cdot 1,26 \cdot 0,96 - (112 - 67,69) \cdot 10 = 5315 \text{ грн}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що вибір відливка в якості заготовки є економічно вигідним.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.3 Вибір методів обробки

Спосіб обробки поверхонь визначається жорсткими вимогами до їх точності, шорсткості та взаєморозташування. Досягти необхідних параметрів можна різними методами, обираючи оптимальний з урахуванням габаритів, якості заготовки, властивостей матеріалу, наявного обладнання, економічності обробки та інших факторів.

Дані заносять в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – План обробки основних поверхонь деталі

Поверхні деталі	Креслярські вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	точність	шорсткість	операції	точність	шорсткість
1	2	3	4	5	6
155h11	155 _{-0,25}	Ra 1,6	Підрізання торців чорнове	IT14	Ra 12,5
			Підрізання торців напівчистове	IT13	Ra 6,3
			Підрізання торців чистове	IT12	Ra 3,2
			Шліфування попереднє	h11 _{-0,25}	Ra 1,6
10h11	10 _{-0,22}	Ra 6,3	Підрізання торців чорнове	IT14	Ra 12,5
			Підрізання торців напівчистове	h11 _{-0,22}	Ra 6,3
Ø484h11	Ø484 _{-0,4}	Ra 6,3	Точіння чорнове	IT14	Ra 12,5
			Точіння напівчистове	h11 _{-0,4}	Ra 6,3
120h11	120 _{-0,22}	Ra 6,3	Підрізання торців чорнове	IT14	Ra 12,5
			Підрізання торців напівчистове	h11 _{-0,22}	Ra 6,3
2×45°	-	Ra 12,5	Зняття фаски	h14	Ra 12,5
10×45°	-	Ra 12,5	Зняття фаски	h14	Ra 12,5

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
Ø109H8	Ø109 ^{+0,054}	Ra 1,6	Розточення чорнове	IT14	Ra 12,5
			Розточення напівчистове	IT11	Ra 6,3
			Розточення чистове	IT9	Ra 3,2
			Шліфування попереднє	H8 ^{+0,054}	Ra 1,6
32Js9	32 ^{±0,031}	Ra 6,3	Протягування пазу	Js9 ^{±0,031}	Ra 6,3
Ø484 z = 86 m = 5,5	-	Ra 1,6	Нарізування зубців	8-B	Ra 1,6

2.4 Вибір конструкторських, технологічних і вимірювальних баз

Форма деталі зумовлює правила її базування, зубчасте колесо має форму обертання. В залежності від свого призначення та де деталь застосовуються бази поділяють на три типи.

1. Конструкторські: визначають положення деталі в складі вузла. В даному випадку зубчастого колеса, конструкторськими базами є центральний отвір 9 та шпонкові пази 11.

2. Вимірювальні: Використовуються для вимірювання розмірів та контролю відносного розташування поверхонь.

3. Технологічні: Застосовуються при складанні, вимірюванні або механічній обробці.

Теоретичні та умовні схеми базування на токарній, протяжній, зубообробній та шліфувальній операціях представлені на Рис 2.1, Рис 2.2, Рис 2.3, Рис 2.4, Рис 2.5, Рис 2.6 та Рис 2.7.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Токарна операція (обробка правої сторони):

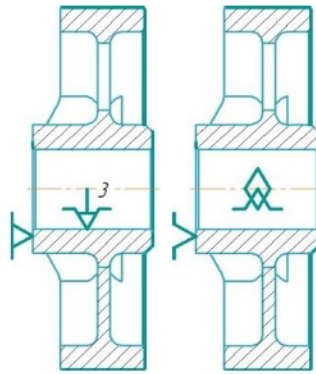


Рис 2.1 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

Токарна операція (обробка лівої сторони):

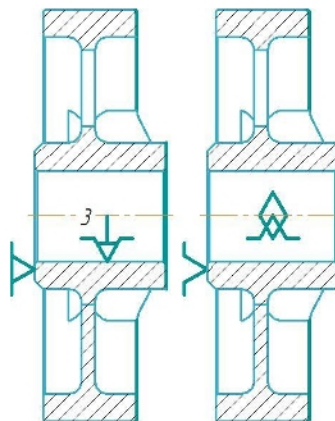


Рис 2.2 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

Токарна операція (розточення):

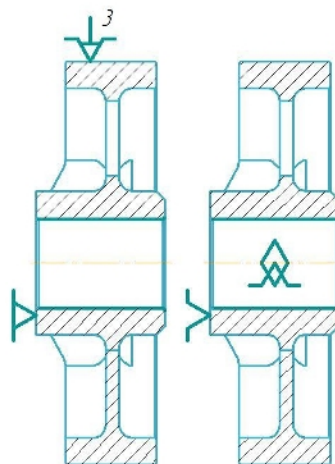


Рис 2.3 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Протяжна операція (протягування пазу):

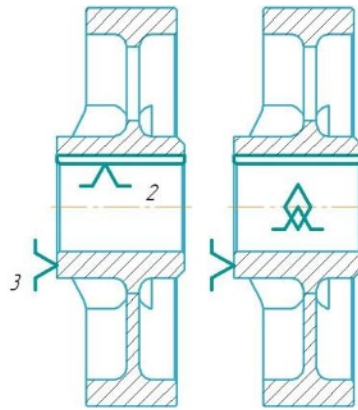


Рис 2.4 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

Зубообробна операція (нарізання зубів):

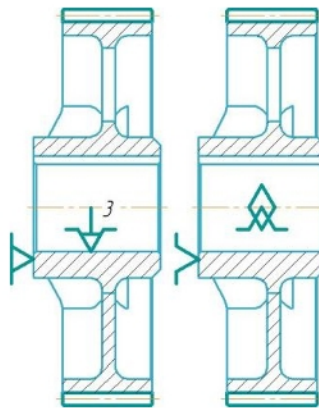


Рис 2.5 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

Шліфувальна операція (обробка правої сторони):

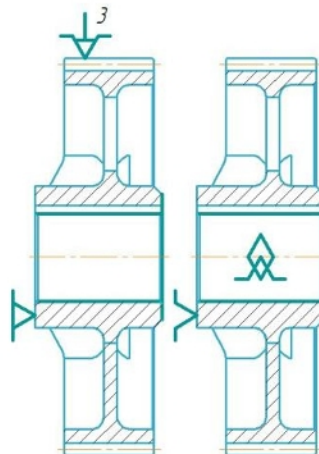


Рис 2.6 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

Шліфувальна операція (обробка лівої сторони):

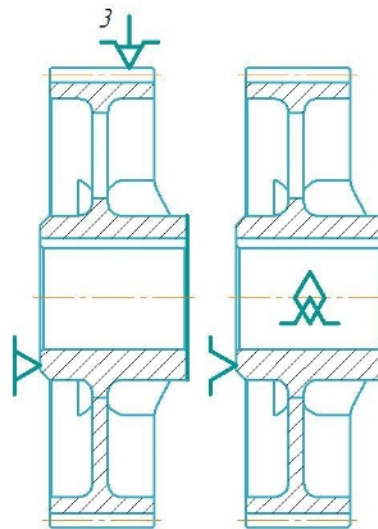


Рис 2.7 – Умовна та теоретична схема базування зубчастого колеса

2.5 Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі

Створення технологічних процесів розпочинається з маршруту обробки деталі (МОД). Цей процес ґрунтується на аналізі типового та діючого ТП, враховуючи рекомендації на кресленні та плану випуску.

Маршрут обробки деталі – це чіткий план дій, який веде деталь до фінального вигляду. Він окреслює послідовність операцій, що ґрунтуються на методах обробки поверхонь (МОП), розроблених для кожної ділянки. За потреби в МОД додаються заготовчі, термічні, гальванічні та контрольні операції, щоб деталь відповідала всім вимогам. При складанні маршруту рекомендується використовувати типові технологічні процеси, описані в літературі.

Дані заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Токарна (чорнова, н/чистова)	1) 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10 2) 4, 5, 10	1) 5, 9 2) 1, 9	MICROCUT 52HT
010	Токарна (чистова)	1) 1 2) 5	1) 5, 9 2) 1, 9	MICROCUT 76HT

Змн.	Арк	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ

Арк.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
015	Розточна	9	3, 5	MICROCUT 76HT
020	Протяжна (протягування пазу)	11	5, 9	GIGANT 7A545
025	Зубообробна (нарізування зубів)	12	5, 9	GearSpect SF 350/500 CNC
030	Шліфувальна	1) 1 2) 5	1) 3, 5 2) 1, 3	JUNKER KARGO 20XL
035	Контрольна	-	1, 5, 9	Стіл ОТК

2.6 Вибір ріжучого і допоміжного інструменту

З урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, виду обробки і використаних металорізальних верстатів для прийнятих типів металорізальних інструментів, призначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту.

1. Позиції: 1, 2, 4, 5 – підрізання торців чорнове:

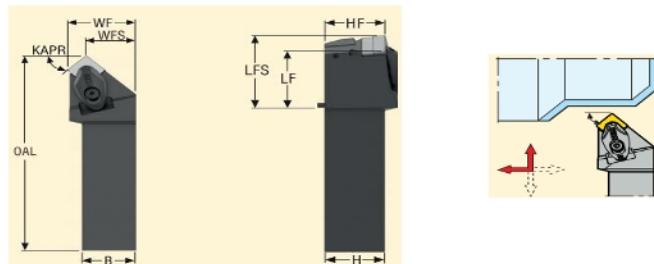


Рисунок 2.8 – Державка DSSNR/L2525X12JET1 [1, с. 210]

Геометричні параметри:

$H = 25$ мм; $B = 25$ мм; $LF = 36$ мм; $WF = 32$ мм; $LFS = 43,9$ мм; $KAPR = 95^\circ$;
 $WFS = 24,3$ мм

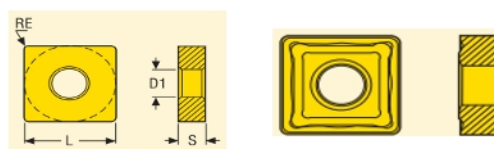


Рисунок 2.9 – Пластина SNMG120416-M5 [1, с. 451]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Стружколом: M5

Матеріал: TP0501

Геометричні параметри:

$L = 12,7$ мм; $RE = 1,6$ мм; $D1 = 5,15$ мм; $AN = 0^\circ$; $S = 4,76$ мм; $EPSR = 90^\circ$

2. Позиції: 1, 2, 4, 5 – підрізання торців напівчистове:

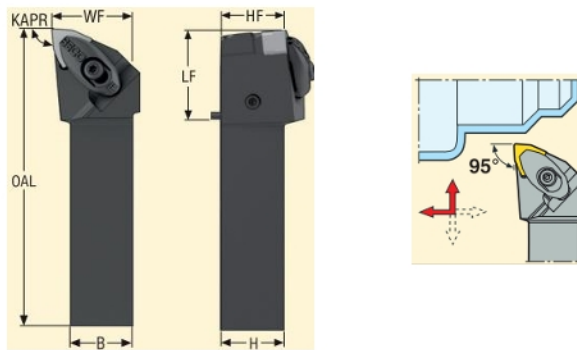


Рисунок 2.10 – Державка DWLNR/L2525X06JETI [1, с. 214]

Геометричні параметри:

$H = 25$ мм; $B = 25$ мм; $LF = 33$ мм; $WF = 32,2$ мм; $HF = 20$ мм; $KAPR = 95^\circ$;

$OAL = 117$ мм

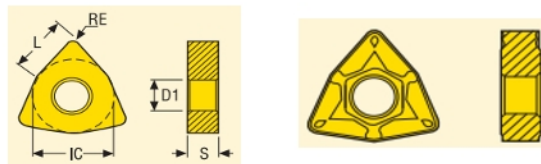


Рисунок 2.11 – Пластина WNMG060408-M3 [1, с. 477]

Стружколом: M3

Матеріал: TP1501

Геометричні параметри:

$L = 6,5$ мм; $RE = 0,8$ мм; $D1 = 3,81$ мм; $AN = 0^\circ$; $S = 4,76$ мм; $EPSR = 80^\circ$

3. Позиції: 1, 5 – підрізання торців чистове:

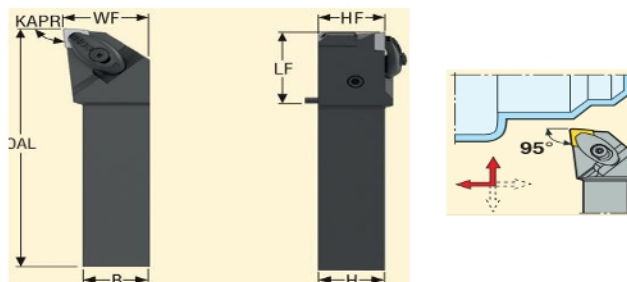


Рисунок 2.12 – Державка DCLCR/L2525X09JETI [1, с. 206]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	Адк.
Змн.	Арк	№ докum.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри:

$H = 25$ мм; $B = 25$ мм; $LF = 36$ мм; $WF = 32,0$ мм; $LH = 38$ мм; $KAPR = 95^\circ$

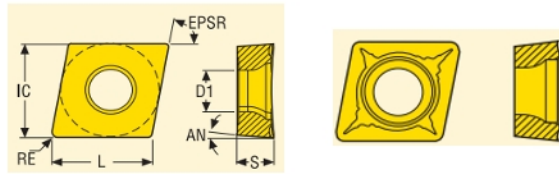


Рисунок 2.13 – Пластина CCGT09T304-F1 [1, с. 419]

Стружколом: F1

Матеріал: TP2501

Геометричні параметри:

$IC = 9,525$ мм; $L = 9,7$ мм; $RE = 0,4$ мм; $D1 = 4,5$ мм; $AN = 7^\circ$; $S = 3,97$ мм;
 $EPSR = 80^\circ$

