

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

Розробка технології виготовлення деталі «Шестірня» промислових редукторів загального призначення з річною програмою 14000 штук.

Листів –75 , ілюстрацій –53 , таблиць –29 , графічного матеріалу – 7 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки деталі «Шестерня».

Метою даної дипломної роботи є закріплення набутих навичок по розробці маршрутного технологічного процесу виготовлення деталей.

В технологічній частині дипломної роботи виконано аналіз технологічності деталі, проведено обґрунтування методу отримання заготовки, розраховані міжопераційні припуски і проведений розрахунок режимів різання.

В конструкторській частині роботи спроектоване і розраховане спеціальне верстатне пристосування для встановлення і закріплення деталі, спеціальна оправка.

В організаційній частині виконано вибір основного технічного обладнання.

В останньому розділі роботи розглядаються питання щодо охорони праці верстатника до, під час та після виконання механічної обробки деталі «Шестерня» з використанням металообробних верстатів на підприємстві.

Метод дослідження – теоретичний, графічний та розрахунковий із застосуванням ЕОМ.

Ключові слова: виробництво; технологічний процес, технологічність конструкції, технологічні бази, заготовка, деталь, припуск, режими різання, ріжучий інструмент, пристосування, верстат.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	5
1.1 Аналіз призначення та умови роботі деталі "Шестерня"	5
1.2 Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки. Маршрутна технологія виготовлення деталі.	9
1.3 Вибір технологічних баз.	23
1.4 Проектування технологічної послідовності обраних поверхонь деталі.	24
1.5 Проектування змісту технологічних операцій.	31
1.6 Різальний інструмент та засоби контролю.	49
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	60
2.1 Опис пристосування для токарної операції	60
2.2 Похибка установки заготовки й пристосування	60
2.3 Сила затиску заготовки	61
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	64
3.1 Вибір основного технологічного обладнання	64
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	67
ВИСНОВКИ	74
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	75

## ВСТУП

Машинобудування – одна з ведучих промисловостей народного господарства нашої країни. Вона виробляє машини, обладнання, апарати та прилади, а також продукцію оборонного значення.

Науково-технічний прогрес в машинобудуванні в значній мірі визначає розвиток та удосконалення всього народного господарства країни. Важливими умовами прискорення науково-технічного прогресу є ріст продуктивності праці, підвищення ефективності суспільного виробництва та покращення якості виробництва.

Удосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першостепенне значення. Якість машин, надійність, довголіття та економічність при експлуатації залежить не тільки від удосконалення їх конструкції, але й від технології виробництва. Застосування прогресивних високоефективних методів обробки забезпечує високу точність та якість поверхонь деталей машин, ефективне використання сучасних автоматичних та поточкових ліній електричних обчислюваних машин та іншої нової техніки.

Важливою задачею машинобудування – є зміна структури виробництва з метою підвищення якості характеристик машин та обладнання. Особливе значення надається модернізації самого машинобудування, технічний рівень якого залежить від верстатобудування, приладобудування, електроніки.

В умовах швидкого росту машинобудування це дає реальну базу під технічне переозброєння виробничої бази країни у відповідності з сучасними вимогами.

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз призначення й умови роботи деталі

Робота зубчастих коліс при високій температурі ( вище 90 - 120 С) не зв'язана зі зниженням запасу надійності проти заїдання .

Неплавність роботи зубчастих коліс неминуче пов'язана з виникненням у зачепленні додаткових інерційних зусиль, які називають динамічним навантаженням. Остання є шкідливим чинником, що зменшує здатність зубів передавати корисне навантаження, нерідко зухвалий шум і вібрацію деталей передачі.

Плавність роботи зубчастого колеса характеризується коливанням кінематичної погрішності на невеликому куті повороту.

Плавність роботи зубчастих коліс характеризується так званою циклічною погрішністю, що позначається  $D / 1$  і є складеної кінематичної погрішності колеса, що періодично багаторазово повторюється за його оборот.

Не плавність роботи зубчастого колеса визначається величиною такої складової повної погрішності кута повороту колеса, які багаторазово ( циклічно) повторюються за один оборот.

При роботі зубчастих коліс із прямими зубами в зачепленні одночасно перебувають один або два зуби, внаслідок чого робота передачі супроводжується деякими поштовхами.

При роботі зубчастих коліс на поверхнях зубів виникають сили тертя, які змінюють напружений стан у зоні контакту й збільшують максимальну контактну напругу зрушення.

При роботі зубчастих коліс необхідно, щоб у будь-який момент часу зуби перебували в зачепленні. Для цього потрібно, щоб дуга зачеплення була більше кроку. Тому шлях, прохідний зубом за час зачеплення однієї пари зубів ( дуга зачеплення), повинен бути більше кроку.



При роботі зубчастих коліс і нульовий, і симетричний цикл є переривчастими, тому що за один оборот колеса час дії напруги вигину .Про рівняється тривалості зачеплення однієї пари зубів.

Циліндричні зубчасті колеса. При роботі зубчастих коліс зуби одного колеса входять у западини другого, завдяки чому створюється можливість передавати обертовий рух шляхом безпосереднього тиску бічної поверхні зуба ведучого колеса на дотичну з нею бічну поверхню зуба веденого колеса.

Підвищення плавності роботи зубчастих коліс звичайно досягається конструктивними заходами - фланкуванням зубів і застосуванням коліс із криволінійним зубом. Однак відповідальна роль тут належить також і мастилу.

Динаміка порушення якості поверхні ( утворення нових рисок при випробуванні синтетичних масел. | Динаміка збільшення глибини ямок. Під час роботи зубчастих коліс розміри цих ямок збільшуються по глибині й по площі. Виміри показують, що залежно від застосовуваного масла глибина ямок буває різної. Вона не рівномірна по всій зруйнованій поверхні.

На початку роботи зубчастих коліс має місце прироблюючі зношування, які при загартованих зубах може тривати сотні годин. У цей час окремі нерівності, які виступають за межі масляної плівки, стираються, і поверхня згладжується. Надалі при чистому змазуванні колеса можуть працювати десятки років без помітного зношування.

Якщо плавність роботи зубчастого колеса відповідає вимогам, пропонованим ДСТ 1643 - 81, а плавність роботи рейки вимогам ДСТ 10242 - 81, контроль плавності рейкових передач необов'язковий.

Модулі зубчастих коліс за ДСТ 9563 - 60. Норма плавності роботи зубчастого колеса визначає величину складеної повної погрішності кута повороту зубчастого колеса, які багаторазово повторюються за оборот колеса.

До області зубооброблюючих робіт зубчастих коліс ставляться зубошліфувальних операції. Для звичайних умов роботи зубчастих коліс цей

зазор між зубами повинен гарантувати нормальну роботу зачеплення при різниці температур колеса й корпуси  $25^{\circ}\text{C}$  при значних швидкостях потрібно значно більший зазор.

Комплексним показником несправності роботи зубчастого колеса є циклічна погрішність. Приробітку збільшує плавність роботи зубчастих коліс, зменшує тертя й момент рушання зубчастого редуктора. Для поліпшення умов роботи зубчастих коліс застосовують редуктори з роздвоєним швидкохідним щаблем типу Ц2Ш, які легше, але ширше. Співвісні редуктори типу Ц2С застосовують для зменшення довжини корпусу. Вони простіше по конструкції й менш трудомісткі у виготовленні. Схеми бочкоподібної приробітки зубів. У результаті при роботі зубчастих коліс із максимальним крутним моментом у контакті будуть брати участь лише частина робочих поверхонь з'єднаних зубів, обумовлена максимальним кутом відносного перекошу зубчастих коліс.

Одним з показників плавності роботи зубчастого колеса є відхилення кроків у колесі. Індикаторний зубомір. Для визначення показників плавності роботи зубчастих коліс і передачі застосовують прилади для комплексного однопрофільного контролю, які дозволяють робити запис кінематичного процесу і його гармонійний аналіз. Крім того, для широких косозубих коліс характерна циклічна погрішність, яку можна визначати хвилеміром.

Погрішності зубчастого колеса, які впливають на плавність його роботи. Одним з показників плавності роботи зубчастого колеса є відхилення кроків у колесі. Під відхиленням кроку, розуміють кінематичну погрішність зубчастого колеса при його повороті на один номінальний кутовий крок. Дійсний крок зачеплення рівняється найкоротшій відстані між двома паралельними площинами, дотичними до двох однойменних активних бічних поверхонь сусідніх зубів зубчастого колеса.

Характер зміни кінематичної погрішності і її гармонійних складових. Одним з показників плавності роботи зубчастого колеса є відхилення кроків у колесі. Різкий шум при роботі зубчастих коліс завжди є наслідком яких-

небудь погрішностей їхнього виготовлення або зборки. Рівень шуму вимірюють шумомірами, які вловлюють через мікрофон звуки, які потім за допомогою підсилювача й гальванометра можуть бути оцінені по шкалі в децибелах.

Підвищення точності по нормах плавності роботи зубчастих коліс виражається в зменшенні хвилястості поверхні зубів, зменшенні погрішностей кроку зачеплення й евольвентного профілю зубів. Підвищення точності по нормах контакту зубів виражається в збільшенні довжини лінії контакту по висоті зубів. Збільшення довжини лінії контакту по довжині зубів при шевінгуванні в щільному зачепленні досягається тільки у випадку, коли довжина лінії миттєвого контакту шевера з колесом становить не менш 0,4 ширини зубчастого вінця. При однобічному шевінгуванні можлива поздовжня модифікація зубів зміною гальмового моменту або часу шевінгування різних ділянок поздовжнього профілю зубів, зокрема, виправлення поздовжнього профілю зубів коліс із великою шириною зубчастого вінця.

ГолоЕка для контролю внутрішніх різьблень. Одночасно виявляються також погрішності плавності роботи зубчастих коліс. Таку розбивку рекомендується застосовувати при роботі зубчастих коліс зі змінним навантаженням або при нетривалій роботі, а також при недостатньому запасі надійності проти заїдання .

Приклад задирання адгезійного типу зубчастих коліс, що виникає при змазуванні маслами нелегованими й з м'якими антизадирними присаками. Провідна шестірня гіпоїдної передачі. Залежно від конструкції й режиму роботи зубчастих коліс постійна температура може бути досягнута за кілька хвилин або кілька десятків хвилин. Очевидно, що задирання зубів може виникнути тільки протягом цього періоду. Якщо ж цього не трапиться, то по досягненню постійної температури поверхонь зубів воно більше не відбудеться, якщо тільки не зміняться умови роботи й стан поверхонь зубів.

Для зменшення впливу деформації валів на роботу зубчастих коліс і для досягнення безшумної роботи іноді застосовуються бочкоподібні зуби. Бочкоподібність зубів по їхній довжині в межах від 10 до 20 мікронів звичайно досягається при шевінгуванні або при притиранні в результаті переміщення осі шевера при його подачі по кривій поверхні або зрушення осей притирань щодо осі притираємої зубчатки.

Зуб, що виламався, з викрошеною робочою поверхнею. Основними причинами шуму й вібрації при роботі зубчастих коліс є: недостатньо висока точність обробки коліс ( у першу чергу циклічні помилки й помилки кроку зачеплення, помилки профілю, окружного кроку й напрямку зубів); неточності, допущені при монтажі коліс; контактне тертя зубів ; деформація зубів і валів під навантаженням; резонанс корпусу зубчастої передачі.

Більші подовження шатунів негативно позначаються на роботі зубчастих коліс і черв'ячного редуктора, тому що при затягуванні прес-форм, коли навантаження на привід досягають верхньої межі, шлях, прохідний кривошипом, зі збільшенням подовження шатуна збільшується.

При комбінуванні норм різних ступенів точності норми плавності роботи зубчастих коліс і передач можуть бути не більш, ніж на два ступені точніше або один ступінь грубіше норм кінематичної точності; норми контакту зубів не можуть призначатися по більше грубих ступенях точності, чим норми плавності.

## **1.2. Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки.**

### **Маршрутна технологія виготовлення деталі**

#### **1.2.1 Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки**

Вимоги до механічних властивостей деталі “шестірня” наведені в табл. 1.1.

Для виготовлення деталі “Шестірня” обираємо сталь 18ХГТ ДСТ 4543-71. Сталь 18ХГТ – конструкційна якісна низьколегована сталь. Структура сталі у вихідному стані – ферит + перліт. Її хімічний склад

наведений в табл. 2, а механічні властивості у стані постачання – в табл. 3 (сталь гарячекатана після нормалізації). Сталями-замінниками сталі 18ХГТ є наступні сталі: 30ХГТ, 25ХГТ, 12ХН3А, 12ХН2Н4А, 20ХН2Н, 14ХГСН2МА, 20ХГР ГОСТ 4543-71.