4. Позиція: 3 – Точіння чорнове:

Використовуємо державку DSSNR/L2525X12JETI (Рис. 2.8)

Використовуємо пластину SNMG120416-M5 (Рис. 2.9)

5. Позиція: 3 – Точіння напівчистове:

Використовуємо державку DWLNR/L2525X06JETI (Рис. 2.10)

Використовуємо пластину WNMG060408-M3 (Рис. 2.11)

6. Позиція: 9 – Розточення чорнове:

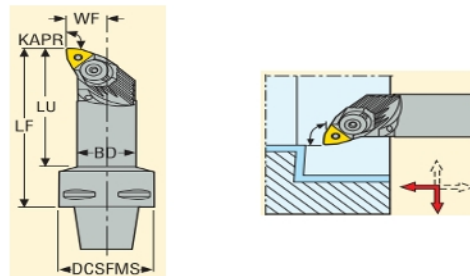


Рисунок 2.14 – Державка C4-PWLNR/L-13080-06 [1, с. 335]

Геометричні параметри:

$BD = 20$ мм; $DCSFMS = 40$ мм; $LF = 80$ мм; $WF = 13$ мм; $LU = 57$ мм;
 $KAPR = 95^\circ$

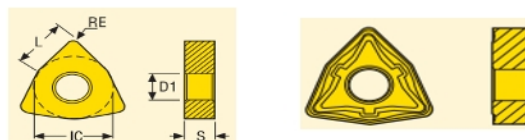


Рисунок 2.15 – Пластина WNMG060412-M5 [1, с. 477]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стружколом: М5

Матеріал: TP0501

Геометричні параметри:

IC = 9,53 мм; L = 6,5 мм; RE = 1,2 мм; D1 = 3,81 мм; AN = 0°; S = 4,76 мм;
EPSR = 80°

7. Позиція: 9 – Розточення напівчистове:

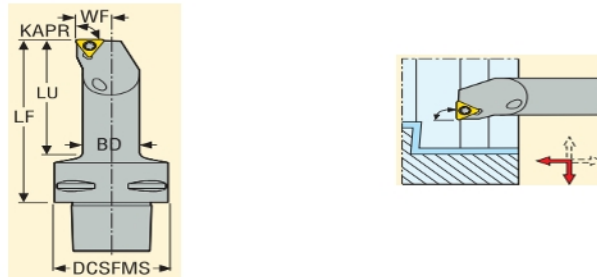


Рисунок 2.16 – Державка C4-STFCR/L-11070-11 [1, с. 343]

Геометричні параметри:

BD = 16 мм; DCSFMS = 40 мм; LF = 70 мм; WF = 11 мм; LU = 47 мм;
KAPR = 90°

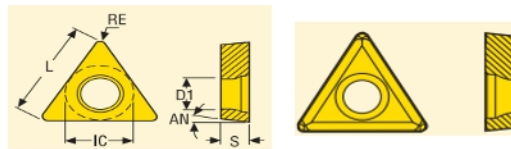


Рисунок 2.17 – Пластина TСMT110208-M3 [1, с. 458]

Стружколом: М3

Матеріал: TP1501

Геометричні параметри:

IC = 6,35 мм; L = 11 мм; RE = 0,8 мм; D1 = 2,9 мм; AN = 7°; S = 2,38 мм;
EPSR = 60°

8. Позиція: 9 – Розточення чистове:

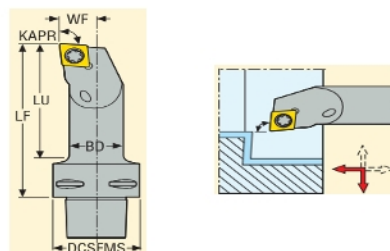


Рисунок 2.18 – Державка C4-SCLCR/L-11070-09 [1, с. 337]

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри:

$BD = 16 \text{ мм}; DCSFMS = 40 \text{ мм}; LF = 70 \text{ мм}; WF = 11 \text{ мм}; LU = 47 \text{ мм};$
 $KAPR = 95^\circ$

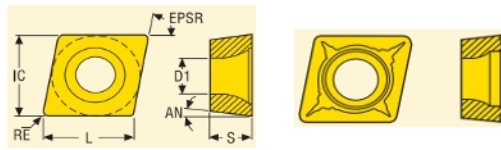


Рисунок 2.19 – Пластина CСMT09Т304-F1 [1, с. 421]

Стружколом: F1

Матеріал: TP2501

Геометричні параметри:

$IC = 9,53 \text{ мм}; L = 9,7 \text{ мм}; RE = 0,4 \text{ мм}; D1 = 4,5 \text{ мм}; AN = 7^\circ; S = 3,97 \text{ мм};$
 $EPSR = 80^\circ$

9. Позиції: 6, 7 – Зняття фаски:

Використовуємо державку DSSNR/L2525X12JETI (Рис. 2.8)

Використовуємо пластину SNMG120416-M5 (Рис. 2.9)

10. Позиції: 8, 10 – Зняття фаски:

Використовуємо державку C4-PWLNRL/L-13080-06 (Рис. 2.15)

Використовуємо пластину WNMG060412-M5 (Рис. 2.14)

11. Позиції: 1, 5 – Шліфування попереднє:

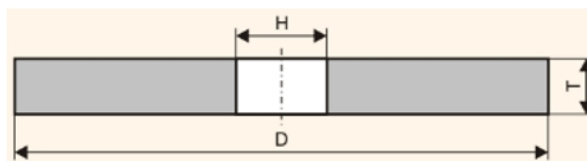


Рисунок 2.20 – Шліфувальний круг
 1-175×16×32-25A-40-P-6-V-50-A-1 [2, с. 120]

Матеріал: 25A;

Зернистість: 40;

Твердість: P;

Структура: 6;

Клас точності: A;

Клас неврівноваженості: 1;

Розміри круга: 175×16×32.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	Адк.
Змн.	Арк	№ док.им.	Підпис	Дата		

12. Позиція: 9 – Шліфування попереднє:

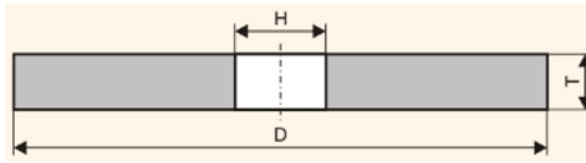


Рисунок 2.21 – Шліфувальний круг
1-108×16×45-25A-40-P-6-V-50-A-1 [2, с. 118]

Матеріал: 25A;

Зернистість: 40;

Твердість: P;

Структура: 6;

Клас точності: A;

Клас неврівноваженості: 1;

Розміри круга: 108×16×45.

13. Позиція: 11 – протягування пазу:

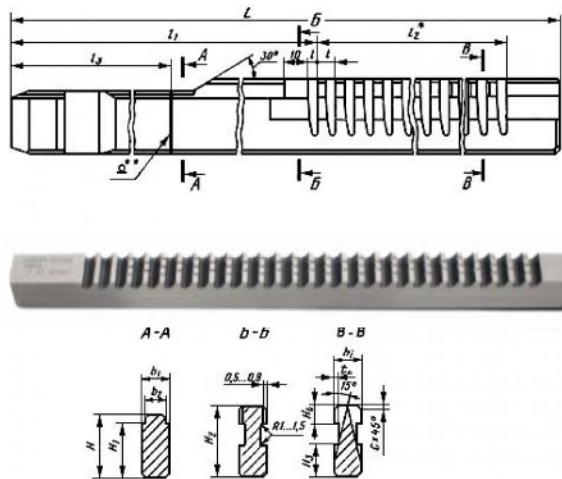


Рисунок 2.22 – Протяжка 2405-1171

Геометричні параметри:

$b_1 = 32,18$ мм; $b_2 = 30,9$ мм; $c = 0,4$ мм; $h_2 = 65,16$ мм; $h_3 = 35$ мм; $H_4 = 16$ мм; $l = 8$ мм; $l_1 = 348$ мм; $l_3 = 240$ мм; $t_0 = 2$ мм

Висота $h = 60$ мм;

Довжина $l = 550$ мм;

Найменування: Протяжка шпонкова 32Js9 2405-1506;

Поле допуску на паз Js9;

Зусилля протягування $P = 59450$ Н;

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	АДК.
Змн.	Арк	№ док.м.	Підпис	Дата		

Число зубів 16;

Крок зуба $t = 12$ мм;

Ширина паза 32 мм.

14. Позиція: 12 – нарізування зубів:

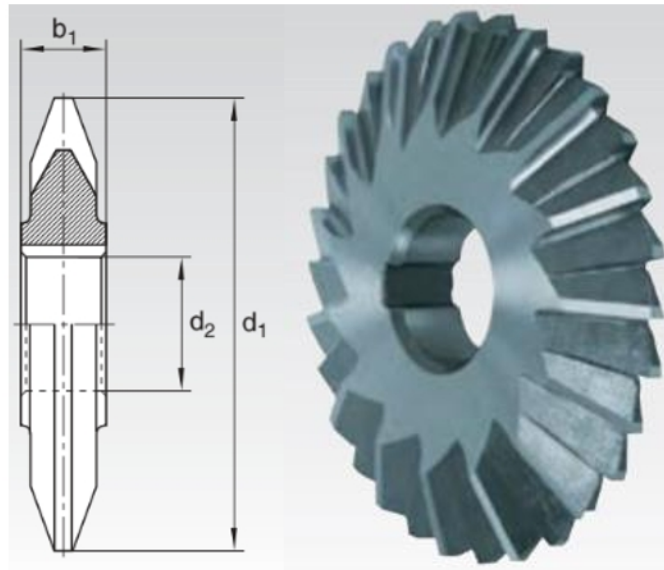


Рисунок 2.23 – Дискава фреза 2500 [3, с. 88]

Геометричні параметри:

$m = 5,5$; $d1 = 100$ мм; $b1 = 15$ мм; $d2 = 27$ мм

Матеріал: HSS;

Базовий профіль I відповідно до DIN 3972.

На основі характеристик місць кріплення верстата під ріжучий інструмент та параметрів посадочних місць самих інструментів, необхідно підібрати та встановити ряд допоміжного інструменту до кожного обраного різального інструменту.

Розробку інструментального налагодження проводимо на токарні та свердлильні операції. Операції проводимо на верстатах MICRO CUT 52HT, та MICRO CUT 76HT.

1. Для різців DSSNR/L2525X12JETI, DWLNR/L2525X06JETI, DCLCR/L2525X09JETI використовуємо ASHN-R/L-VDI40-25-JETI:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

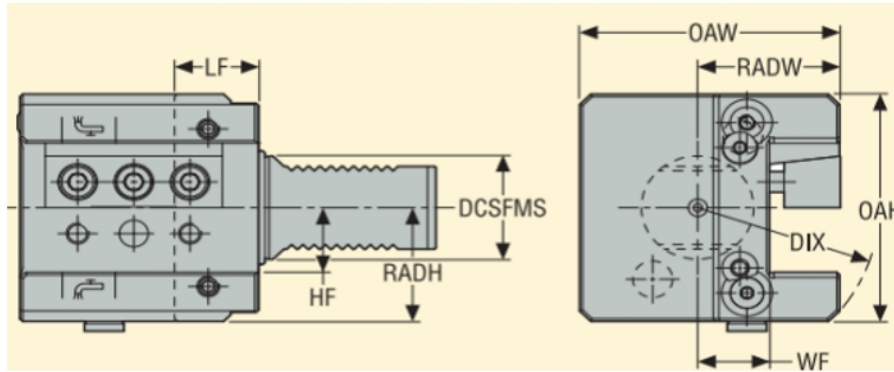


Рисунок 2.24 – Розточний блок ASHN-R/L-VDI40-25-JETI 20 [1, с. 408]

Геометричні параметри:

HF = 25 мм; LF = 30 мм; RADH = 44 мм; OAH = 88 мм; DCSFMS = 40 мм; OAW = 93 мм; RADW = 43 мм; DIX = 64°; WF = 26 мм

2. Для різців C4-PWLNR/L-13080-06, C4-STFCR/L-11070-11, C4-SCLCR/L-11070-09 використовуємо Coromant Capto C4-R/L-C2040-51030M з кріпленням VDI:

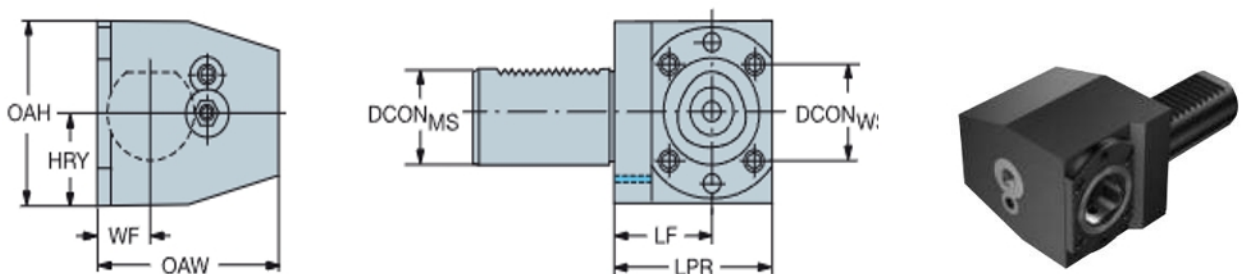


Рисунок 2.25 – Інструментальний блок марки Coromant Capto C4-R/L-C2040-51030M [3, с. E6]

2.7 Вибір засобів технічного контролю

Технічний контроль зубчастого колеса включає ряд вимірювань:

1. Діаметри: Використовуються спеціальні калібри-скоби;
2. Лінійні довжини: Застосовують шаблони;
3. Шорсткість поверхонь:

Ra 3,2 – визначається методом порівняння з еталонними зразками шорсткості;

Ra 1,6 – 0,8 – вимірюється за допомогою профілометра, який записує профіль нерівностей поверхні та дає значення шорсткості Ra.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ

Арк.

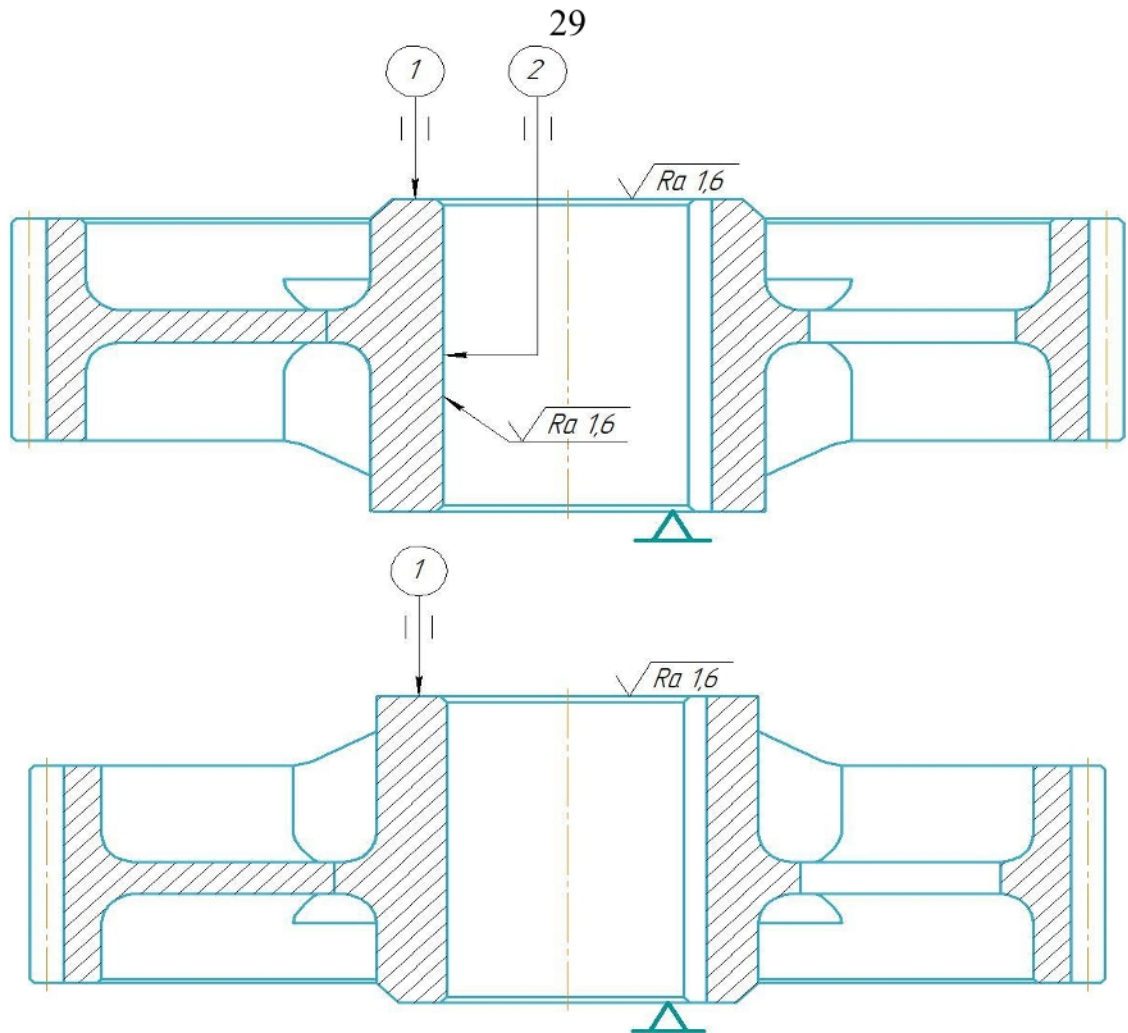


Рисунок 2.26 – Схеми контролю зубчастого колеса

2.8 Визначення режимів обробки

Розрахунок режимів різання - ключова стадія, від якої залежить не лише продуктивність ТП, але й трудомісткість обробки деталі.

Основними способами визначення режимів обробки є аналітичний розрахунок за формулами або з таблиць.

Незалежно від обраного способу, режими роботи потрібно скоригувати згідно з паспортом верстата, а також не перевищувати граничні значення подачі і оборотів шпинделя.

1. Розрахунок режимів токарної обробки

1.1 Глибина різання

$$t = (D-d)/2 \quad (2.10)$$

t – глибина різання;

D – діаметр до проходу різця;

d – діаметр після проходу різця.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Арк	№ док.им.	Підпис	Дата		

Підрізання торців:

$$t = 3 \text{ (мм);}$$

$$\text{Чорнове: } t \times 0,5 = 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ (мм);}$$

$$\text{Напівчистове: } t \times 0,3 = 0,9 \text{ (мм);}$$

$$\text{Чистове: } t \times 0,2 = 0,6 \text{ (мм).}$$

Точіння:

$$t = (490-484)/2 = 3 \text{ (мм);}$$

$$\text{Чорнове: } t \times 0,6 = 3 \times 0,6 = 1,8 \text{ (мм);}$$

$$\text{Напівчистове: } t \times 0,4 = 3 \times 0,4 = 1,2 \text{ (мм).}$$

Розточення:

$$t = (115-109)/2 = 3 \text{ (мм);}$$

$$\text{Чорнове: } t \times 0,5 = 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ (мм);}$$

$$\text{Напівчистове: } t \times 0,3 = 3 \times 0,3 = 0,9 \text{ (мм);}$$

$$\text{Чистове: } t \times 0,2 = 3 \times 0,2 = 0,6 \text{ (мм).}$$

1.2 Робоча подача

При чорновій обробці вибирають максимальну подачу з урахуванням потужності/жорсткості верстата та міцності різального інструменту.

При чистовій обробці вибирають мінімальну подачу, зважаючи на задані параметри шорсткості.

$S = 1 \dots 1,4$ мм/об – згідно з довідкової таблиці.

При чорновій обробці $S = 1,4$ мм/об;

При чистовій та напівчистовій обробці $S = 1$ мм/об.

1.3 Швидкість різання

Під швидкістю різання в токарній обробці розуміють шлях, який проходить точка різця за одиницю часу, зазвичай за хвилину.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.11)$$

V – швидкість різання;

D – діаметр заготівлі;

n – кількість оборотів заготівлі.

1. Підрізання торців:

$$\text{Чорнове: } V = \frac{\pi \cdot 490 \cdot 200}{1000} = 307,7 \text{ (м/хв)}$$

$$\text{Напівчистове: } V = \frac{\pi \cdot 490 \cdot 240}{1000} = 369,3 \text{ (м/хв)}$$

$$\text{Чистове: } V = \frac{\pi \cdot 490 \cdot 300}{1000} = 461,6 \text{ (м/хв)}$$

2. Точіння:

$$\text{Чорнове: } V = \frac{\pi \cdot 490 \cdot 200}{1000} = 307,7 \text{ (м/хв)}$$

$$\text{Напівчистове: } V = \frac{\pi \cdot 490 \cdot 240}{1000} = 369,3 \text{ (м/хв)}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. Розточення:

$$\text{Чорнове: } V = \frac{\pi \cdot 115 \cdot 200}{1000} = 72,2 \text{ (м/хв)}$$

$$\text{Напівчистове: } V = \frac{\pi \cdot 115 \cdot 240}{1000} = 86,7 \text{ (м/хв)}$$

$$\text{Чистове: } V = \frac{\pi \cdot 115 \cdot 300}{1000} = 108,3 \text{ (м/хв)}$$

2. Розрахунок режимів протяжної обробки

2.1 Глибина різання

Припуск оброблюваної поверхні – 7,4 мм, глибину різання t приймаємо:

Для чорнового проходу $t = 6,4$ мм;

Для чистового проходу $t = 1,0$ мм.

2.2 Робоча подача

При чорновому протягуванні: $S = 0,7 \dots 1,3$ мм/об;

Приймаємо $S = 1,0$ мм/об.

При чистовому протягуванні: $S = 0,29 \dots 0,32$ мм/об;

Приймаємо $S = 0,3$ мм/об.

2.3 Швидкість різання

Швидкість різання при протягуванні:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} \cdot K_V \quad (2.12)$$

C_V – постійна, табличне значення;

X_V, Y_V – показники ступеня, табличне значення;

$T = 60$ хв – період стійкості інструменту;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

K_V – поправочний коефіцієнт, який є добутком окремих коефіцієнтів, що приймаються за таблицями.

Для чорнової обробки: $C_V=340$; $X_V=0,15$; $Y_V=0,45$; $m=0,2$; $K_V = 0,9$;

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 6,4^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} \cdot 0,9 = 102 \text{ (м/хв)}$$

Для чистової: $C_V=420$; $X_V=0,15$; $Y_V=0,2$; $m=0,2$; $K_V = 1,5$.

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 1,5 = 353 \text{ (м/хв)}$$

3. Розрахунок режимів зубонарізної операції

3.1 Глибина різання

В процесі обробки колеса зубчастого від необхідної кількості проходів, залежить глибина різання. Для циліндричних коліс з $m \leq 2$ мм та конічних коліс з $m \leq 3$ мм достатньо одного проходу. Колеса з більшим модулем потребують двох проходів.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$m = 5,5$ – обробка буде відбуватися за два проходи.

3.2 Робоча подача

При чорновому проході: $S = 0,39 \dots 0,5$ мм/об;

Приймаємо $S = 0,45$ мм/об.

При чистовому проході: $S = 0,38$ мм/об.

3.3 Швидкість різання

Швидкість різання при обробці циліндричних зубчастих коліс визначається за формулою 2.13:

$$v = \frac{C \cdot z^u \cdot K_i}{T^n \cdot S^x \cdot m^y} \quad (2.13)$$

z – число зубів зуборізного інструменту, шт;

$T = 180$ хв – стійкість зуборізного інструменту;

S – подача, мм/об;

m – модуль, мм;

C, K_i – коефіцієнти;

u, n, x, y – показники ступеня.

Чорнове: $C = 137; u = 0; n = 0,37; x = 0,65; y = 0,67; K_i = 1,0$.

$$v = \frac{137 \cdot 30^0 \cdot 1,0}{180^{0,37} \cdot 0,45^{0,65} \cdot 5,5^{0,67}} = 9,1 \text{ (м/хв)}$$

Чистове: $C = 208; u = 0; n = 0,37; x = 0; y = 0; K_i = 1,0$.

$$v = \frac{208 \cdot 30^0 \cdot 1,0}{180^{0,37} \cdot 0,38^0 \cdot 5,5^0} = 30,5 \text{ (м/хв)}$$

2.9 Нормування операцій

Нормування технологічного процесу здійснюють по кожній верстатній операції методом технічного розрахунку по нормативах.

Технічна норма часу незалежно від типу верстата і методу обробки:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \quad (2.14)$$

$T_{\text{шк}}$ – норма штучно-калькуляційного часу, хв.;

$T_{\text{шт}}$ – норма штучного часу, хв.;

$T_{\text{пз}} = 2,3$ хв – норма підготовчо-завершального часу на партію деталей;

$n = 5$ – розмір партії деталей, шт.

1. Підрізання торців:

$$T_{\text{шк}} = (2,7 + 3,1 + 2,6) + \frac{2,3}{5} = 9,2 \text{ (хв)}.$$

2. Точіння:

$$T_{\text{шк}} = (1,1 + 1,2) + \frac{2,3}{5} = 3,1 \text{ (хв)}.$$

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

3. Розточення:

$$T_{\text{шк}} = (1,3 + 1,4 + 1,3) + \frac{2,3}{5} = 4,8 \text{ (хв)}.$$

4. Протягування:

$$T_{\text{шк}} = (2,4 + 5,4) + \frac{2,3}{5} = 8,6 \text{ (хв)}.$$

5. Нарізання зубів:

$$T_{\text{шк}} = (2,5 + 2,9) + \frac{2,3}{5} = 6,2 \text{ (хв)}.$$

6. Шліфування:

$$T_{\text{шк}} = (2,6 + 3,7) + \frac{2,3}{5} = 7,1 \text{ (хв)}.$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_b + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{нп}} \quad (2.15)$$

T_o – основний технологічний час, хв.;

T_b – допоміжний час, хв.;

$T_{\text{тех}}$ – час технічного обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{орг}}$ – час організаційного обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{нп}}$ – час перерв, хв.

1. Підрізання торців:

Чорнове: $T_{\text{шт}} = 1,75 + 0,7 \cdot 0,06 + 1,75 \cdot 0,08 + 1,75 \cdot 0,025 = 2,7 \text{ (хв)}$;

Напівчистове: $T_{\text{шт}} = 3,1 \text{ (хв)}$;

Чистове: $T_{\text{шт}} = 2,6 \text{ (хв)}$.

2. Точіння:

Чорнове: $T_{\text{шт}} = 1,1 \text{ (хв)}$;

Напівчистове: $T_{\text{шт}} = 1,2 \text{ (хв)}$.

3. Розточення:

Чорнове: $T_{\text{шт}} = 1,3 \text{ (хв)}$;

Напівчистове: $T_{\text{шт}} = 1,4 \text{ (хв)}$;

Чистове: $T_{\text{шт}} = 1,3 \text{ (хв)}$.

4. Протягування:

Чорнове: $T_{\text{шт}} = 2,4 \text{ (хв)}$;

Чистове: $T_{\text{шт}} = 5,4 \text{ (хв)}$.

5. Нарізання зубів:

Чорнове: $T_{\text{шт}} = 2,5 \text{ (хв)}$;

Чистове: $T_{\text{шт}} = 2,9 \text{ (хв)}$.