Таблиця 1.1 - Вимоги до механічних властивостей деталі “шестірня”

$\sigma_b$ , не менше, МПа	$\sigma_{0,2}$ , не менше, МПа	$\delta$ , не менше, %	$\psi$ , не менше, %	КСУ, не менше Дж/см <sup>2</sup>	Твердість
450	350	10	45	70	59 - 61 HRC*

\*Примітка: для цементованої поверхні зубів.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 18ХГТ ДСТ 4543-71

С, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ti, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
							не більше	
0,17 - 0,23	0,8 - 1,1	0,17 - 0,37	1,0 - 1,3	0,03 - 0,09	≤0,25	≤0,2	0,04	0,035

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 18ХГТ у стані постачання (після нормалізації)

$\sigma_b$ , не менше, МПа	$\sigma_{0,2}$ , не менше, МПа	$\delta$ , не менше, %	$\Psi$ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см <sup>2</sup>	Твердість, НВ
520	420	26	77	100	156

Залежність механічних властивостей гарячекатаної нормалізованої сталі 18ХГТ від температури наведено в табл. 1.4.

Дані щодо механічних властивостей прокату зі сталі 18ХГТ після різних видів термічної обробки наведено в табл. 1.5.

Дані щодо механічних властивостей поковок зі сталі 18ХГТ наведено в табл. 1.6.

Технологічні властивості сталі 18 ХГТ наведено в табл. 1.7.

Дані щодо межі витривалості сталі 18ХГТ наведено в табл. 1.8.

Таблиця 1.4 - Залежність механічних властивостей гарячекатаної нормалізованої сталі 18ХГТ від температури

Температура випробувань, °С	$\sigma_{0,2}$ , не менше, МПа	$\sigma_b$ , не менше, МПа	$\delta$ , не менше, %	$\Psi$ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см <sup>2</sup>
20	420	520	26	77	100
200	360	460	24	78	100
300	310	465	24	68	100
400	300	470	29	75	-
500	300	410	27	76	-
700	205	235	46	88	-
800	76	135	51	94	-
900	54	95	55	96	-
1000	50	78	58	100	-
1100	25	43	61	100	-
1200	-	20	64	100	-

Примітка: зразок діаметром 6 мм, довжиною 30 мм, кований та нормалізований. Швидкість деформування 50 мм/хв. Швидкість деформації 0,03 с<sup>-1</sup>.

Таблиця 1.5 - Механічні властивості прокату зі сталі 18ХГТ

Стан постачання, термічна обробка	$\sigma_{0,2}$ , не менше, МПа	$\sigma_b$ , не менше, МПа	$\delta$ , не менше, %	$\Psi$ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Сталь калібрована гарячекатана та кована 2-ї категорії після нормалізації	420	520	26	77	100
Сталь калібрована 5-ї категорії після відпалу або високого відпуску	400	510	28	80	120
Нормалізація від 880-950°С. Гартування від 870°С у маслі. Відпуск при 200°С, охолодження на повітрі або у воді					
Циліндричні зразки діаметром 50 мм	880	980	9	50	78
Нормалізація від 930-960°С. Газова цементация при 930-950°С. Гартування від 825-840°С у маслі. Відпуск при 180-200°С					
Циліндричні зразки діаметром 50 мм	800	1000	9	50	78
Газова цементация при 920-950°С. Гартування від 820-860°С у маслі. Відпуск при 180-200°С, охолодження на повітрі					
Циліндричні зразки діаметром 20 мм	930	1180	10	50	78

Продовження таблиці 1.5					
1	2	3	4	5	6
Циліндричні зразки діаметром 60 мм	780	980	9	50	78
Температура відпуску (після гартування від температури 860-880°C у маслі) з охолодженням на повітрі:	Циліндричні зразки діаметром 20 мм				
200°C	920	1150	11	57	98
300°C	900	1100	10	57	78
400°C	840	1050	9	57	78
500°C	710	900	15	66	144
600°C	520	700	20	73	216

Таблиця 1.6-Механічні властивості поковок зі сталі 18ХГТ

Стан постачання, термічна обробка	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$ , не менше, МПа	$\sigma_B$ , не менше, МПа	$\delta$ , не менше, %	$\Psi$ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см <sup>2</sup>	НВ, не більше
Нормалізація							
КП 175	<20	460	580	24	72	100	180
КП 175	20-50	440	540	24	72	100	180
КП 175	50-70	420	520	26	77	100	180
КП 175	70-100	420	520	26	77	100	180
КП 195	<50	440	540	24	72	100	180
КП 195	50-100	420	520	26	77	100	180
КП 215	<50	460	580	24	72	100	180
КП 215	50-100	440	540	24	72	100	180
Гартування від 825-840°C у маслі. Відпуск при 180-200°C							
КП 245	<20	930	1180	10	50	78	-
	20-50	780	980	9	50	78	-

Таблиця 1.7-Технологічні властивості сталі 18ХГТ

Температура кування: температура початку кування – 1200°C, температура кінця кування – 800°C. Поковки з перетином нижче 250 мм охолоджуються на повітрі, поковки з перетином 250-350 мм – у колодязі.
Зварюваність: зварюється без обмежень, за виключенням деталей після хіміко-термічної обробки. Способи зварювання: ручне дугове зварювання, зварювання під флюсом, зварювання у середовищі захисних газів та CO <sub>2</sub> , контактне зварювання.
Оброблюваність різанням: у гарячекатаному стані при НВ = 160 та $\sigma_B = 520-560$ МПа $K_{\square_{ТВ.СПЛ.}} = 1,1$ ; $K_{\square_{Б.СТ.}} = 1,0$ .

Продовження таблиці 1.7

Схильність до відпускнуї крихкості: проявляє слабку схильність до відпускнуї крихкості у діапазоні температур відпуску 250 - 350°C.
Чутливість до утворення флокенів: не чутлива.

Таблиця 1.8-Межа витривалості сталі 18ХГТ

$\sigma_{-1}$ , менше, МПа	$\tau_{-1}$ , менше, МПа	n	$\sigma_{в}$ , менше, МПа	$\sigma_{0,2}$ , менше, МПа	Термічна обробка, стан постачання
206		1E+7	500	320	
245			520	310	
225			490	280	
205	127				Нормалізація 910°C, відпуск 620°C
193			420	280	
255	451				Цементация 930°C, гартування 870°C, відпуск 190°C

Для виготовлення заготовок обираємо гаряче об'ємне штампування у відкритому штампі [1]. Вихідним матеріалом для отримання заготовок є циліндричні поковки після попередньої осадки. Процес гарячого об'ємного штампування характеризується високою продуктивністю. Він забезпечує високу точність геометричних розмірів поковок і можливість виготовлення широкої номенклатури деталей: валів суцільного перетину, шестерен, зубчастих коліс.

### 1.2.2 Маршрутна технологія виготовлення деталей

Маршрутну технологію виготовлення деталей наведено на рис. 1.1. Маршрутна технологія виготовлення деталей включає в себе наступні



технологічні цикли: вхідний контроль прокату; отримання заготовок (поковок) гарячим об'ємним штампуванням; контроль якості поковок; нормалізація поковок; основна механічна обробка поковок (за винятком шліфування зубів); цементація, гартування, відпуск, контроль якості ТО; шліфування зубів.

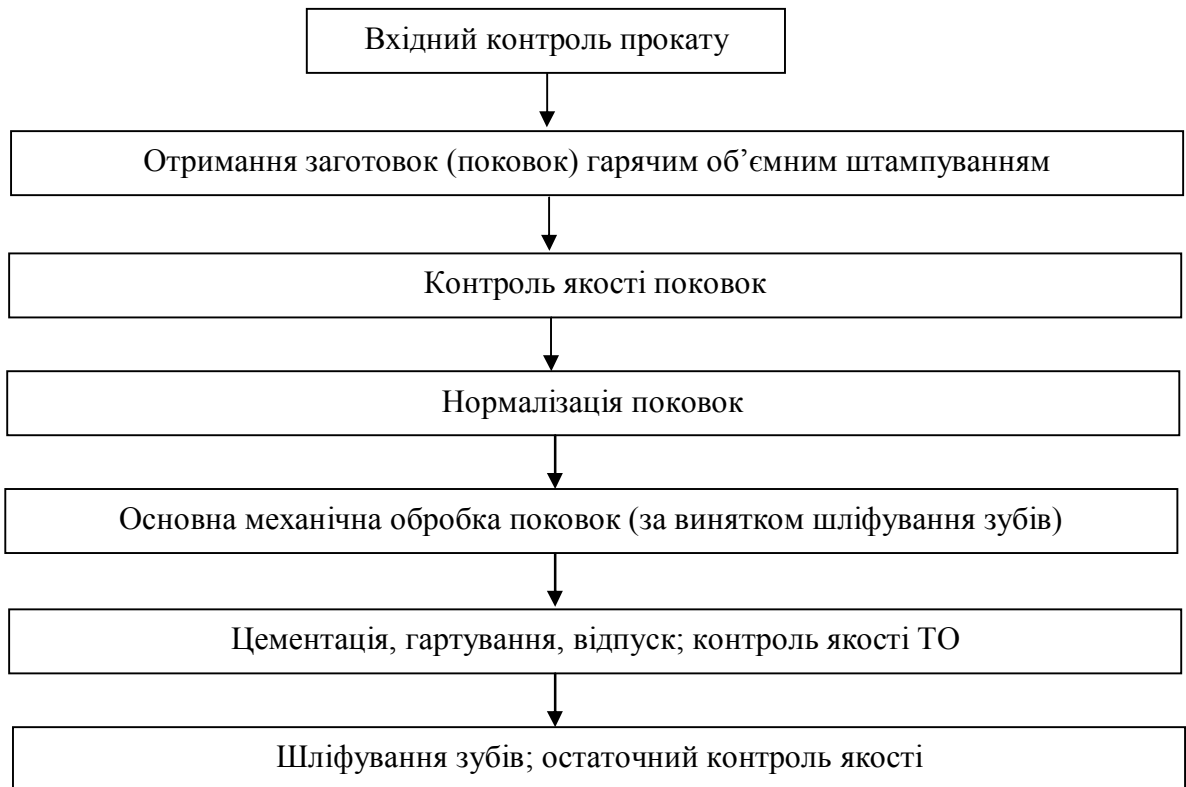


Рисунок. 1.1 - Маршрутна технологія виготовлення деталі “Шестірня”

При вхідному контролі прокату із сталі 18ХГТ перевіряються наступні параметри:

- хімічний склад;
- твердість (НВ);
- механічні властивості ( $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ ,  $\tau_{зс}$ ,  $\sigma_{ст}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ,  $a_n$ );
- зовнішні дефекти – тріщини, закати, волосовини, плени, пісочини, раковини, риски, вдавнена окалина, розшарування;
- внутрішні дефекти – поруватість (загальна та центральна), неметалеві включення, знеуглецьований шар, крупнозернистість (зокрема відманштеттова структура).

Твердість сталі 18ХГТ у стані постачання не повинна перевищувати 180 НВ. Хімічний склад сталі повинен відповідати вимогам, наведеним в табл. 1.2. Структура сталі – ферит + перліт. Не допускається наявність волокнистої текстури матеріалу та відманштеттової структури.

Злам сталі 18ХГТ повинен бути однорідним, в'язким, без усадкових раковин, тріщин, пустот, розшарувань, шлакових включень, пузирів, перепалів. Усадкових раковин, тріщин, пустот, розшарувань, шлакових включень, пузирів та перепалів також не повинно бути і на протравлених макрошліфах, вирізаних з прокату.

Перепал – це утворення по границях зерен оксидів заліза (рис. 1.2). Він є наслідком тривалої витримки сталі при високій температурі в окислювальному середовищі.

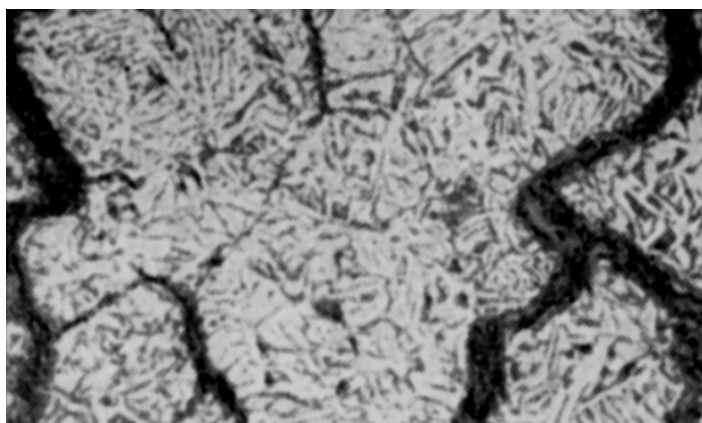


Рисунок. 1.2-Перепал в сталі 18ХГТ,  $\times 200$

На поверхні прокату із сталі 18ХГТ не допускаються тріщини, закати, волосовини, плени, пісочини, раковини, вдавнена окалина, розшарування. Неглибокі риски видаляються зачищенням або шліфуванням: на прокаті діаметром або товщиною більше 90 мм – в межах допустимого відхилення на діаметр або товщину прокату, на прокаті діаметром або товщиною менше 90 мм – в межах половини допустимого відхилення на діаметр або товщину прокату. Вирубка поверхневих дефектів не допускається.

Товщина зневуглецьованого шару у прокаті із сталі 18ХГТ не повинна перевищувати значень, наведених в табл. 9 (ГОСТ 1763 - 82). Зневуглецьований шар виявляється травленням мікрошліфів, вирізаних з прокату, 4 % - м розчином азотної кислоти в етиловому спирті. Зневуглецьований шар складається переважно з фериту. Ферит 4 % - м розчином азотної кислоти в етиловому спирті не протравлюється, тому зневуглецьований шар добре ідентифікується на фоні феритно-перлітної серцевини (перліт, на відміну від фериту, протравлюється добре і має характерний перламутровий відтінок) (рис. 1.3).

Таблиця 1.9-Допустима товщина зневуглецьованого шару у прокаті із сталі 18ХГТ

Товщина (діаметр) прокату, мм	5-15	15-30	30-50	50-70	70-100	100-150
Товщина зневуглецьованого шару, мм	0,25	0,4	0,5	0,6	0,85	1,1

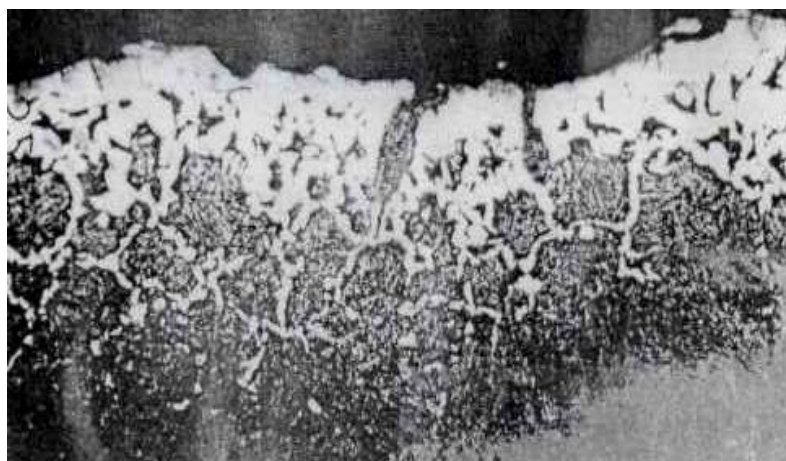


Рисунок. 1.3-Зневуглецьований шар на поверхні прокату із сталі 18ХГТ,  $\times 150$

Оцінка поруватості прокату із сталі 18ХГТ здійснюється по еталонним шкалам № 1 - 4 ДСТ 801-92 (оцінка макроструктури). Прокат має

задовольняти наступним вимогам: загальна поруватість у поперечному перерізі по шкалі № 1 у прокаті товщиною до 100 мм – не більше бала 1,5, у прокаті товщиною більше 100 мм – не більше бала 2; центральна поруватість у поперечному перерізі по шкалі № 2 – не більше бала 2; загальна і центральна поруватість по шкалі № 3 у поздовжньому перерізі – не більше бала 3; ліквация по шкалі № 4 – не більше бала 2.

У прокаті товщиною (або діаметром) менше 60 мм не повинно бути мікропоруватості. У прокаті товщиною (або діаметром) більше 60 мм допускається мікропоруватість не більше бала 1 шкали № 12 (оцінка мікроструктури).

Перевірка прокату на неметалеві включення здійснюється по шкалам № 9, 10, 11 ДСТ 801 - 92 (оцінка мікроструктури) (табл. 1.10).

Таблиця 1.10-Допустимі бали по вмісту неметалевих включень у прокаті із сталі 18ХГТ

Діаметр або товщина прутка, мм	Стан сталі	По оксидам, шкала № 9	По сульфідам, шкала № 10	По глобулям, шкала № 11
До 40	Гарячекатаната	2	2	2
40 - 80	холоднотягнута відпалена	2,5	2,5	2,5
Більше 80	Гарячекатаната відпалена	2,5	2,5	2,5

### 1.2.3 Призначення припусків на механічну обробку поковок

Припуски на механічну обробку штампованих поковок (за винятком поковок, що піддаються калібруванню) в узагальненому вигляді розраховуються наступним чином [1]:

$$\Pi = \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}, \quad (1.1)$$

де  $\Pi$  – сумарний припуск на механічну обробку;

$\Pi_{\text{осн.}}$  – основний припуск на механічну обробку;

$\Pi_{\text{дод.}}$  – додатковий припуск на механічну обробку.

Додатковий припуск на механічну обробку призначається для компенсації можливого порушення взаємного розташування поверхонь поковки у площині роз'єму штамп. Згідно даних [1]  $\Pi_{\text{дод.}} \approx 0,4\Pi_{\text{осн.}}$ . При цьому це співвідношення залишається майже незмінним незалежно від групи складності поковок. Тоді

$$\Pi = 1,4\Pi_{\text{осн.}} \quad (1.2)$$

З урахуванням виразу (2) розміри поковки можна визначити наступним чином:

- Діаметр зовнішніх циліндричних поверхонь поковки:

$$D_{\Pi} = D_{\text{ном}} + 2,8\Pi_{\text{осн.}} \quad (1.3)$$

- Діаметр отворів поковки:

$$D_{\Pi} = D_{\text{ном}} - 2,8\Pi_{\text{осн.}} \quad (1.4)$$

де  $D_{\text{ном}}$  – номінальний діаметр відповідної поверхні.

- Лінійні розміри поковки (довжина та висота):

$$L_{\Pi} = L_{\text{ном}} + 1,4\Pi_{\text{осн.}} \quad (1.5)$$

де  $L_{\text{ном}}$  – номінальна довжина або висота відповідної поверхні.

Основний припуск на механічну обробку поковки призначається залежно від “індексу” поковки, шорсткості поверхні ( $R_a$  або  $R_z$ ), яку необхідно отримати в результаті механічної обробки, а також номінальних розмірів поверхні [1, табл. 6.4, с. 170]. “Індекс” поковки є узагальненим параметром, що характеризує ступінь її складності. Він визначається по номограмі [1, с. 169] залежно від наступних параметрів: клас точності поковки (табл. 1.11); група сталі; ступінь конструктивної складності поковки.

Клас точності поковки визначається обладнанням, яке використовується для її виготовлення, а також методом штампування. Згідно даних, наведених в табл. 1.11, поковки, отримані гарячим штампуванням у

відкритих штампах, мають клас точності Т4, Т5. Для розрахунків приймаємо клас точності поковки Т5.

Таблиця 1.11 - Класи точності поковок [1]

Основне обладнання для штампування	Класи точності поковок				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Кривошипні преси для гарячого штампування:					
- відкрите штампування				+	+
- закрите штампування		+	+		
- видавлювання			+	+	
Горизонтально-кувальні машини (ГКМ)				+	+
Гвинтові та гідравлічні преси				+	+
Автомати для гарячого штампування		+	+		
Штампувальні молоти				+	+
Об'ємне калібрування (гаряче та холодне)	+	+			
Прецизійне штампування	+				

Група сталі залежить від її хімічного складу. Сталі з вмістом вуглецю до 0,35 % і сумарним вмістом легуючих елементів до 2 % включно відносяться до першої групи М1. До другої групи (М2) відносяться сталі з вмістом вуглецю 0,35 - 0,65 % включно або з сумарним вмістом легуючих елементів від 2 до 5 % включно. Сталі з вмістом вуглецю більше 0,65 % або з сумарним вмістом легуючих елементів більше 5 % відносяться до третьої групи М3. Сталь 18ХГТ відноситься до першої групи М1.

Ступінь конструктивної складності поковки залежить від відношення маси поковки ( $G_{\text{п}}$ ) до маси геометричної фігури ( $G_{\text{ф}}$ ), в яку вписується форма поковки. В якості геометричних фігур, в які може вписуватись форма поковки, державний стандарт рекомендує фігури, зображені на рис. 1.4.

Ступеням конструктивної складності поковок відповідають наступні числові значення відношення  $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}$ :

C1:  $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} > 0,63$ ;

C2:  $0,32 < G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} < 0,63$ ;

C3:  $0,16 < G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} < 0,32$ ;

C4:  $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} \leq 0,16$ .

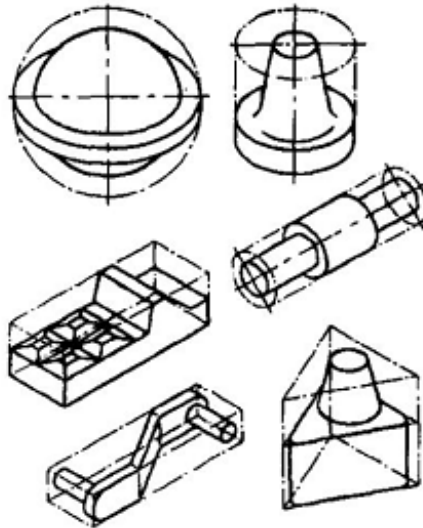


Рисунок 1.4 - Геометричні фігури, в які може вписуватись форма поковки при визначенні ступеня її конструктивної складності

Для деталі “Шестірня”, робоче креслення якої наведене у пункті 1.1,  $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} = 0,4$  ( $G_{\text{п}} = 3,2$  кг;  $G_{\text{ф}} = 8,0$  кг). Тобто деталь за ступенем конструктивної складності відноситься до групи С3.

Для поковки масою 3,2 кг параметрам М1, С3, Т5 відповідає “індекс” поковки, що дорівнює 14 [1, номограма на с. 169]. Згідно цього “індекса” були визначені припуски на механічну обробку поковки (табл. 1.12) [1, табл. 6.4, с. 171] та розміри поковки. Максимально допустимі відхилення розмірів поковки

Поковки визначались згідно [1, табл. 6.10, с. 175]. Радіуси заокруглення зовнішніх кутів поковки прийняті рівними  $r = 8,0$  мм згідно робочого креслення деталі (рис. 1.5), штампувальні уклони:  $\beta = 5^\circ$  для зовнішніх циліндричних поверхонь,  $\beta = 7^\circ$  для отворів [1]. Результати розрахунків припусків на механічну обробку поковок та розмірів поковок наведено в табл. 1.12. Ескіз поковки наведено на рис. 1.6.