6. Шліфування:

Попереднє: $T_{\text{шт}} = 2,6 \text{ (хв)}$;

Попереднє: $T_{\text{шт}} = 3,7 \text{ (хв)}$.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний час визначається розрахунком для кожного технологічного переходу залежно від методу обробки:

$$T_o = \frac{L_p}{S_m} \cdot i \quad (2.16)$$

L_p – розрахункова довжина обробки (довжина робочого ходу), мм;

S_m – хвилинна подача, мм/хв.

1. Підрізання торців:

Чорнове: $T_o = \frac{490}{280} \cdot 1 = 1,75$ (хв);

Напівчистове: $T_o = \frac{490}{240} \cdot 1 = 2,04$ (хв);

Чистове: $T_o = \frac{490}{300} \cdot 1 = 1,63$ (хв).

2. Точіння:

Чорнове: $T_o = \frac{110}{280} \cdot 1 = 0,39$ (хв);

Напівчистове: $T_o = \frac{110}{240} \cdot 1 = 0,46$ (хв).

3. Розточення:

Чорнове: $T_o = \frac{155}{280} \cdot 1 = 0,55$ (хв);

Напівчистове: $T_o = \frac{155}{240} \cdot 1 = 0,65$ (хв);

Чистове: $T_o = \frac{155}{300} \cdot 1 = 0,52$ (хв).

4. Протягування:

Чорнове: $T_o = \frac{155}{100} \cdot 1 = 1,55$ (хв);

Чистове: $T_o = \frac{155}{37,5} \cdot 1 = 4,13$ (хв).

5. Нарізання зубів:

Чорнове: $T_o = \frac{110}{67,5} \cdot 1 = 1,63$ (хв);

Чистове: $T_o = \frac{110}{57} \cdot 1 = 1,93$ (хв).

6. Шліфування:

Попереднє: $T_o = \frac{170}{100} \cdot 1 = 1,7$ (хв);

Чистове: $T_o = \frac{155}{60} \cdot 1 = 2,58$ (хв).

Допоміжний час встановлюється для кожного технологічного переходу по нормативах і розраховується за формулою:

$$T_v = T_{v.u.} + T_{v.per.} + T_{v.iz.} \quad (2.17)$$

$T_{v.u.}$ – час установки і зняття заготовки, хв.;

$T_{v.per.}$ – час, пов'язаний з переходом, хв.;

$T_{v.iz.}$ – час на вимірювання, хв.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

1. Підрізання торців: $T_{в.у.} = 0,22$ хв; $T_{в.пер.} = 0,24$ хв; $T_{в.из.} = 0,24$ хв.
 $T_{в.} = 0,22 + 0,24 + 0,24 = 0,7$ (хв).

2. Точіння: $T_{в.у.} = 0,22$ хв; $T_{в.пер.} = 0,24$ хв; $T_{в.из.} = 0,18$ хв.
 $T_{в.} = 0,22 + 0,24 + 0,18 = 0,64$ (хв).

3. Розточення: $T_{в.у.} = 0,22$ хв; $T_{в.пер.} = 0,24$ хв; $T_{в.из.} = 0,18$ хв.
 $T_{в.} = 0,22 + 0,24 + 0,18 = 0,64$ (хв).

4. Протягування: $T_{в.у.} = 0,15$ хв; $T_{в.пер.} = 0,24$ хв; $T_{в.из.} = 0,18$ хв.
 $T_{в.} = 0,15 + 0,24 + 0,18 = 0,57$ (хв).

5. Нарізання зубів: $T_{в.у.} = 0,22$ хв; $T_{в.пер.} = 0,24$ хв; $T_{в.из.} = 0,18$ хв.
 $T_{в.} = 0,22 + 0,24 + 0,18 = 0,64$ (хв).

6. Шліфування: $T_{в.у.} = 0,22$ хв; $T_{в.пер.} = 0,24$ хв; $T_{в.из.} = 0,18$ хв.
 $T_{в.} = 0,22 + 0,24 + 0,18 = 0,64$ (хв).

Для операції основний технологічний час визначається підсумуванням T_0 і $T_{в.}$ по технологічних переходах.

Оперативний час операції:

$$T_{оп} = T_0 + T_{в.} \quad (2.18)$$

1. Підрізання торців:

Чорнове: $T_{оп} = 1,75 + 0,7 = 2,45$ (хв);

Напівчистове: $T_{оп} = 2,04 + 0,7 = 2,74$ (хв);

Чистове: $T_{оп} = 1,63 + 0,7 = 2,33$ (хв).

2. Точіння:

Чорнове: $T_{оп} = 0,39 + 0,64 = 1,03$ (хв);

Напівчистове: $T_{оп} = 0,46 + 0,64 = 1,1$ (хв).

3. Розточення:

Чорнове: $T_{оп} = 0,55 + 0,64 = 1,19$ (хв);

Напівчистове: $T_{оп} = 0,65 + 0,64 = 1,29$ (хв);

Чистове: $T_{оп} = 0,52 + 0,64 = 1,16$ (хв).

4. Протягування:

Чорнове: $T_{оп} = 1,55 + 0,57 = 2,12$ (хв);

Чистове: $T_{оп} = 4,13 + 0,57 = 4,7$ (хв).

5. Нарізання зубів:

Чорнове: $T_{оп} = 1,630 + 0,64 = 2,27$ (хв);

Чистове: $T_{оп} = 1,930 + 0,64 = 2,57$ (хв).

6. Шліфування:

Попереднє: $T_{оп} = 1,7 + 0,64 = 2,34$ (хв);

Попереднє: $T_{оп} = 2,58 + 0,64 = 3,22$ (хв).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.02.ТЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір технологічного устаткування

При підборі верстатного обладнання фінальним фактором є його здатність забезпечити точну і якісну обробку з найбільшою продуктивністю.

Верстати слід обирати з інформаційної літератури, чітко вказуючи в технологічному процесі їх тип і модель.

Тип металорізального обладнання визначається на основі кількості та визначених технологічних методів обробки.

1. Токарний обробний центр марки MICROCUT моделі 52НТ:

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики верстата 52НТ

Найменування параметрів	52НТ
1	2
Зона обробки	
Макс. Ø заготовки, що встановлюється над станиною, мм	580
Макс. Ø точіння, мм	600
Шпиндель	
Макс. частота обертання шпинделя, об/хв	4500
Потужність головного двигуна, кВт	11
Ø отвору у шпинделі, мм	A2-6
Револьверна головка	
Перетин різця, мм	25 × 25, Ø 40
Кріплення інструмента	VDI 40
Маса та габарити	
Маса, кг	5400
Довжина × ширина × висота, мм	4310 × 1946 × 2030

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Лещенко</i>				<i>Конструкторська частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архув</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Нечасв</i>							

2. Токарний обробний центр марки MICROCUT моделі 76HT:

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики верстата 76HT

Найменування параметрів	76HT
1	2
Зона обробки	
Макс. Ø заготовки, що встановлюється над станиною, мм	580
Макс. Ø точіння, мм	600
Шпиндель	
Макс. частота обертання шпинделя, об/хв	3000
Потужність головного двигуна, кВт	15
Ø отвору у шпинделі, мм	A2-8
Револьверна головка	
Перетин різця, мм	25 × 25, Ø 40
Кріплення інструмента	VDI 40
Маса та габарити	
Маса, кг	5500
Довжина × ширина × висота, мм	4310 × 1946 × 2030

3. Горизонтальний верстат для внутрішнього протягування марки GIGANT моделі 7A545:

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики верстата 7A545

Найменування параметрів	7A545
1	2
Номінальне тягове зусилля, кН	630
Довжина ходу робочих санок, мм	2000
Найбільший діаметр деталі, мм	800
Швидкість робочого ходу, м/хв	1...7
Габаритні розміри, мм	9135 × 2450 × 2300
Потужність головного приводу, кВт	45
Маса, кг	10850

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

4. Зубообробний верстат з ЧПК марки GearSpect моделі SF 350/500 CNC:

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики верстата SF 350/500 CNC

Найменування параметрів	SF 350/500 CNC
1	2
Найбільший діаметр зачеплення, мм	500
Максимальний модуль, мм	12
Максимальний діаметр фрези, мм	300
Максимальна довжина фрези, мм	300
Діаметр столу, мм	450
Швидкість обертання шпинделя фрези, хв ⁻¹	1400
Потужність головного двигуна, кВт	18,5/25,5
Маса верстата, кг	16000
Габарити верстата, мм	2600×5530×3800

5. Круглошліфувальний верстат марки JUNKER моделі KARGO 20XL:

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики верстата KARGO 20XL

Найменування параметрів	KARGO 20XL
1	2
Довжина шліфування, мм	5000
Максимальний діаметр шліфувального круга, мм	760
Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм	700/850
Габаритні розміри верстата, мм	9000×3300×2600
Загальна вага, кг	43000

3.2 Вибір пристроїв

При виборі пристроїв для обробки деталей необхідно керуватися наступними принципами:

1. Забезпечення необхідної точності: Пристрій повинен забезпечувати обробку деталі з заданою точністю, відповідно до технологічних вимог креслення;
2. Максимальна продуктивність: Вибір пристрою повинен ґрунтуватися на досягненні максимальної продуктивності праці;
3. Економічність: Використання пристрою повинно бути економічно вигідним, з урахуванням його вартості, експлуатаційних витрат та економії трудових ресурсів;
4. Безпека: Пристрій повинен відповідати всім вимогам безпеки праці, виключаючи ризики травмування працівників.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

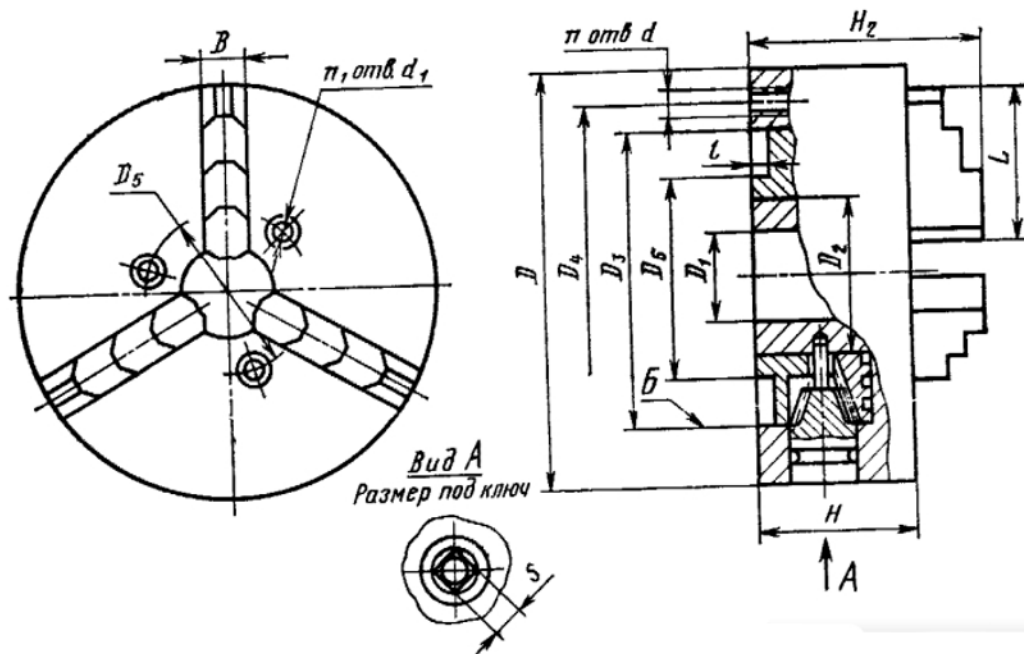


Рисунок 3.1 – Розміри трьохкулачкового патрона

Таблиця 3.6 – Основні розміри патрона

Позначення патрона	D	Розмір кінця шпинделя	D ₁	D ₂	H	H ₂	L	B	S	Маса кг
	мм		мм							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7100-0033	200	6	66	100	85	125	85	28	11	17
7100-0037	250	8	92	125	95	140	105	36	14	31

Таблиця 3.7 – Приєднувальні розміри патрона

Номінальний діаметр патрона	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	d	d ₁	l	n	n ₁
	мм							шт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200	165	180	82,6	110	M10	11	4	3	3
250	210	226	104,8	142	M12	11	5	3	3

Змн.	Арк	№ док.м.	Підпис	Дата
------	-----	----------	--------	------

КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ

Адк.

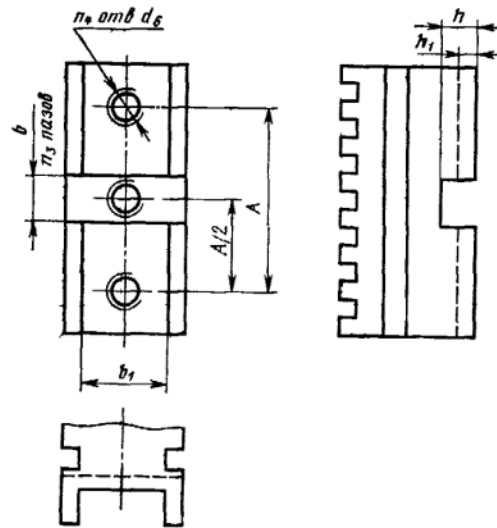


Рисунок 3.2 – Розміри кулачків патрона

Таблиця 3.8 – Розміри кулачків патрона

Діаметр патрона D	h	h1	b	b1	d6	A	n3	n4
	мм						шт	
1	2	3	4	5	6	9	7	8
200	5	3	15	15	M10	50	1	2
250	7	3	20	20	M12	65	1	2

3.3 Випробовування деталі «Колесо зубчасте» з використанням CAE технологій

Статичне дослідження в SolidWorks використовують для аналізу навантажень та деформацій, які виникають при експлуатації деталі. При виконанні дослідження будуть побудовані епюри запасу міцності, напружень, переміщень, та відносної деформації, які дають нам змогу переконатися, що конструкція зубчастого колеса витримає всі передбачені навантаження, або виявити потенційні проблеми, які потрібно буде виправити.