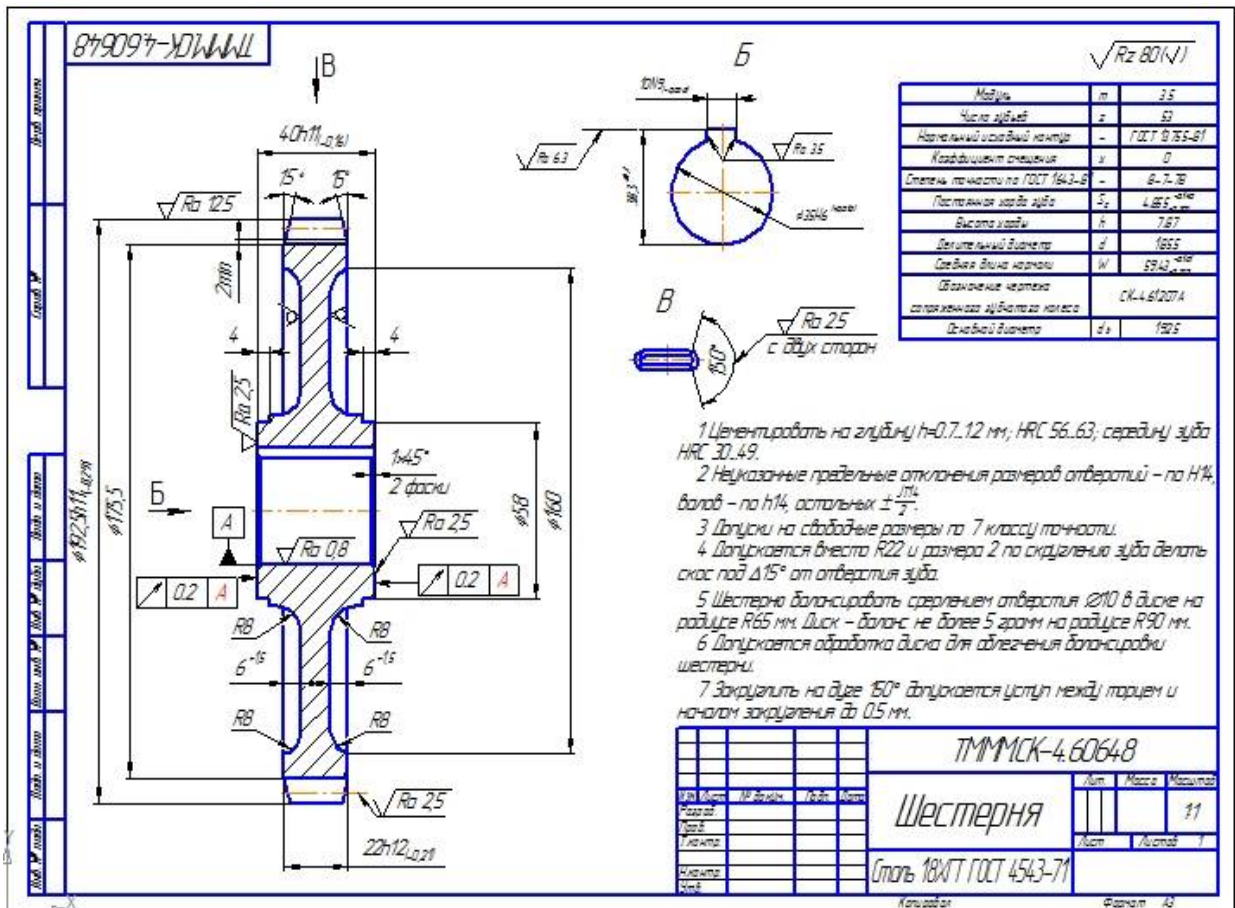


Рисунок 1.5-Робоче креслення деталі “шестірна”

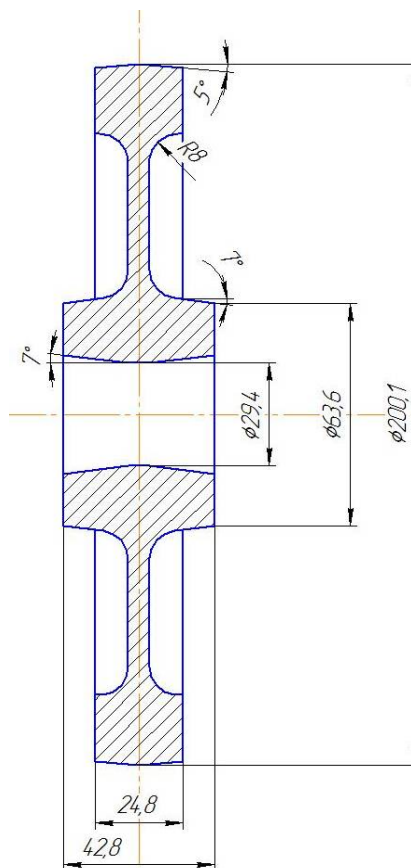


Рисунок 1.6 - Робоче креслення поковки



### 1.2.4 Нормалізація поковок

В якості попередньої термічної обробки поковок із сталі 18ХГТ застосовують нормалізацію (рис. 1.7). Нормалізація – вид термічної обробки, при якому поковки нагрівають вище точки  $A_{c3}$  на 30 - 50°C, витримують при цій температурі, а потім охолоджують на повітрі. Цей процес призводить до повної фазової перекристалізації сталі, в результаті чого замість вихідної крупнозернистої структури, яка утворилась при гарячому штампуванні, утворюється рівноосна дрібнозерниста структура [2] (рис. 1.8).

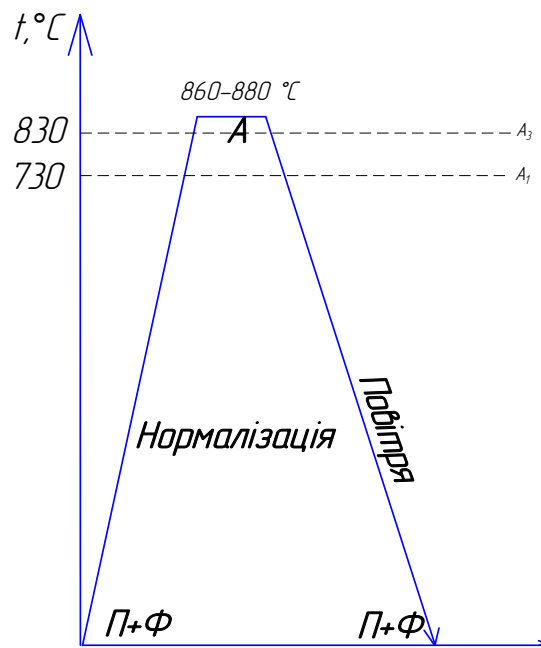


Рисунок 1.7 - Графік режиму попередньої термічної обробки поковок для виготовлення деталей "шестірня" із сталі 18ХГТ

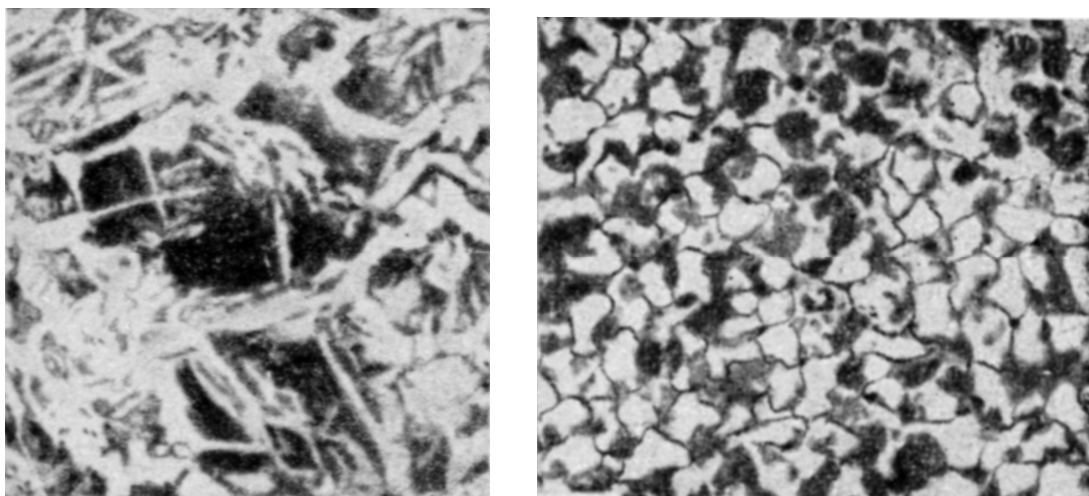


Рисунок 1.8-Мікроструктура сталі 18ХГТ:  
а – до нормалізації; б – після нормалізації,  $\times 300$

При нагріванні сталі 18ХГТ відбувається перлітно-аустенітне перетворення. Початок перлітно-аустенітного перетворення супроводжується утворенням перших зерен аустеніту. Перші зерна аустеніту утворюються на границі між феритом і цементитом – структурними складовими перліту. Оскільки ця границя досить розгалужена, то перетворення починається з утворення безлічі дрібних зерен. Отже, по закінченні перетворення перліту в аустеніт утворюється велика кількість дрібнодисперсних аустенітних зерен. Розмір цих зерен характеризує величину початкового зерна аустеніту.

Подальше нагрівання (або витримка) по закінченні перетворення викликає зростання аустенітних зерен. Зростання зерна – процес, що протікає спонтанно, оскільки при цьому зменшується сумарна площа поверхні зерен (зменшується поверхнева енергія) [2]. При нагріванні до температури вище точки  $A_{с3}$  на 30 - 50<sup>0</sup>С утворюється аустеніт, що характеризується дрібним зерном, і тому при охолодженні виникає дрібнозерниста структура, яка забезпечує високу в'язкість і пластичність, що суттєво покращує оброблюваність поковок різанням.

### **1.3 Вибір технологічних баз**

#### **1.3.1 Вибір технологічних баз і схем установки заготовки. Вибір методів обробки поверхонь заготовки**

Існує ряд основних принципів базування заготовок:

1. При високих вимогах до точності обробки для базування заготовок необхідно вибирати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку.

2. Для підвищення точності деталей і зібраних вузлів необхідно застосовувати принцип суміщення баз: поєднувати базову, вимірювальну і складальні поверхні.

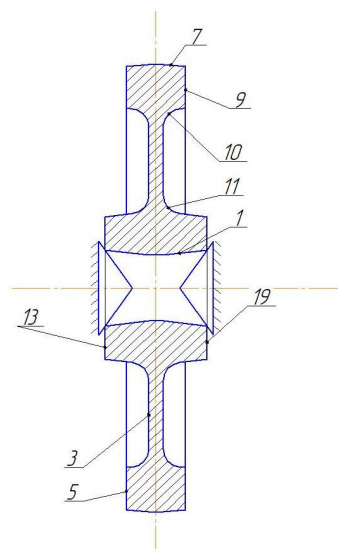
3. Доцільно дотримуватися принципу сталості бази. При зміні баз в ході технологічного процесу точність обробки знижується через похибки взаємного розташування нових і вживаних раніше базових поверхонь.

Для установки заготовок на першій операції технологічного процесу використовують необроблені поверхні, так звані чорнові базові поверхні. Як правило, цю чорнову базову поверхню використовують одноразово, на першій установці, так як повторна установка на необроблену поверхню може призвести до значних похибок у взаємному положенні оброблених при цих установках поверхонь. Обрана чорнова базова поверхня повинна забезпечувати рівномірний розподіл припуску для подальшої обробки і найбільш точне взаємне положення оброблених та необроблених поверхонь у готових деталях. На перших операціях технологічного процесу обробляють основні базові поверхні.

#### 1.4 Проектування послідовності обробки деталі

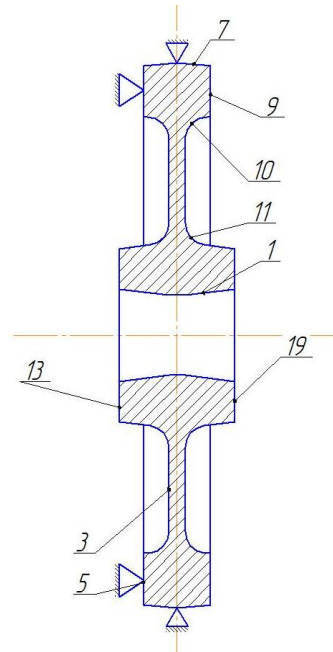
*Операція 1.* Чорнове точіння на токарському верстаті поверхні 7 прохідним упорним різцем (позиція 1).

Деталь встановлюється по отвору 1 на конуси. Один конус з гладкою поверхнею встановлюється зі сторони задньої бабки. Другий конус з рифленою поверхнею закріплюється у патроні верстата. Через цей конус передається обертальний момент від патрона верстата до деталі. Таке встановлення деталі є придатним лише для чорнкової обробки, наприклад, для знаття штампувальних уклонів та отримання базових поверхонь для більш точного встановлення деталі.



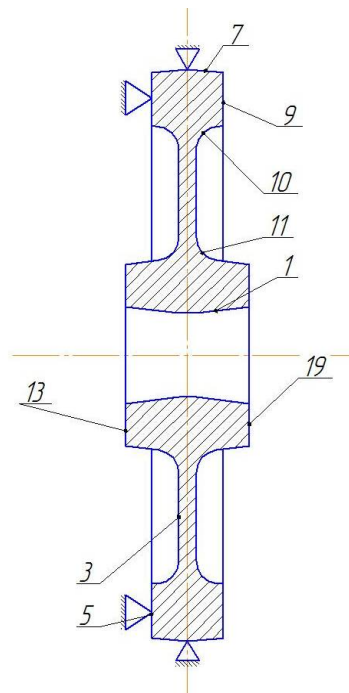
Позиція 1

*Операція 2.* Торцювання поверхні 9. Деталь встановлюється по обробленій поверхні 7 та поверхні 5 в “короткі кулачки” токарського верстата (позиція 2). Обробка здійснюється підрізним різцем.



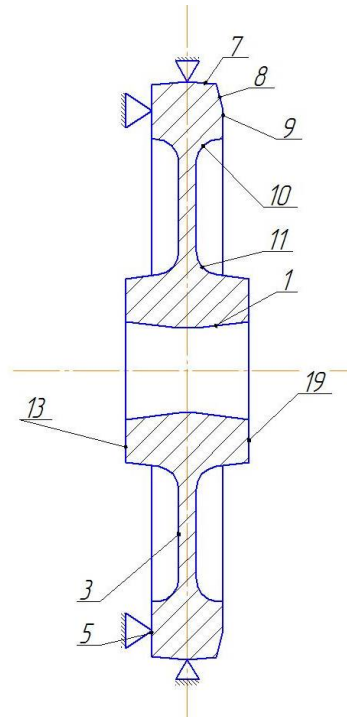
Позиція 2

*Операція 3.* Торцювання поверхні 19 підрізним різцем (позиція 3). Схема закріплення деталі не змінюється: деталь встановлюється по базовим поверхням 5 та 7.



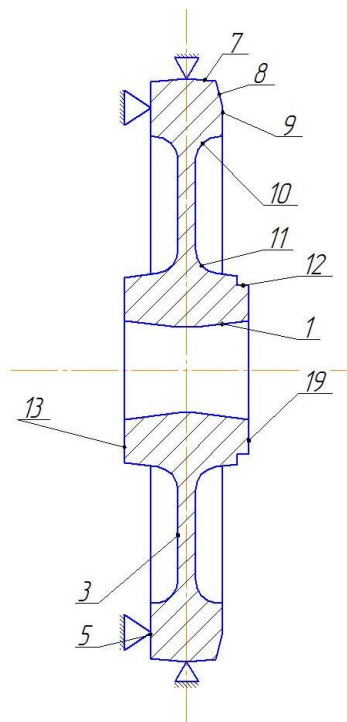
Позиція 3

*Операція 4.* Зняття фаски на торцевій поверхні 9 прохідним відігнутих різцем (позиція 4).



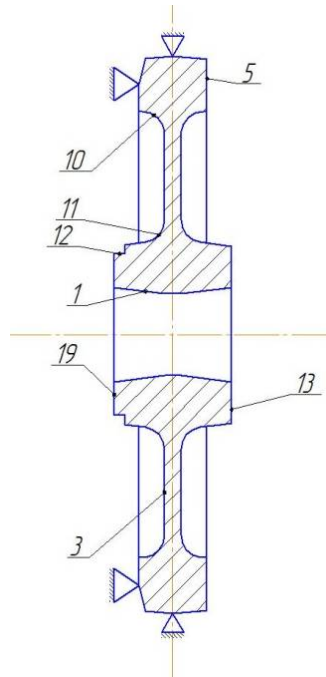
Позиція 4

*Операція 5.* Виконання проточки 12 прохідним упорним різцем. Деталь встановлюється по поверхням 5 та 7 (позиція 5).



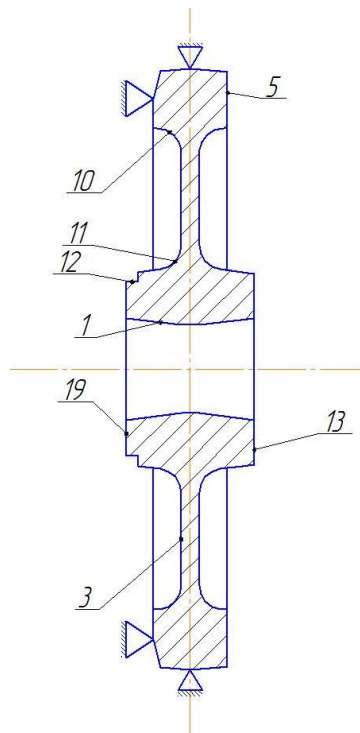
Позиція 5

*Операція 6.* Торцювання поверхні 5 підрізним різцем. Деталь встановлюється у патрон токарського верстата по поверхням 7 та 9 (позиція 6).



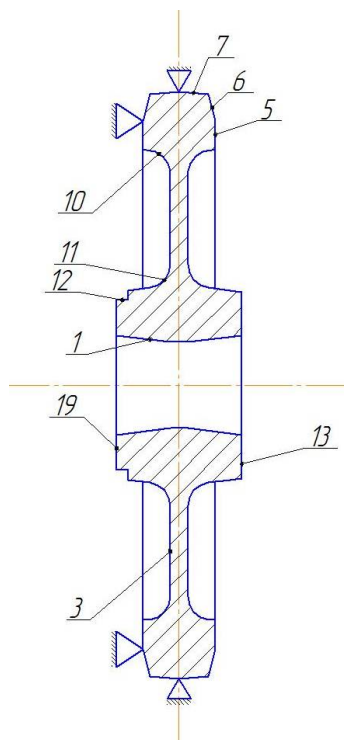
Позиція 6

*Операція 7.* Торцювання поверхні 13 підрізним різцем (позиція 7). Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9.



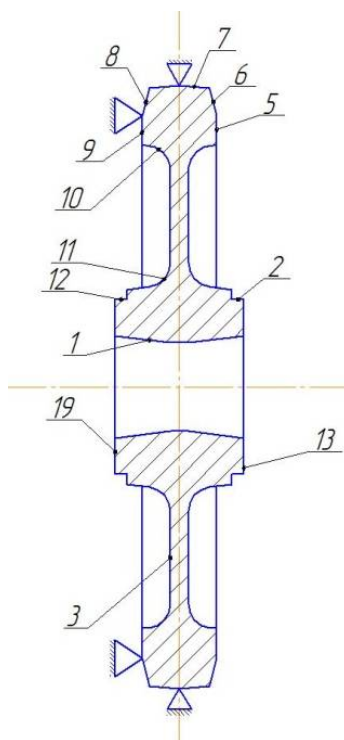
Позиція 7

Операція 8. Зняття фаски на торцевій поверхні 5 прохідним відігнутих різцем (позиція 8).



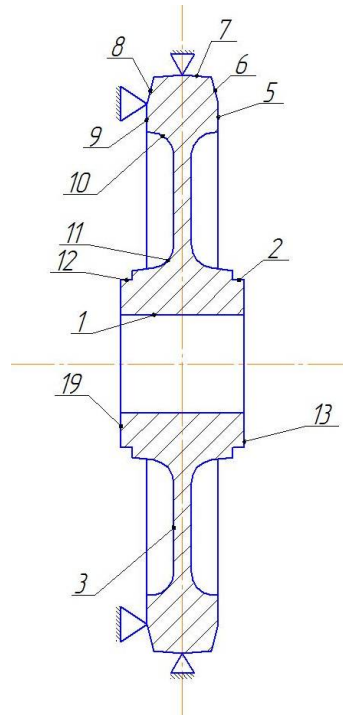
Позиція 8

Операція 9. Виконання проточки 2 прохідним упорним різцем. Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9 (позиція 9).



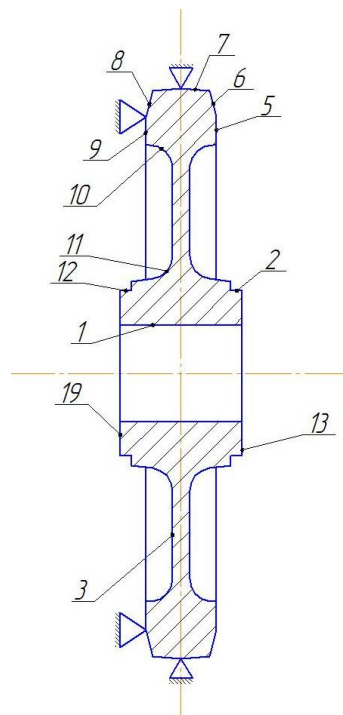
Позиція 9

*Операція 10.* Чорнове розточування отвору 1 розточувальним різцем.  
Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9 (позиція 10).



Позиція 10

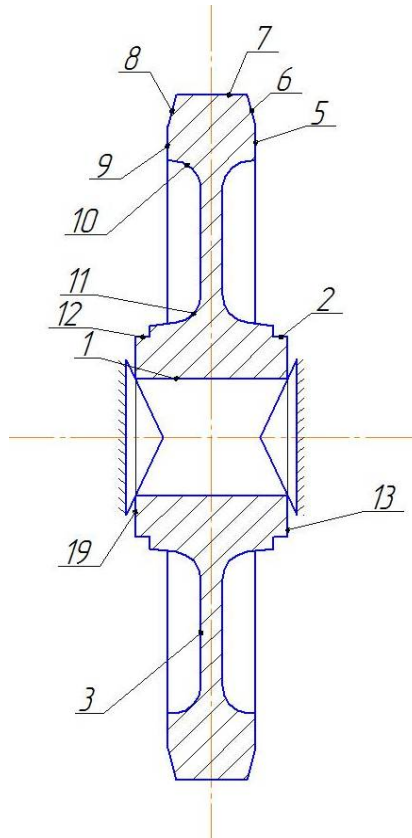
*Операція 11.* Чистове розточування отвору 1 розточувальним різцем.  
Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9 (позиція 11).



Позиція 11

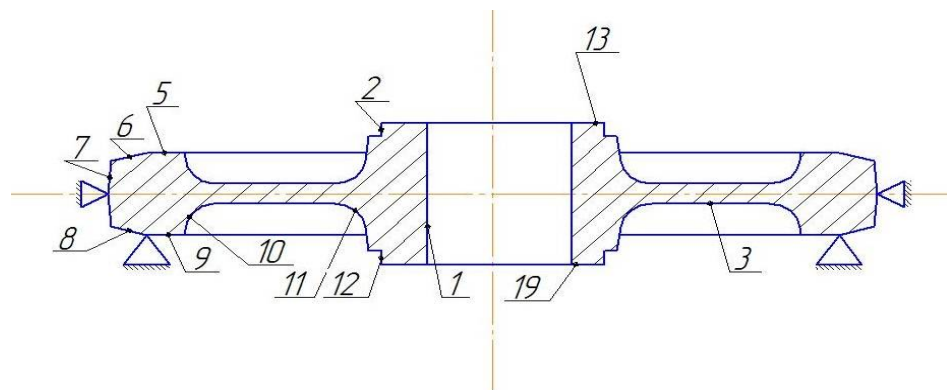


*Операція 12.* Чистова обробка поверхні 7. Деталь встановлюється по оправці через отвір 1(позиція 12).



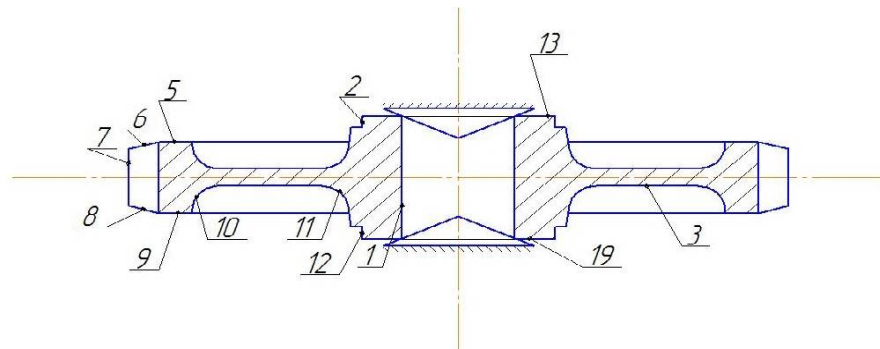
Позиція 12

*Операція 13.* Протягування отвору для отримання шпонкового пазу (позиція 13). Інструмент – шпонкова протяжка.



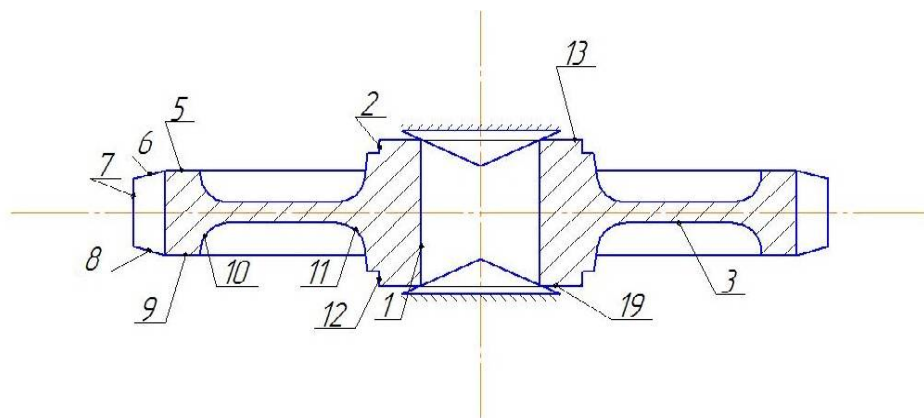
Позиція 13

*Операція 14.* Зубофрезерна операція (позиція 14). Деталь базується по отвору на оправці.



Позиція 14

*Операція 15.* Шевінгування зубів (позиція 15). Деталь базується по отвору на оправці.