3.3.1 Опис налаштувань і параметрів статичного дослідження у SolidWorks Simulation

Для виконання дослідження потрібно спочатку ввімкнути програму SolidWorks Simulation (Рис. 3.3), яка дає нам змогу виконати статичний аналіз.

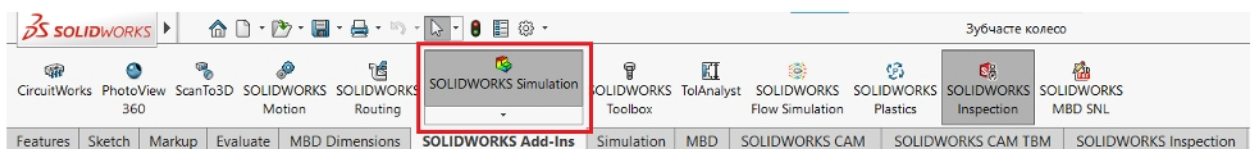


Рисунок 3.3 – Вкладка ввімкнення програми

					КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Створюємо нове дослідження (Рис. 3.4) та обираємо «Static» (Рис. 3.5).

Наступним кроком є симуляція закріплення деталі в вузлі механізму. Для цього натискаємо в розділі «Fixtures» (Рис. 3.6) кнопку фіксована геометрія «Fixed Geometry» та призначаємо дану функцію на внутрішню поверхню отвору, так як там відбувається з'єднання зубчастого колеса та обертового валу.

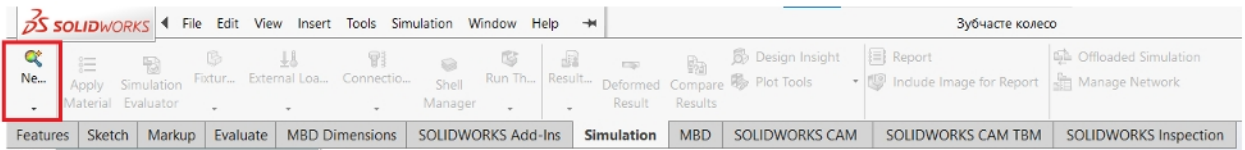


Рисунок 3.4 – Вкладка ввімкнення нового дослідження

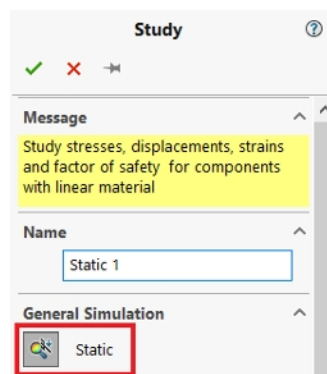


Рисунок 3.5 – Вкладка ввімкнення статичного аналізу

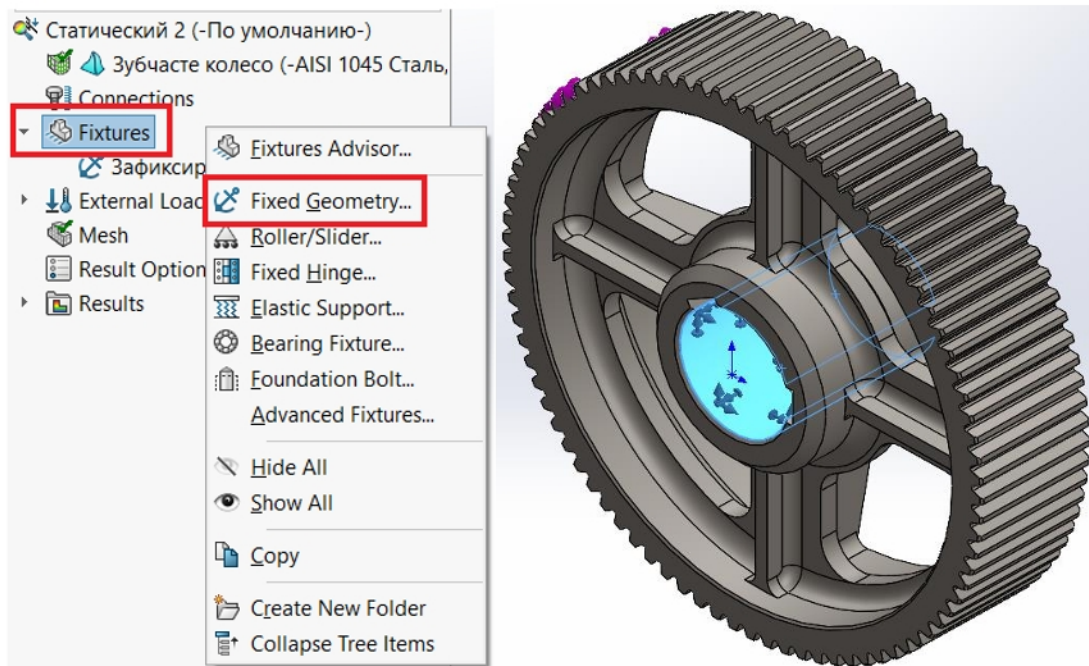


Рисунок 3.6 – Вкладка симуляції кріплень та його створення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ

Адк.

Далі потрібно призначити зовнішні навантаження, які діють на зубчасте колесо. Необхідно в розділі «External Loads» (Рис. 3.7) натиснути кнопку обертального моменту «Torque» та вказати два зуба, які перебувають в зачепленні. Потім вписати значення моменту в Н•м.

Перед розрахунком дослідження треба створити сітку. Заходимо в розділ «Mesh» (Рис. 3.8) та вмикаємо генерування сітки «Create Mesh», при цьому налаштовуємо повзунком її якість. Чим кращі параметри сітки, тим точніше виконується розрахунок виробу завдяки більшій кількості розв'язуваних рівнянь.

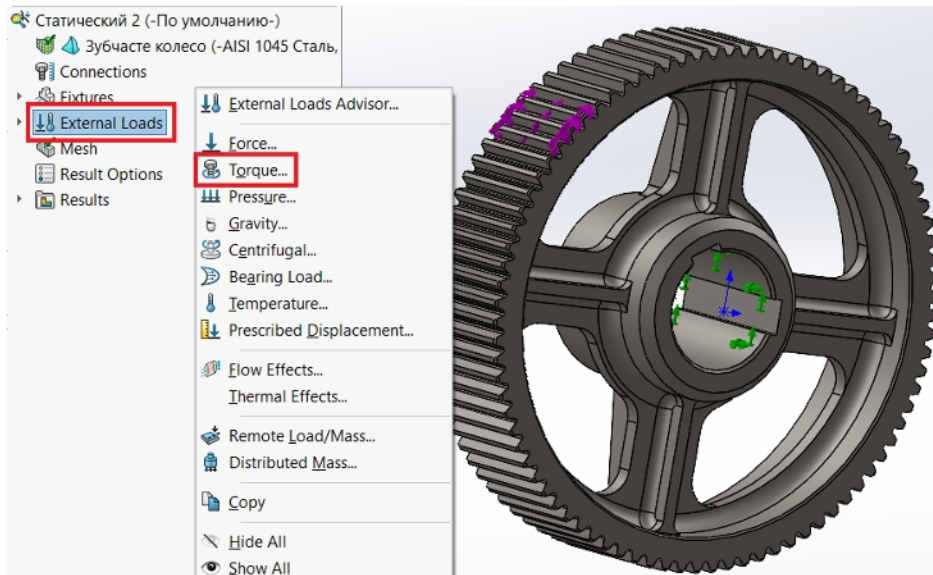


Рисунок 3.7 – Задавання зовнішніх навантажень

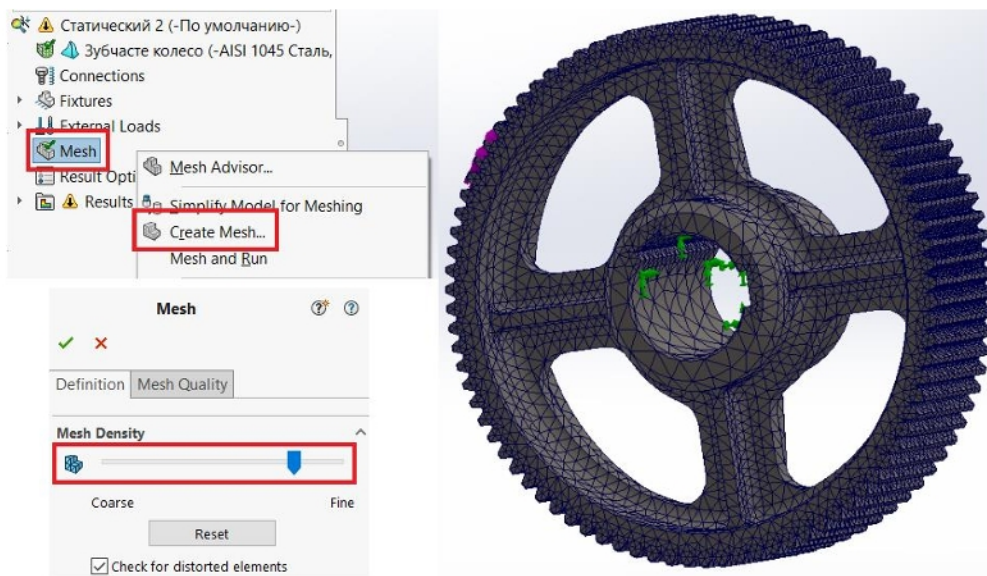


Рисунок 3.8 – Створення сітки

Після створення сітки можна починати розраховувати дослідження натиснувши кнопку «Run This Study» (Рис. 3.9).

Змн.	Арк	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ

Адк.

результати легенди, можна зробити висновок, що пластичних деформацій відбуватися не буде, так як межа текучості зубчастого колеса (290 МПа) більша за максимальні напруження (5,575 МПа), які виникають в процесі роботи деталі.

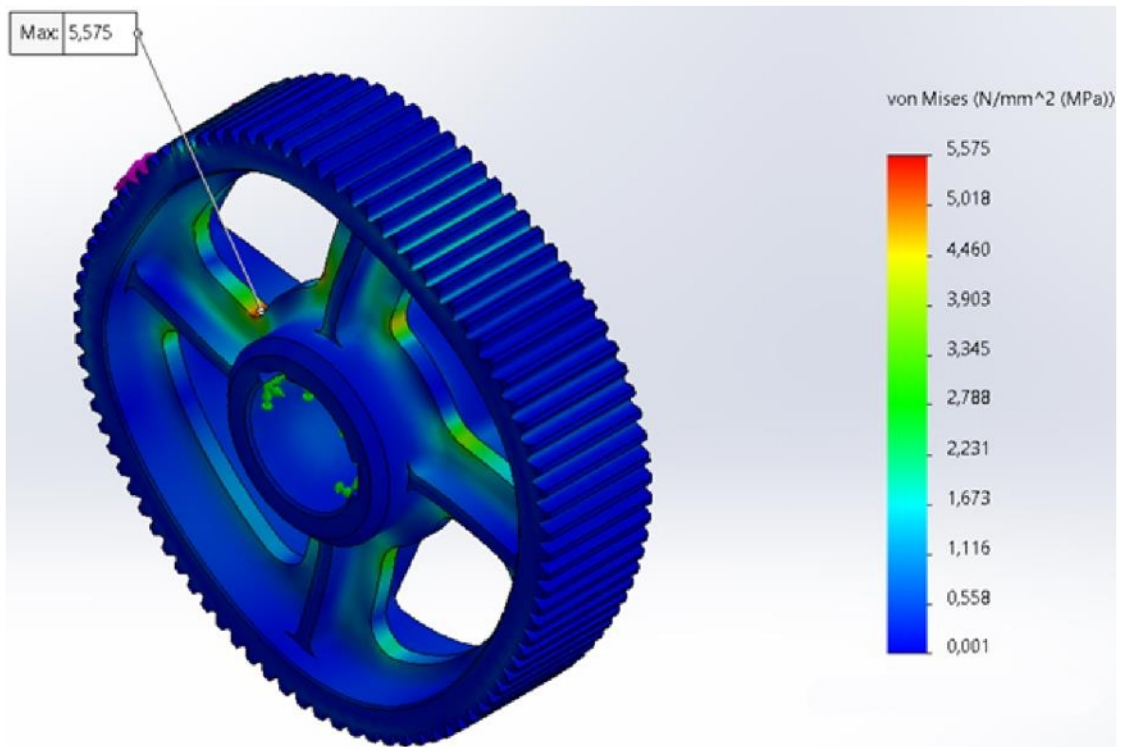


Рисунок 3.11 – Епюра напружень

Аналізуючи епюру переміщень бачимо, що програма виділила ділянку де відбувається зачеплення зубців деталі, саме на неї діють найбільші максимальні переміщення, значення яких досягають 0,005 мм. З цього робимо висновок, що максимальне зміщення зубців від їх початкового положення становить 0,005 мм.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

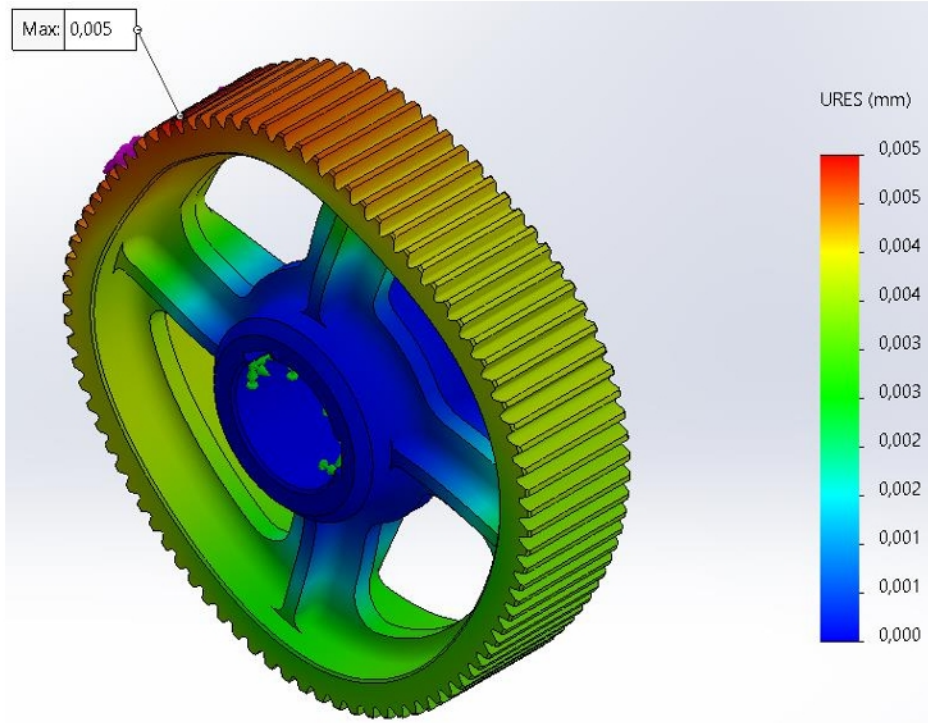


Рисунок 3.12 – Епюра переміщень

На Рис. 3.13 показана епюра деформацій зубчастого колеса. За синім кольором деталі розуміємо, що деформації викликані при роботі деталі незначні, проте вони є, найбільша з них спостерігається там, де виникали максимальні напруження, тобто на ребрі жорсткості зубчастого колеса. Це пояснюється тим, що при дії обертового моменту на деталь, волокна ребра з однієї сторони починають стискатися, а на іншій розтягуватися.

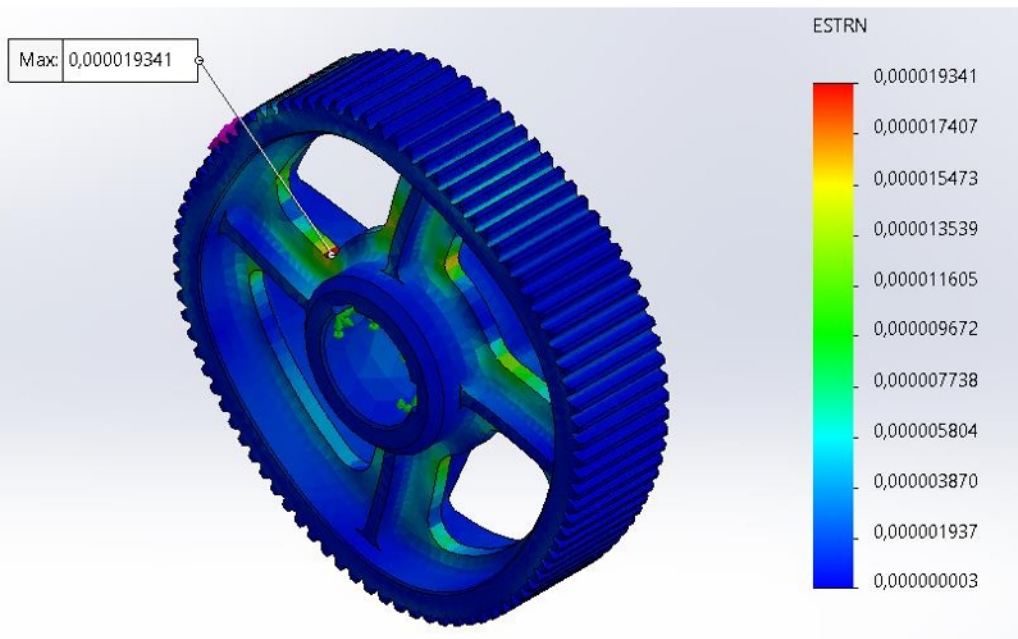


Рисунок 3.13 – Епюра деформацій

					КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

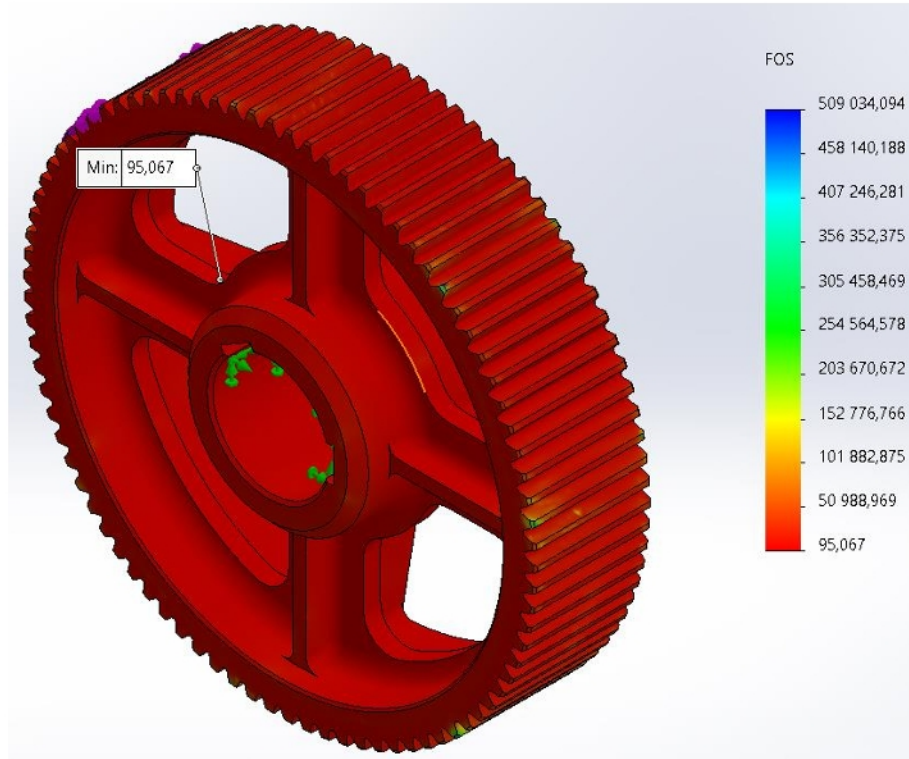


Рисунок 3.14 – Епюра запасу міцності

Епюра запасу міцності демонструє, що більша частина колеса має високий запас міцності, але існують локальні зони зі значно меншими значеннями, проте мінімальний запас міцності на них дорівнює 95,067 одиниць і це є гарним результатом. З цього можна зробити висновок, що мінімальний запас міцності є допустимий для експлуатації деталі з даними зовнішніми навантаженнями.

Проаналізувавши вищезазначені епюри можна зробити висновок, що дане зубчасте колесо витримало прикладені до нього зовнішні навантаження з невеликими деформаціями, напруженнями та переміщеннями.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.03.КЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Охорона і безпека праці на виробництві

Сучасне виробництво ставить перед собою безліч задач, однією з яких є створення безпечних та сприятливих умов праці.

Так, під час процесу азотування, дуже важливим є дотримання таких задач охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях:

- зниження потрапляння небезпечних речовин в навколишнє середовище;
- гарантування безпеки, а саме: електричної та протипожежної;
- наявність протипроменевого захисту;
- покращенні характеристики умов праці та виробничого освітлення.

Покращення, забезпечення та дотримання умов праці, мають вплив й на економічну сферу, адже знижуються витрати на лікування професійних захворювань та травм, які були отримані на виробництві.

Дію електричного струму й рухомих механізмів відносять до небезпечних виробничих факторів. Оскільки, не правильне використання може стати причиною виникнення небезпечних ситуацій.

Основним небезпечним чинником при азотуванні є насиченість газами робочого простору верстатника. Під час процесу азотування в дихальні шляхи можуть потрапити шкідливі речовини. Від середовища, яке застосовують залежить чисельність та насиченість шкідливих речовин. Для того, щоб зменшити у повітрі кількість токсичних речовин, треба використати спеціальний відсмоктувач, що підключений до вентиляційної системи.

Під час процесу азотування, є можливість використання автоматичного устаткування, й надає змогу вилучити спеціаліста з зони де відбувається робочий процес. Проте, для додаткової безпеки варто використовувати індивідуальні засоби захисту, а саме:

- спеціальна уніформа;
- захист органів зору відбувається за допомогою спеціального щита;
- робочий простір верстатника, для забезпечення його безпеки додатково огорожується.

На виробництві використовуються спеціальні насоси, через роботу яких відбуваються шум та вібрація, які в свою чергу негативно діють на стан слухових органів верстатника. Тому, для забезпечення безпеки працівника варто використовувати шумозахисні навушники.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>			<i>ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ зр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Нечасв</i>						

Для забезпечення комфортного середовища праці важливе місце займає освітлення робочого місця працівника. Воно впливає на зменшення виробничих травм, захист очей та збільшує результативну діяльність в цілому. Найчастіше для площі, яка призначена для процесу азотування використовують повне і комплексне освітлення. Робочий простір освітлюють штучним і природним світлом.

Окрім вимог до організації безпечних та сприятливих умов праці, висувуються вимоги до безпеки в надзвичайних ситуаціях. Так на підприємстві можуть виникати надзвичайні ситуації, й для виключення можливості появи небезпеки та її усунення є спеціальні плани усунення небезпеки.

Основними небезпечними ситуаціями на підприємстві є виникнення пожежі, порушення роботи техніки, потрапляння шкідливих речовин в навколишнє середовище. Також не виключена можливість поєднання декількох видів небезпечних ситуацій.

Для того, щоб встановити стан небезпечної ситуації необхідно розподіляти вірогідні та не вірогідні ситуації, що можуть статись на виробництві й несуть за собою руйнівні наслідки.

Діагностика імовірності появи небезпеки може виконуватись з урахуванням характерного функціонування техніки, шкідливих властивостей сировини, що застосовують на підприємстві. Необхідно зважати на критерії стану сировини та техніки, які належать як до звичайного, так і до аварійного становища. На підприємстві, цеха де відбувається процес азотування, відносяться до класу Г.

Пожежна безпека є невід'ємною частиною створення нормальних умов праці на підприємствах. Так на виробництві пожежна безпека гарантується:

1. За умови потужного захисту від загорання ізоляції.
2. Забезпечення зниження появи горючого осередка.
3. Застосування спеціального пристрою, для автоматичного виявлення пожеж у виробничому приміщенні.
4. Наявність вогнегасників класу Е.
5. Виконання вимог електробезпеки.

Окрім пожежі, може виникнути така небезпечна ситуація як витік електричної напруги. І якщо напруга пробилась на зварювальний апарат, то потрібно виключити вимикач і повідомити вищій орган управління. Якщо апарат загорівся то потрібно вимкнути вимикач і загасити полум'я за допомогою вогнегасника. У разі, якщо під напругу потрапив робітник то потрібно вимкнути апарат за допомогою вимикача, перенести постраждалого на дерев'яну поверхню, підложити під голову валик з тканини та чекати прибуття швидкої допомоги. За необхідності зробити штучне дихання.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$C_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_н$	$+ P_{дод} + P_к)$	
49000	1000	7	2	3	1	1
Всього $K_{сл1}$	49000					

Новий варіант						
$K_{сл} =$	$C_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_н$	$+ P_{дод} + P_к)$	
28000	1000	7	1	1	1	1
Всього $K_{сл2}$	28000					

Рисунок 4.3 – Вартість службово-побутових приміщень

Бачимо, що утримання двох верстатів є менш економічним, через те, що потрібно більше робітників, які повинні обслуговувати верстати та для них потрібні спеціальні службово-побутові приміщення, на які також потрібно витратити кошти.

Капітальні вкладення споживача						
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$						
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн;						
$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;						
$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;						
$K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;						
$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;						
$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.						
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
$K_1 = 220824$	$+ 12359$	$+ 49000$	$+ 23531$	$+ 0$	$+ 2800$	$= 308514$
$K_2 = 582720$	$+ 6590$	$+ 28000$	$+ 8498$	$+ 0$	$+ 4320$	$= 630128,40$

Рисунок 4.4 – Капітальні вкладення споживача

Проте говорячи про капітальні вклади, на утримання нового верстату буде витратитися більше коштів.

					КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведені витрати				
З1	=	C1	+	Eн · K1
171824		125547		0,15 · 308514
З2	=	C2	+	Eн · K2
170517		75998		0,15 · 630128

Річний економічний ефект		
E	=	Z1 - Z2
1307		171824 - 170517

Строк окупності				
Tок	=	(K2 - K1) / (C1 - C2)		
6,49		630128 - 308514 / 125547 - 75998,1		

Рисунок 4.5 – Витрати на окупність

Бачимо, що витрати будуть схожими, проте новий верстат все ж таки буде витрачати менше, і через 6,5 років зможе окупитися повністю.

Так, як верстатників буде більше для утримання двох верстатів, ніж для одного, то коштів на виплату заробітних плат та зарплат за наладку верстатів буде витрачатися більше.