Позиція 15

## 1.5 Проектування змісту технологічних операцій

### 1.5.1 Вибір та розрахунок параметрів режиму різання

Вибір та розрахунок параметрів режиму різання проводимо у порядку виконання основних технологічних операцій згідно пункту 1.4.

*Операції 1, 12.* Чорнове (операція 1) та чистове (операція 12) точіння поверхні 7 прохідним упорним різцем з твердосплавною пластинною T15K6 (п. 1.4, позиції 1, 12).

Обрана система закріплення деталі є жорсткою [3]. Початковий діаметр поверхні 7 дорівнює 200,1 мм, кінцевий діаметр – 192,5 мм. Загальний технологічний припуск на сторону складає 3,78 мм, точність обробки відповідає 11 квалітету (192,5h11), шорсткість обробленої поверхні дорівнює  $R_a = 1,25$  мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність

обробки по 11 квалітету при  $Ra = 1,25$  мкм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 3-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 1 (чорнове точіння поверхні 7) та 2 технологічних переходи для операції 12 (чистове та тонке точіння поверхні 7).

Розбиваємо загальний технологічний припуск, що дорівнює 3,78 мм, наступним чином:

Таблиця 1.12-Чорнове та чистове точіння поверхонь 7 та 12

Операція 1 – чорнове точіння поверхні 7	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2,78$ мм
Операція 12 – чистове точіння поверхні 7	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Для операції 1, що виконується за один технологічний перехід, обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т15К6) [3]:

глибина різання  $t = 2,78$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 190$  м/хв. = 3,16 м/с.

Частота обертання деталі визначається за наступною формулою:

$$V = \pi D n, \quad (1.6)$$

де  $D$  – діаметр деталі (м);

$n$  – частота обертання деталі, об/с;

$V$  – швидкість різання, м/с.

З виразу 1 частоту обертання деталі можна визначити наступним чином:

$$n = V/\pi D, \quad (1.7)$$

Для  $V = 190$  м/хв. = 3,16 м/с та  $D = 200,1$  мм маємо:

$$n = 3,16/(3,14 \cdot 0,2001) = 5,03 \text{ об/с} = 302 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 300$  об/хв.

Таблиця 1.13 - Режими різання для операції 1

Глибина різання, t, мм	Поздовжня подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
2,78	0,3	190	302/300

Для операції 12, що виконується за 2 технологічні переходи, обираємо наступні режими різання:

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання  $t = 0,6$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,2$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 250$  м/хв. = 4,17 м/с.

$n = 4,17 / (3,14 \cdot 0,192) = 6,92$  об/с = 415 об/хв.

Приймаємо  $n = 450$  об/хв. (для матеріалів з  $\sigma_B \leq 600$  МПа табличні значення швидкості різання можуть бути збільшені у 1,5 рази:  $k_{v1} = 1,5$ ;  $k_{v2} = 1,0$ ;  $k_{v3} = 1,0$  [3]).

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання  $t = 0,4$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,12$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 270$  м/хв. = 4,5 м/с.

$n = 4,5 / (3,14 \cdot 0,192) = 7,46$  об/с = 447 об/хв.

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.14 - Режими різання для операції 12

Глибина різання, t, мм	Поздовжня подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
0,6	0,2	250	415/450
Перехід 2			
0,4	0,12	270	447/450

*Операція 2. Торцювання поверхні 9 підрізним різцем з твердосплавною*

пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 2). Чистове підрізання торця здійснюється з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 9 (після чорнового точіння поверхні 7 з глибиною різання 2,78 мм) складає  $D = 194,5$  мм. Згідно [3] для діаметру 194,5 мм та чистового підрізання торця з  $Ra = 2,5$  мкм обираємо наступну поперечну подачу ( $S$ ) та швидкість різання ( $V$ ):  $S = 0,12$  мм/об.,  $V = 270$  м/хв. = 4,5 м/с.

Частота обертання деталі ( $V = 4,5$  м/с та  $D = 194,5$  мм):

$$n = 4,5 / (3,14 \cdot 0,194) = 7,46 \text{ об/с} = 447 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.15 - Режими різання для операції 2

Глибина різання, $t$ , мм	Поперечна подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
$\leq 2$	0,12	270	447/450

*Операція 3. Торцювання поверхні 19 підрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 3).* Чистове підрізання торця здійснюється з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 19 складає  $D = 62,8$  мм. Згідно [3] для діаметру 62,8 мм та чистового підрізання торця з  $Ra = 2,5$  мкм обираємо наступну поперечну подачу ( $S$ ) та швидкість різання ( $V$ ):  $S = 0,12$  мм/об.,  $V = 90$  м/хв. = 1,5 м/с.

Частота обертання деталі ( $V = 1,5$  м/с та  $D = 62,8$  мм):

$$n = 1,5 / (3,14 \cdot 0,0628) = 7,6 \text{ об/с} = 456 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.16-Режими різання для операції 3

Глибина різання, $t$ , мм	Поперечна подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
$\leq 2$	0,12	90	456/450

*Операція 4. Зняття фаски на торцевій поверхні 9 прохідним відігнутих різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 4).*

Режими різання [3]:

поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 270$  м/хв. = 4,5 м/с.

$n = 4,5 / (3,14 \cdot 0,194) = 7,38$  об/с = 443 об/хв.

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.17 - Режими різання для операції 4

Глибина різання, $t$ , мм	Поздовжня подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
-	0,3	270	443/450

*Операції 5. Виконання проточки 12 прохідним упорним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 5).*

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює 62,8 мм, кінцевий діаметр складає 58 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2,4 мм, точність обробки відповідає 14 квалітету, шорсткість обробленої поверхні не регламентується. Отже, увесь технологічний припуск може бути знятий за один прохід (чорнове точіння).

Режими різання (різець з твердосплавною пластиною T15K6) [3]:

глибина різання  $t = 2,4$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 90$  м/хв. = 1,5 м/с.

$n = 1,5 / (3,14 \cdot 0,0628) = 7,6$  об/с = 456 об/хв.

Обираємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.18 - Режими різання для операції 5

Глибина різання, $t$ , мм	Поздовжня подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
2,4	0,3	90	456/450

*Операція 6. Торцювання поверхні 5 підрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 6).* Чистове підрізання торця здійснюється з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 5 (після чорнового точіння поверхні 7 з глибиною різання 2,78 мм) складає  $D = 194,5$  мм. Згідно [3] для діаметру 194,5 мм та чистового підрізання торця з  $Ra = 2,5$  мкм обираємо наступну поперечну подачу ( $S$ ) та швидкість різання ( $V$ ):  $S = 0,12$  мм/об.,  $V = 270$  м/хв. = 4,5 м/с.

Частота обертання деталі ( $V = 4,5$  м/с та  $D = 194,5$  мм):

$$n = 4,5 / (3,14 \cdot 0,194) = 7,46 \text{ об/с} = 447 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.19 - Режими різання для операції 6

Глибина різання, $t$ , мм	Поперечна подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
$\leq 2$	0,12	270	447/450

*Операція 7. Торцювання поверхні 13 підрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 7).* Чистове підрізання торця здійснюється з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 13 складає  $D = 62,8$  мм. Згідно [3] для діаметру 62,8 мм та чистового підрізання торця з  $Ra = 2,5$  мкм обираємо наступну поперечну подачу ( $S$ ) та швидкість різання ( $V$ ):  $S = 0,12$  мм/об.,  $V = 90$  м/хв. = 1,5 м/с.

Частота обертання деталі ( $V = 1,5$  м/с та  $D = 62,8$  мм):

$$n = 1,5 / (3,14 \cdot 0,0628) = 7,6 \text{ об/с} = 456 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.20 - Режими різання для операції 7

Глибина різання, $t$ , мм	Поперечна подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
$\leq 2$	0,12	90	456/450

*Операція 8. Зняття фаски на торцевій поверхні 5 прохідним відігнутих різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 8).*

Режими різання [3]:

поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 270$  м/хв. = 4,5 м/с.

$n = 4,5 / (3,14 \cdot 0,194) = 7,38$  об/с = 443 об/хв.

Приймаємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.21 - Режими різання для операції 8

Глибина різання, $t$ , мм	Поздовжня подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
-	0,3	270	443/450

*Операції 9. Виконання проточки 2 прохідним упорним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиція 9).*

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює 62,8 мм, кінцевий діаметр складає 58 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2,4 мм, точність обробки відповідає 14 квалітету, шорсткість обробленої поверхні не регламентується. Отже, увесь технологічний припуск може бути знятий за один прохід (чорнове точіння).

Режими різання (різець з твердосплавною пластиною T15K6) [3]:

глибина різання  $t = 2,4$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 90$  м/хв. = 1,5 м/с.

$n = 1,5 / (3,14 \cdot 0,0628) = 7,6$  об/с = 456 об/хв.

Обираємо  $n = 450$  об/хв.

Таблиця 1.22 - Режими різання для операції 9

Глибина різання, $t$ , мм	Поздовжня подача, $S$ , мм/об.	Швидкість різання, $V$ , м/хв.	Частота обертання деталі, $n$ , об/хв. (розрахункова / обрана)
2,4	0,3	90	456/450



Операції 10, 11. Чорнове (операція 10) та чистове (операція 11) розточування отвору 1 розточувальним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 10, 11).

Початковий діаметр отвору дорівнює 29,4 мм, кінцевий діаметр – 35 мм. Загальний технологічний припуск на сторону складає 2,8 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету (35Н6), шорсткість обробленої поверхні дорівнює  $Ra = 1,25$  мкм (кінцева шорсткість  $Ra = 0,8$  мкм досягається після протягування). Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при  $Ra = 1,25$  мкм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 3-х [3]. Отже обираємо один технологічний перехід для операції 10 (чорнове розточування отвору) та 2 технологічних переходи для операції 11 (чистове та тонке розточування отвору).

Розбиваємо загальний технологічний припуск, що дорівнює 2,8 мм, наступним чином:

Таблиця 1.23 - Загальні технологічні припуски

Операція 10 – чорнове розточування отвору 1	Перехід1– чорнове точіння	$t = 1,8$ мм
Операція 11 – чистове розточування отвору 1	Перехід1- чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Для операції 10, що виконується за один технологічний перехід, обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною T15K6) [3]:

глибина різання  $t = 1,8$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 100$  м/хв. = 1,67 м/с.

$n = 1,67 / (3,14 \cdot 0,0294) = 18,1$  об/с = 1085 об/хв.

Приймаємо  $n = 1100$  об/хв.

Таблиця 1.24 - Режими різання для операції 10

Глибина різання, t, мм	Поздовжня подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
1,8	0,3	100	1085/1100

Для операції 11, що виконується у 2 технологічні переходи обираємо наступні режими різання:

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання  $t = 0,6$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,2$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 140$  м/хв. = 2,33 м/с.

$n = 2,33 / (3,14 \cdot 0,03) = 24,7$  об/с = 1484 об/хв.

Приймаємо  $n = 1500$  об/хв.

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання  $t = 0,4$  мм;

поздовжня подача  $S = 0,15$  мм/об.;

швидкість різання  $V = 140$  м/хв. = 2,33 м/с.

$n = 2,33 / (3,14 \cdot 0,03) = 24,7$  об/с = 1484 об/хв.

Приймаємо  $n = 1500$  об/хв.

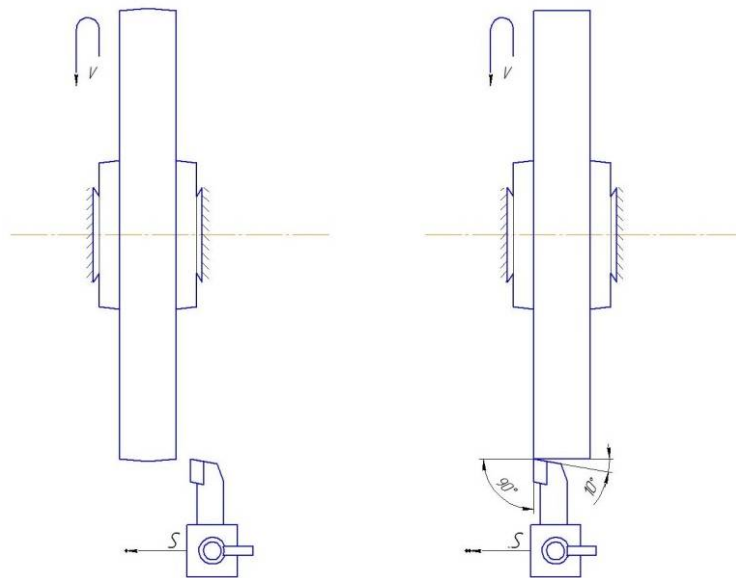
Таблиця 1.25-Режими різання для операції 11

Глибина різання, t, мм	Поздовжня подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
0,6	0,2	140	1484/1500
Перехід 2			
0,4	0,15	140	1484/1500

## 1.6.2 Маршрутно-операційна технологія обробки деталі

*Операція 1.* Чорнове точіння на токарському верстаті поверхні 7 прохідним упорним різцем (позиція 1).

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі. Деталь встановлюється по отвору 1 на конуси. Один конус з гладкою поверхнею встановлюється зі сторони задньої бабки. Другий конус з рифленою поверхнею закріплюється у патроні верстата. Через цей конус передається обертальний момент від патрона верстата до деталі. Таке встановлення деталі є придатним лише для чорнової обробки, наприклад, для знаття штампувальних уклонів та отримання базових поверхонь для більш точного встановлення деталі.



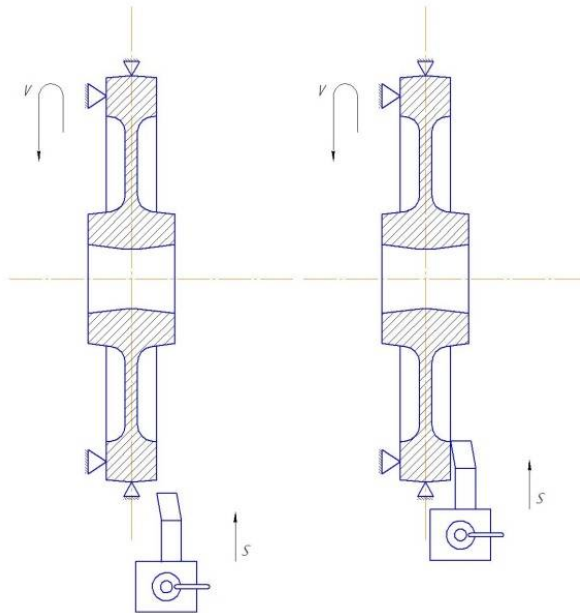
Позиція 1

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння на токарському верстаті поверхні 7 прохідним упорним різцем:  $t = 2,78$  мм; поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;  $n = 300$  об/хв.

*Операція 2.* Торцювання поверхні 9 підрізним різцем.

Технологічний перехід 1. Зняття деталі з конусів.

Технологічний перехід 2. Встановлення деталі у патрон токарського верстата. Деталь встановлюється по обробленій поверхні 7 та поверхні 5 в “короткі кулачки” токарського верстата (позиція 2).

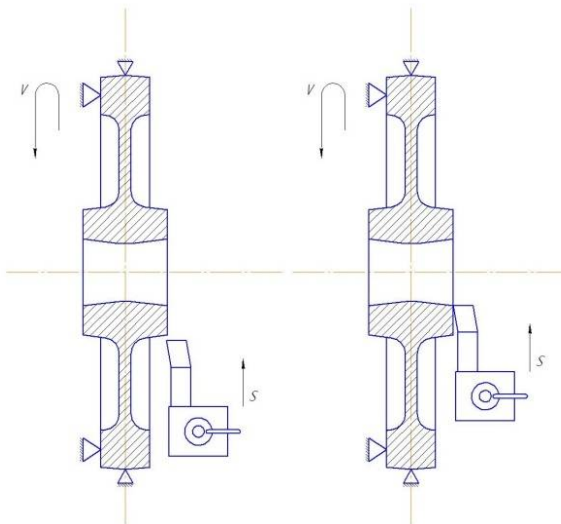


Позиція 2

Технологічний перехід 3. Заміна різця.

Технологічний перехід 4. Торцювання поверхні 9 підрізним різцем:  $t \leq 2$  мм; поперечна подача  $S = 0,12$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

*Операція 3.* Торцювання поверхні 19 підрізним різцем (позиція 3).  
Схема закріплення деталі не змінюється: деталь встановлюється по базовим поверхням 5 та 7;  $t \leq 2$  мм; поперечна подача  $S = 0,12$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

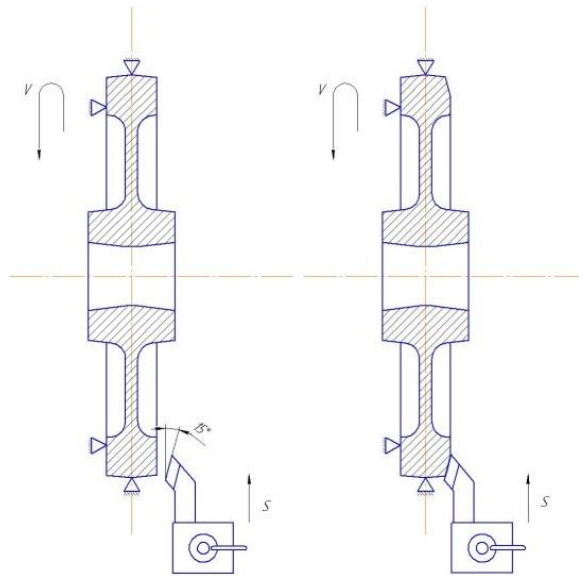


Позиція 3

*Операція 4.* Зняття фаски на торцевій поверхні 9 прохідним відігнутих різцем (позиція 4). Деталь встановлюється по базовим поверхням 5 та 7.

Технологічний перехід 1. Заміна різця.

Технологічний перехід 2. Зняття фаски на торцевій поверхні 9 прохідним відігнутим різцем:  $t \leq 2$  мм; поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

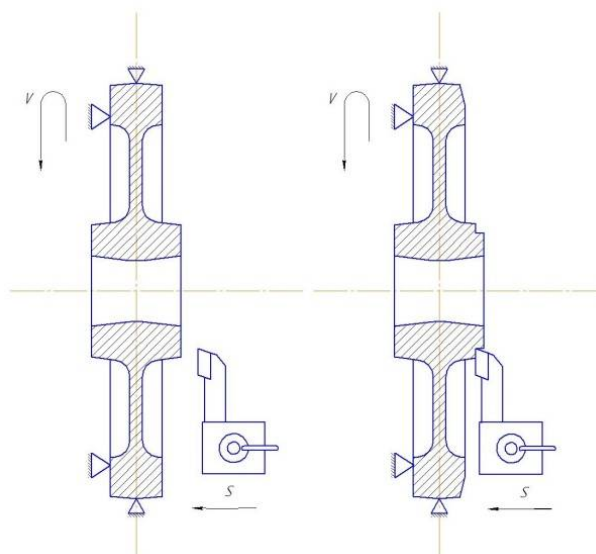


Позиція 4

*Операція 5.* Виконання проточки 12 прохідним упорним різцем. Деталь встановлюється по поверхням 5 та 7 (позиція 5).

Технологічний перехід 1. Заміна різця.

Технологічний перехід 2. Виконання проточки 12 прохідним упорним різцем:  $t = 2,4$  мм; поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.



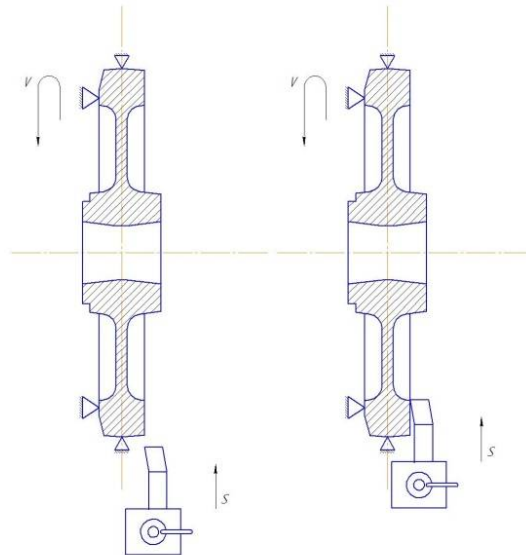
Позиція 5

*Операція 6.* Торцювання поверхні 5 підрізним різцем.

Технологічний перехід 1. Зняття деталі.

Технологічний перехід 2. Встановлення деталі у патрон токарського верстата по поверхням 7 та 9 (позиція 6).

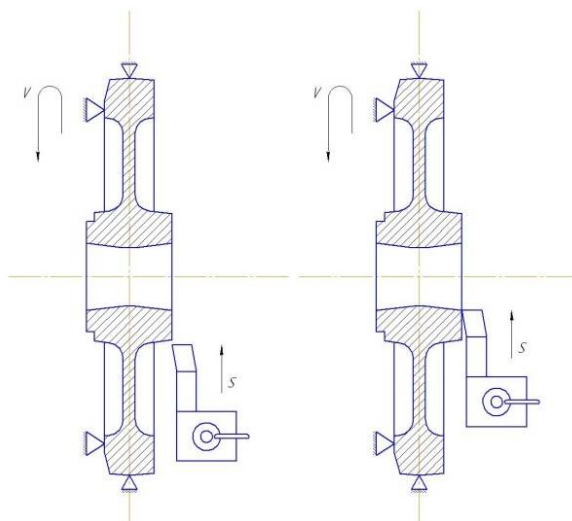
Технологічний перехід 3. Заміна різця.



Позиція 6

Технологічний перехід 4. Торцювання поверхні 5 підрізним різцем:  $t \leq 2$  мм; поперечна подача  $S = 0,12$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

*Операція 7.* Торцювання поверхні 13 підрізним різцем (позиція 7). Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9:  $t \leq 2$  мм; поперечна подача  $S = 0,12$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

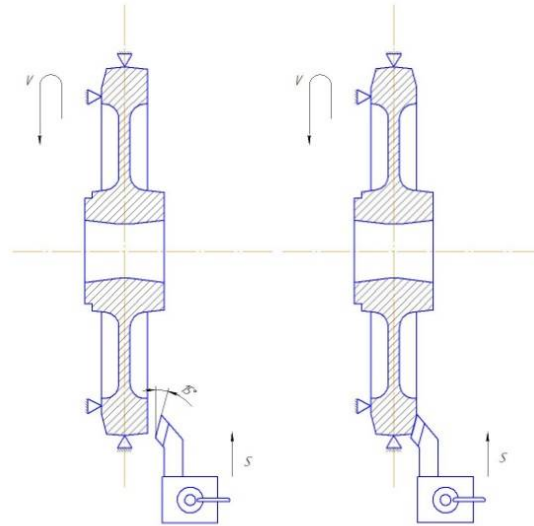


Позиція 7

*Операція 8.* Зняття фаски на торцевій поверхні 5 прохідним відігнутих різцем (позиція 8).

Технологічний перехід 1. Заміна різця.

Технологічний перехід 2. Зняття фаски на торцевій поверхні 5 прохідним відігнутих різцем:  $t \leq 2$  мм; поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

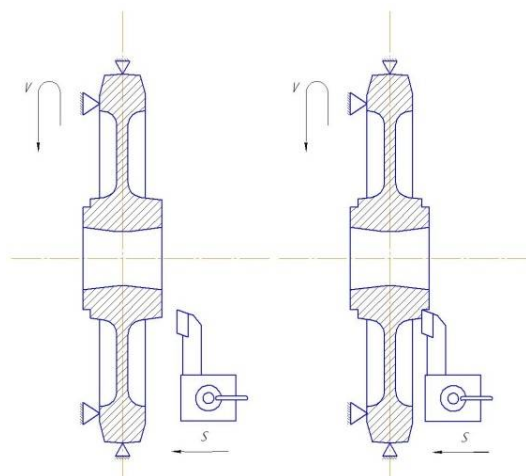


Позиція 8

*Операція 9.* Виконання проточки 2 прохідним упорним різцем. Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9 (позиція 9).

Технологічний перехід 1. Заміна різця.

Технологічний перехід 2. Виконання проточки 2 прохідним упорним різцем:  $t = 2,4$  мм; поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

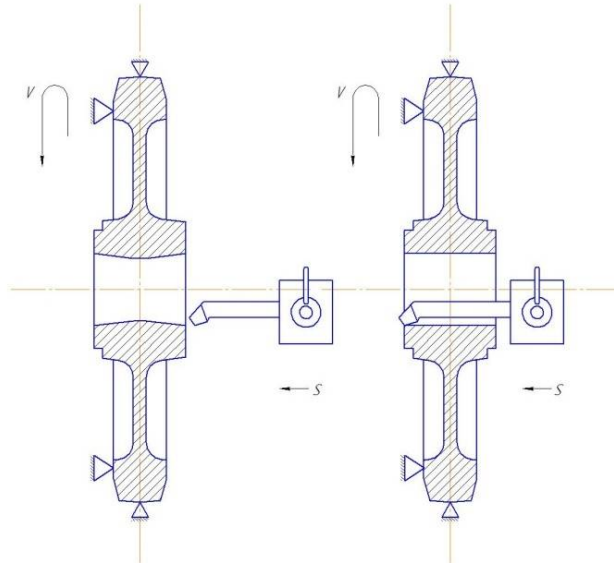


Позиція 9

*Операція 10.* Чорнове розточування отвору 1 розточувальним різцем.  
Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9 (позиція 10).