Базовий варіант					Новий варіант				
1M553	$I_z =$	Net.zar	·	Tшт / d	52НТ	$I_z =$	Net.zar	·	Tшт / d
	39037	55,85		699 / 1		7086	50,03		424,9 / 3
2A637Ф4	$I_z =$	Net.zar	·	Tшт / d	Всього I_{z2}	7086			
	6912	52,74		262,08 / 2					
-	$I_z =$	Net.zar	·	Tшт / d					
	0	0,00		0 / 0					
-	$I_z =$	Net.zar	·	Tшт / d					
	0	0		0 / 0					
Всього I_{z1}	45949								

Рисунок 4.6 – Зарплатня верстатника

Базовий варіант				Новий варіант					
1M553	$I_n =$	Hнал	·	Tн	52НТ	$I_n =$	Hнал	·	Tн
	871,78	52,84		16,5		1963,27	53,94		36,4
2A637Ф4	$I_n =$	Hнал	·	Tн	Всього I_{n2}	1963,27			
	1607,47	44,34		36,25					
-	$I_n =$	Hнал	·	Tн					
	0,00	0,00		0					
-	$I_n =$	Hнал	·	Tн					
	0,00	0,00		0					
Всього I_{n1}	2479,25								

Рисунок 4.7 – Зарплатня за наладку верстата

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ</i>	Адк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Собівартість механічної обробки в 1,5 рази дешевше ніж з використанням базових верстатів. Тому робимо висновок, що використання токарного обробного центру марки MICRO CUT моделі 52HT є доцільним в порівнянні з базовими аналогами.

4.3 Організація виробництва із застосуванням сучасних технологічних рішень

Як було зазначено у п. 1.1, деталь «Колесо зубчасте» піддають гартуванню при температурі 860–880°C з охолодженням у оливі та відпуску при 630–650°C з охолодженням на повітрі.

Після даної термічної обробки мікроструктура сталі 45Л складається з троститу та фериту (Рис. 4.11), при цьому твердість складає 311-321 НВ.

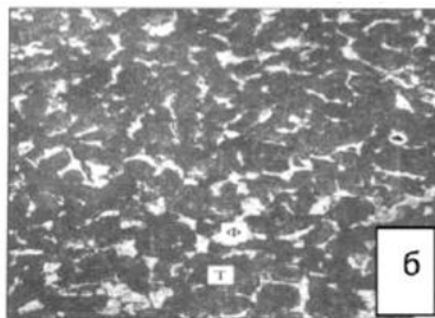


Рисунок 4.11 – Мікроструктура сталі 45Л після базової термічної обробки [11]

Наявність фази фериту у структурі сталі бажана усередині тіла колеса із метою надання помірної пластичності та зниженню хрупкості ребрам жорсткості. Одночасно з тим присутність фериту у поверхневих шарах призводить до підвищення зношуваності внаслідок його пластичності та в'язкості. Таким чином колесо має низький показник надійності. Тому деталі Колесо зубчасте доцільно провести іншу або додаткову термічну або хіміко-термічну обробку із метою підвищення зносостійкості робочої поверхні зубців.

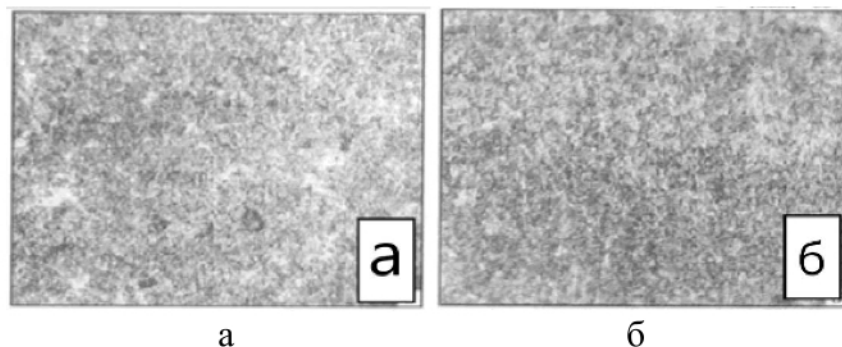


Рисунок 4.12 – Мікроструктура гартування СВЧ

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Автори [11] зазначають, що гартування поверхні високоенергетичними джерелами, тобто, струмами високої частоти, призведе до утворення на поверхні шару безструктурного мартенситу із твердістю 524 НВ (рис 4.12 а), а мікроструктура у середині деталі складатиметься із сорбіту (277-293 НВ) (рис. 4.12 б). Утворення таких мікроструктур однозначно вплине на твердість поверхні, але необов'язково вплине на зниження зношуваності. Дані у [11] про зношуваність поверхні відсутні. Крім того, загально відомо, що на зношуваність значно впливає легування сплаву джерелами концентрованої енергії, тобто, утворення спеціальних карбідів, нітридів, боридів, тощо.

Із метою поверхневого зміцнення часто виконується хіміко-термічна обробка доевтектоїдних нелегованих сталей [11-14]. Наприклад, у [11] показано оптимальний режим азотування сталі 45 при наступних параметрах: тиск у вакуумній камері 240–250 Па і концентрація аргону до 20–25%. При такому режимі азотування досягалася максимальна зона азотованого шару – 0,2 мм. А мінімальний знос сталі 45 отримано при тиску у вакуумній камері 200 Па і об'ємній концентрації аргону 30–33%, температура 570°C, час 240 хв. Ми вважаємо, що зміцнення на глибину 0,2 мм є недостатнім для експлуатаційних умов роботи Колеса зубчастого, а у роботах [12, 13] досягнуто кращого результату проникнення азоту вглиб деталі – до 0,45 мм.

Автори [12, 13] зазначають, що для покращення твердості та зносостійкості перед азотуванням можна використати легування джерелами концентрованої енергії тільки важливих ділянок деталі. У даних дослідженнях джерелами концентрованої енергії є лазерне опромінення. Дослідження показало, що якщо проводити лише азотування, тоді товщина буде складати 0,17 мм, а попереднє лазерне опромінення деталі збільшило легований шар до 0,45 мм, через те, що на поверхні утворилася більш пориста мікроструктура, а саме, зерна стали протяжніші, збільшилася площа проникнення між зернами, тому підвищилася швидкість дифузії азоту і його відсотковий вміст. За даними дослідження [13] без лазерної обробки вміст азоту сягнув 0,071%, а за наявності опроміненої поверхні – 0,14-0,15% Також завдяки цьому значно зменшився час азотування – найбільше насичення структури азотом відбувається у першу годину.

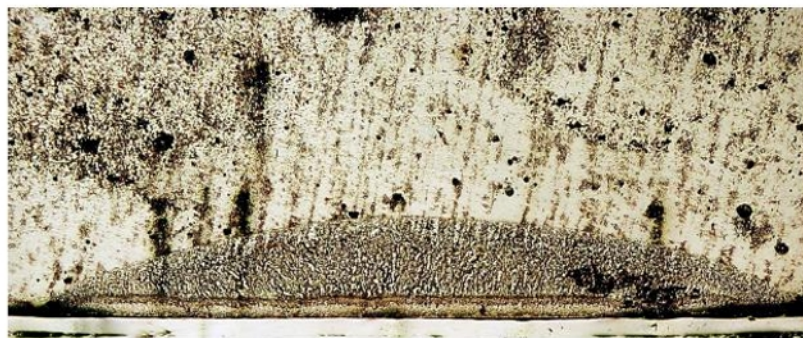


Рисунок 4.13 – Видовження зерен структурних складових сталі внаслідок лазерної обробки [13]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Згідно триботехнічних випробовувань зношування азотованої протягом 10 год сталі становило $0,8 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{км}$, а зношування поверхонь оброблених лазером та азотованих протягом 1 год – $0,33 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{км}$, що у 2,4 рази менше [13]. Це можна пояснити більшою глибиною азотованого шару, більшою концентрацією азоту у поверхні, а також за допомогою фазового рентгеноструктурного аналізу визначено, що без лазерної обробки азотований шар містить у більшій мірі гексагональний нітрид заліза Fe_3N , а у обробленому лазером азотованому шарі – кубічний нітрид заліза Fe_4N , який є стабільніший і міцніший. Твердість поверхневого шару зубців вала-шестерні також підвищується у 2-2,5 рази згідно дослідження [12].

У роботі [14] виявлено у ході випробовувань поліпшеної сталі 45 і карбонітризованої сталі 45, що зношувальність можна зменшити у 1,2-1,3 рази для усіх діапазонів навантажень.

Отже, у ході вивчення досліджень термічної і хіміко-термічної обробки сталі було знайдено способи термічної обробки деталі Колесо зубчасте, які істотно можуть підвищити надійність і продовжити строк експлуатації у порівнянні із наявним рівнем зносостійкості робочої поверхні зубців при базовій термічній обробці.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.04.0ЕЧ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

При виконанні кваліфікаційної бакалаврської роботи було розглянуто службове призначення деталі «Колесо зубчасте», обрані матеріали та розглянуті аналоги, зроблено висновок, що використання сталі 45Л є доцільним. Проведено аналіз якості поверхонь деталей та технічний контроль робочого креслення.

Аналізуючи технологічність деталі, з розрахунків виявили, що деталь є технологічною. Обрали та економічно розрахували, що лиття є оптимальним методом отримання заготовки. Також було розроблено маршрутно-технологічний процес та підібрано сучасні актуальні ріжучі та допоміжні інструменти.

Беручи до уваги раніше проаналізовані методи обробки вибрали сучасні верстати та пристосування до них. Випробовування в SolidWorks Simulation показало, що деталь витримала прикладені до неї зовнішні навантаження, які виникали у вузлі механізму. Епюри показали, що максимальне напруження становить 5,575 МПа та максимальне переміщення дорівнює 0,005 мм при мінімальному запасі міцності 95,067.

Описано охорона та безпека праці на підприємстві, розрахована економічна ефективність використання сучасного верстата з ЧПК, який буде окуплено через 6,5 років використання.

Також замінено базову термічну обробку гартування та відпуску на більш сучасний і ефективний метод опромінення лазером та подальше азотування, тому що вони здатні істотно підвищити надійність і продовжити строк експлуатації.

Дане технічне завдання кваліфікаційної бакалаврської роботи було виконано в повній мірі.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>			<i>Висновок</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Нечасів</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог та технічний посібник Seco 2020: "Токарна обробка";
2. Каталог абразивного інструмента LUCABRASIV 2015;
3. ДСТУ 18217:2008 "Протяжки шпонкові. Конструкція";
4. Каталог зубообробного інструмента FETTE 2015;
5. Каталог Sandvik 2017: "Токарні інструменти";
6. ДСТУ 2675:2008 "Патрони самоцентруючі трикулачкові. Основні розміри";
7. Каталог MICRO CUT: "Токарні верстати з ЧПК";
8. Каталог GIGANT 2019: "Протяжні верстати";
9. Каталог GEARSPECT: "Зубофрезерні верстати";
10. Каталог JUNKER: "Круглошліфувальні верстати";
11. Чернета, О. Г., Сухомлін, В. І., Волощук, Р. Г., & Серета, Б. П. (2017). Дослідження мікроструктури зношених деталей автомобілів із сталі 45 при відновленні і багатократній термічній обробці. *Перспективні технології та прилади*, (10), 212-216;
12. Idan Alaa Fadhil I. Development of the combined hardening technology of obtaining solid coating on the surface of steel products / Alaa Fadhil I Idan // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2017. – № 1/1(33). – С. 20–23. DOI: 10.15587/2312-8372.2017.93431
13. Кіндрачук, М. В., Яхья, М. С., Корнієнко, А. О., Кіндрачук, В. М., & Іщук, Н. В. (2008). Визначення параметрів дискретної структури покриттів триботехнічного призначення. *Проблеми тертя та зношування*, (50).
14. Глушкова Д. Б., Байдала В. Ю. Порівняння зносостійкості та нанотвердості сталей, поверхня яких зміцнена різними способам //The 7th International scientific and practical conference “Application of knowledge for the development of science” (February 21–24, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. 428 p. – 2023. – С. 386.
15. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 200
16. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ 2008, 576 с.
17. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник / Боровик А.І,- К.: Кондор, 2008. 726

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.СВД</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>			<i>Список використаних джерел</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-20</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Нечасв</i>						

18. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2011. – 422 с.

19. О.Г. Левченко, Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

20. О.Г. Левченко, О.І. Полукаров Охорона праці у зварювальному виробництві

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.СВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-11.Д</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Лещенко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Нечасів</i>						
						<i>Кафедра ТМ</i> <i>гр. ПМ-20</i>		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Вдосконалення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Колесо зубчасте» із метою підвищення його надійності з використанням САД, САЕ та передових технологій обробки

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Лещенко К.П.

Керівник КБР

(підпис)

Кравцова Д.Ю.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

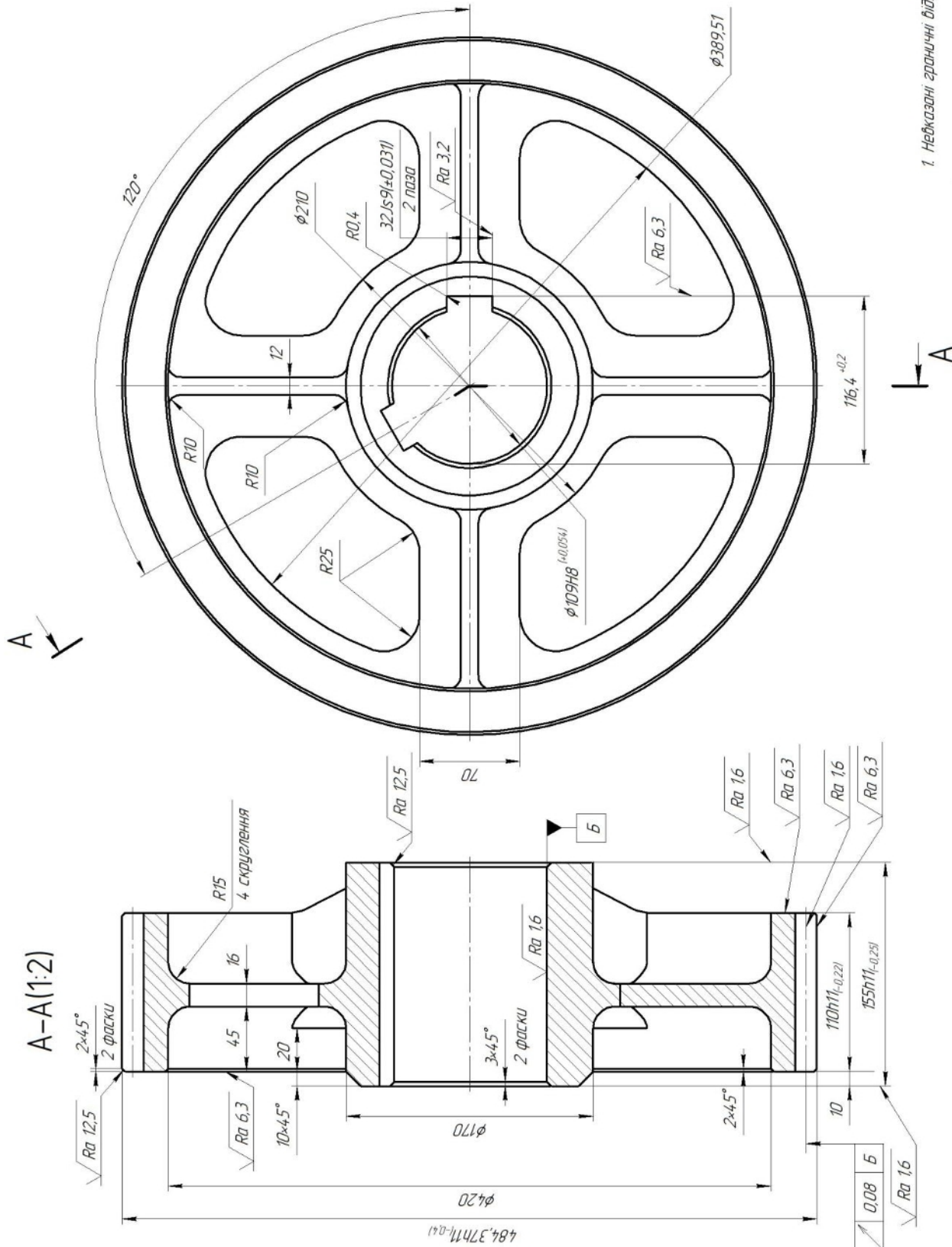
Нечасв В.П.

Кривий Ріг

2024 р.

AW

Модуль	m	5,5
Число зубців	z	86
Вихідний контур	-	ДСТУ 8822:2018
Коефіцієнт зміщення вихідного контура	x	-0,4
Ступінь точності	-	8-9 ДСТУ 3880:18
Діляльний діаметр	d	477,78

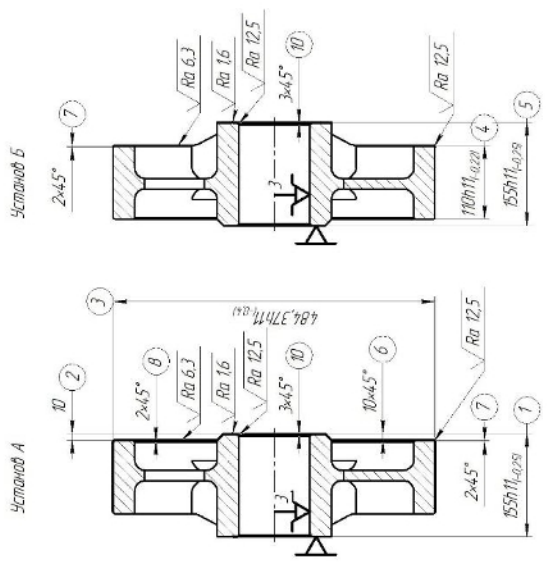


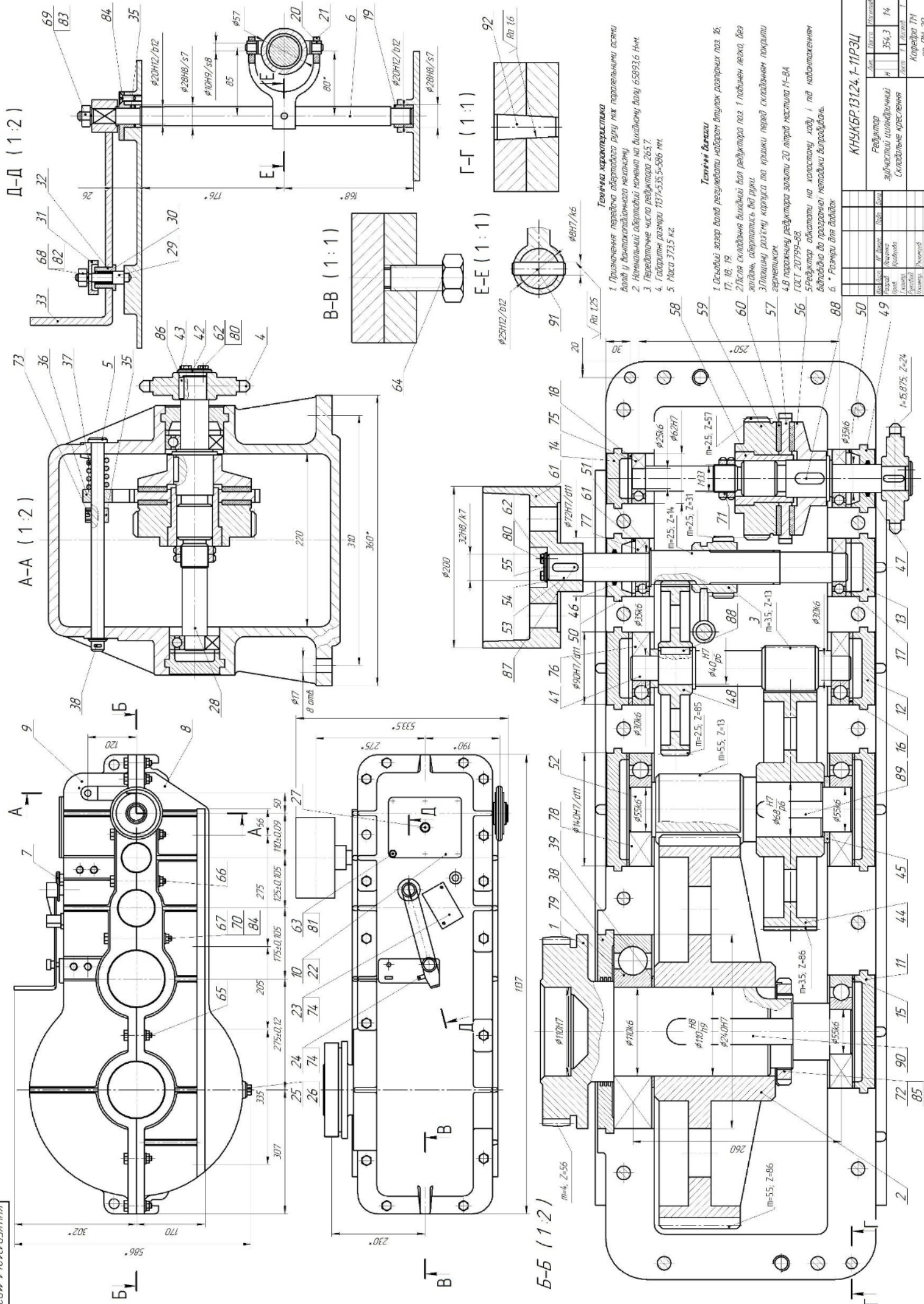
1. Невказані граничні відхилення Н14, h14, IT¹⁴/₂.

КНУКБР:13124.1-11К3

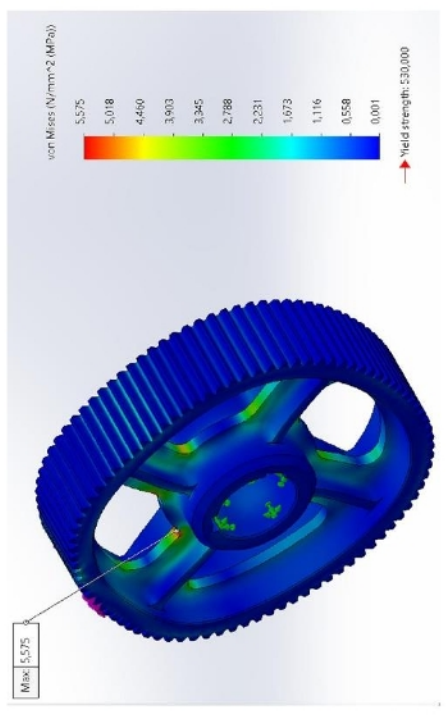
КНУКБР:13124.1-11К3		Лист	Масштаб
Колесо		№	12
зубчасте		Н	67,69
Сталь 45Л ДСТУ 8781:2018		Лист	1
Корфара ТУ		Лист	1
Зр. ТУ-20		Корфара ТУ	
		Зр. ТУ-20	
		Формат	A2

Операция 005
Токарна чистота по надбачистота
Верстат 52HT

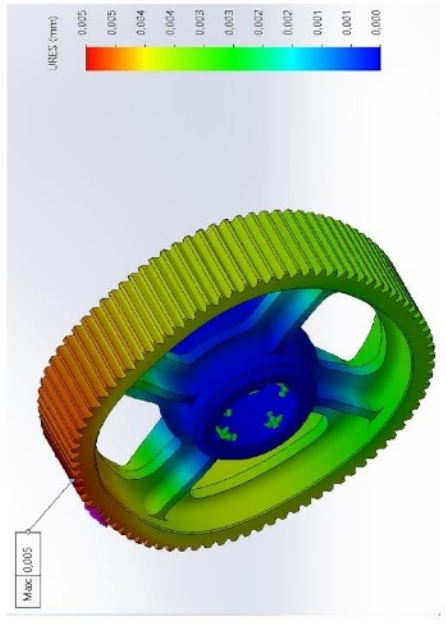




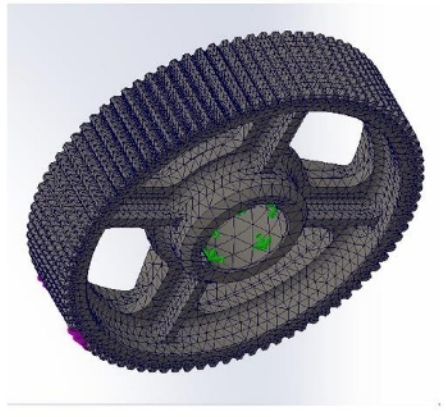
КНУКБР.13124.1-11РЭЦ	
Исполнитель	Инженер ТИ
Проверенный	Инженер ТИ
Утвержденный	Инженер ТИ
Дата	14
Лист	35,3
Всего листов	14



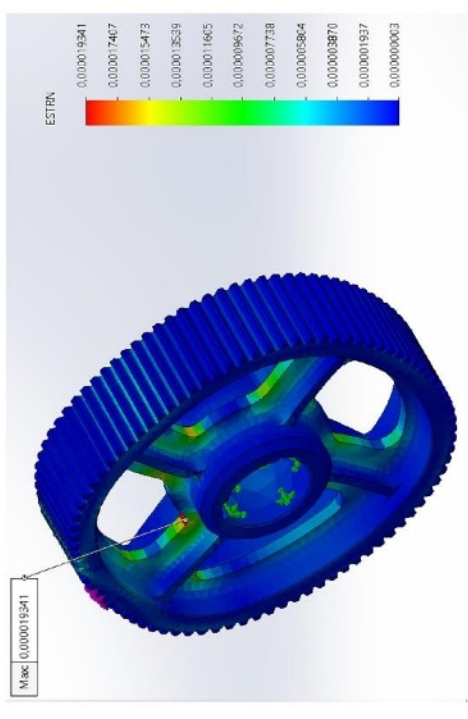
Епора максимальних напружень



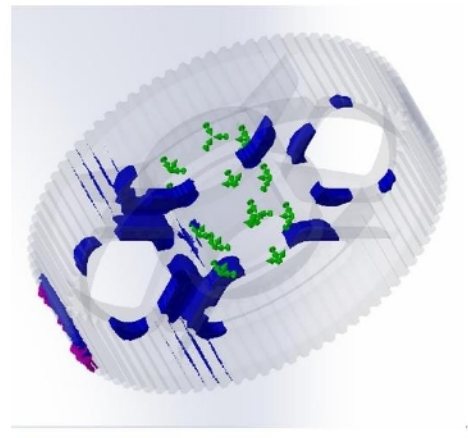
Епора переміщень



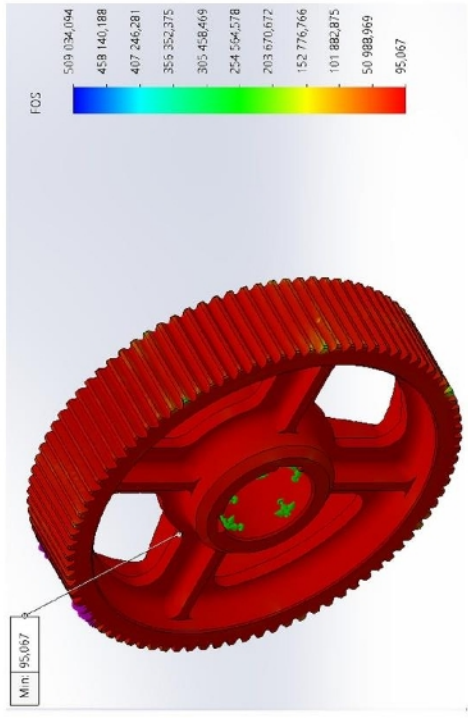
Створена сітка



Епора максимальних деформації



Епора механічних напруг (Design Insight)



Епора запасу міцності

КНУКБР.0124.1-11ВДКЗВ		Дат.	Лист	Кресло
Виробничий завод		№	11	
власна служба		Н		
з бюро конструкторів		Л		
(де необхідні)		Л		
Кадрида ТМ				
зп. ПМ-20				
10.03.2017				