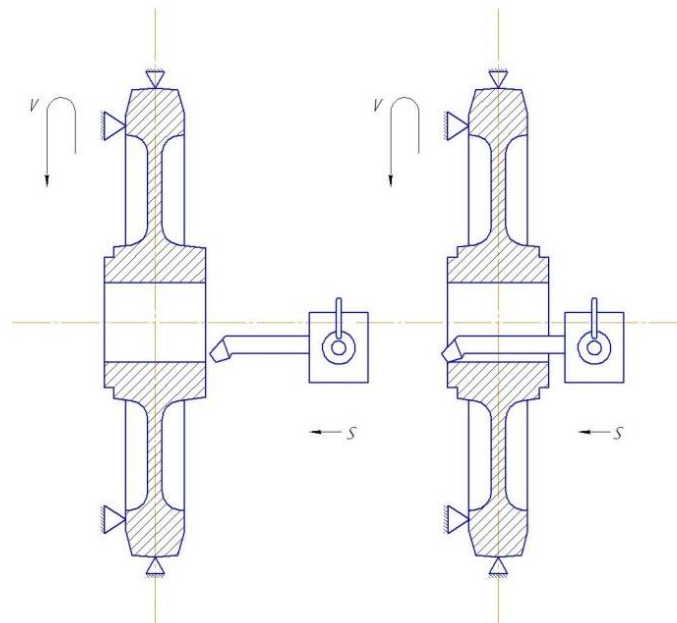
Технологічний перехід 1. Заміна різця.

Технологічний перехід 2. Чорнове розточування отвору 1 розточувальним різцем:  $t = 1,8$  мм; поздовжня подача  $S = 0,3$  мм/об.;  $n = 1100$  об/хв.



Позиція 10

*Операція 11.* Чистова обробка отвору 1 розточувальним різцем.  
Деталь встановлюється по поверхням 7 та 9 (позиція 11).



Позиція 11



Технологічний перехід 1. Чистове розточування отвору 1 розточувальним різцем (позиція 11):  $t = 0,6$  мм; поздовжня подача  $S = 0,2$  мм/об.;  $n = 1500$  об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке розточування отвору 1 розточувальним різцем (позиція 11):  $t = 0,4$  мм; поздовжня подача  $S = 0,12$  мм/об.;  $n = 1500$  об/хв.

*Операція 12.* Чистова обробка поверхні 7 прохідним упорним різцем.

Технологічний перехід 1. Зняття деталі.

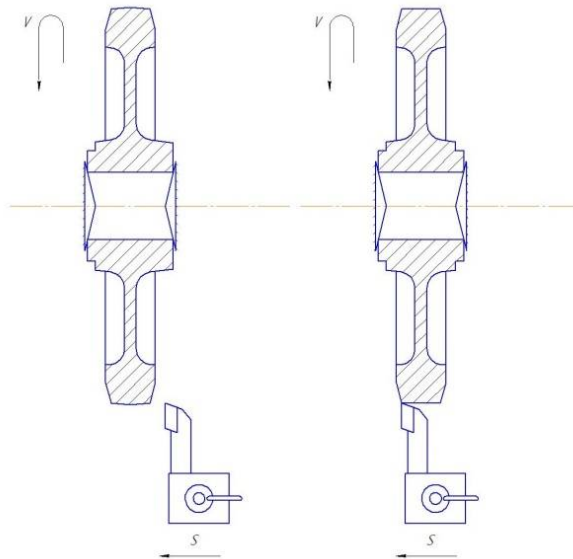
Технологічний перехід 2. Встановлення деталі на оправку.

Технологічний перехід 3. Встановлення оправки у патрон токарського верстата.

Технологічний перехід 4. Заміна різця.

Технологічний перехід 5. Чистове точіння поверхні 7 прохідним упорним різцем (позиція 12):  $t = 0,6$  мм;  $S = 0,2$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.

Технологічний перехід 6. Тонке точіння поверхні 7 прохідним упорним різцем (позиція 12):  $t = 0,4$  мм;  $S = 0,12$  мм/об.;  $n = 450$  об/хв.



Позиція 12

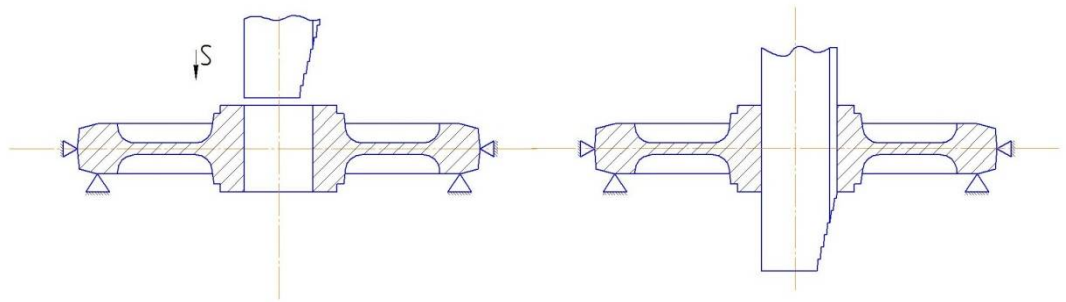
*Операція 13.* Протягування отвору для отримання шпонкового пазу (позиція 13). Інструмент – шпонкова протяжка 2405-1066.І ДСТ 18217-90 довжиною 980 мм для нарізання шпонкового пазу шириною 10 мм по 9-му

квалітету (Js9); номер профілю 5У (рис. 1). Робочі розміри протяжки згідно ГОСТ 18217-90:  $b_1 = 10,018$  мм;  $L = 980$  мм (довжина протяжки);  $l = 6,5$  мм;  $l_1 = 279$  мм;  $l_2 = 684$  мм (довжина робочої частини протяжки, на якій знаходяться різальні елементи);  $l_{3(\max)} = 269$  мм (максимальна довжина хвостовика);  $c = 0,16^{+0,06}$  мм;  $t = 9$  мм (крок зубів); кількість зубів – 77. Матеріал протяжки – сталь Р6М5.

Технологічний перехід 1. Встановлення та закріплення деталі.

Технологічний перехід 2. Протягування шпонкового пазу шпонковою протяжкою за 1 прохід. Швидкість різання (швидкість переміщення протяжки відносно нерухомої деталі):  $V = 5$  м/хв.

Технологічний перехід 3. Зняття деталі.



Позиція 13 – Базування деталі при протягуванні

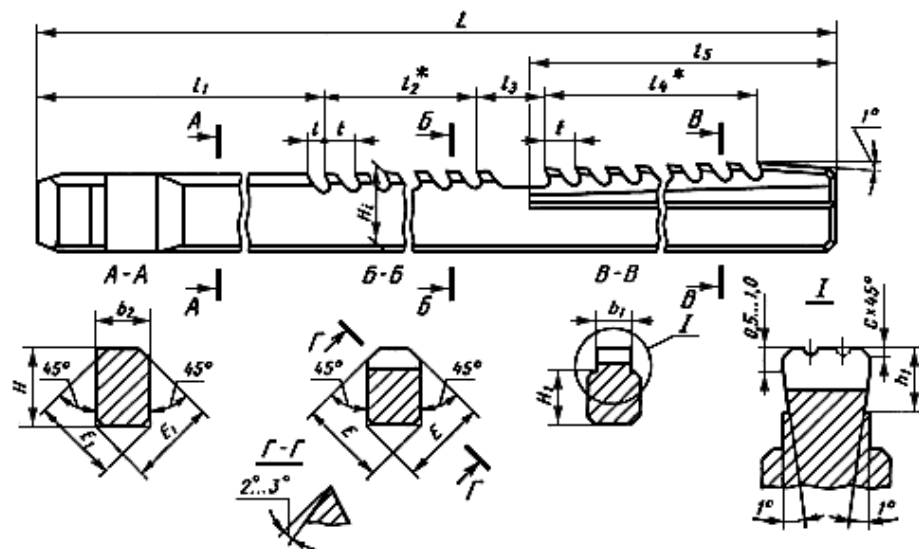


Рисунок 1.9 - Основні конструктивні розміри робочого інструменту для протягування шпонкового пазу (шпонкової протяжки)

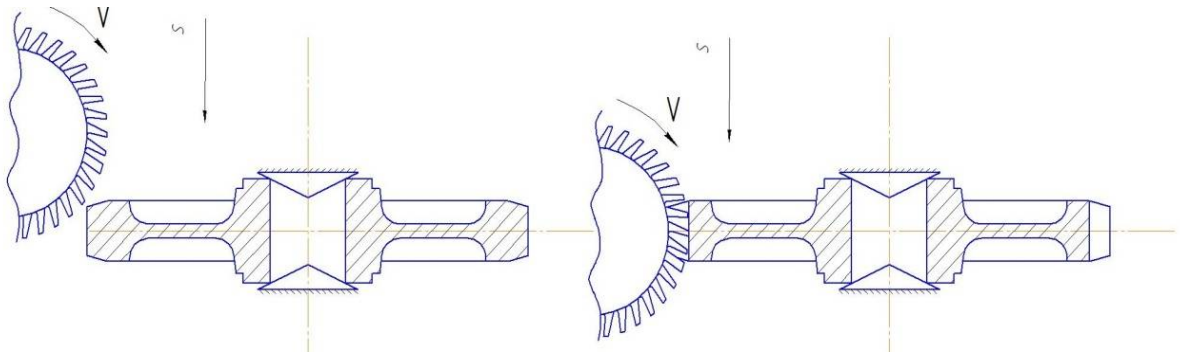
*Операція 14.* Зубофрезерна операція (позиція 14).

*Технологічний перехід 1.* Встановлення деталі на оправку.

*Технологічний перехід 2.* Встановлення оправки разом з деталлю у патрон верстата.

*Технологічний перехід 3.* Послідовне нарізання зубів за 3 проходи.

*Технологічний перехід 4.* Зняття оправки з верстата. Зняття деталі з оправки.



Позиція 14

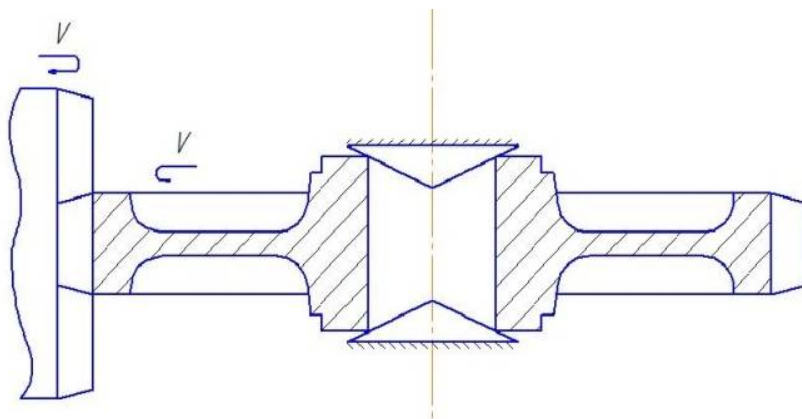
*Операція 15.* Шевінгування зубів (позиція 15).

*Технологічний перехід 1.* Встановлення деталі на оправку.

*Технологічний перехід 2.* Встановлення оправки разом з деталлю у патрон верстата.

*Технологічний перехід 3.* Шевінгування за 1 прохід.

*Технологічний перехід 4.* Зняття оправки з верстата. Зняття деталі з оправки.



Позиція 15

## 1.6 Різальний інструмент та засоби контролю

### 1.6.1 Інструмент для протягування шпонкового пазу. Контроль ширини шпонкового пазу

Інструмент для протягування шпонкового пазу – шпонкова протяжка 2405-1066.І ГОСТ 18217-90 довжиною 980 мм для нарізання шпонкового пазу шириною 10 мм по 9-му квалітету (Js9); номер профілю 5У (рис. 1). Робочі розміри протяжки згідно ГОСТ 18217-90:  $b_1 = 10,018$  мм;  $L = 980$  мм (довжина протяжки);  $l = 6,5$  мм;  $l_1 = 279$  мм;  $l_2 = 684$  мм (довжина робочої частини протяжки, на якій знаходяться різальні елементи);  $l_{3(\max)} = 269$  мм (максимальна довжина хвостовика);  $c = 0,16^{+0,06}$  мм;  $t = 9$  мм (поздовжній крок зубів); кількість зубів – 77. Матеріал протяжки – сталь Р6М5.

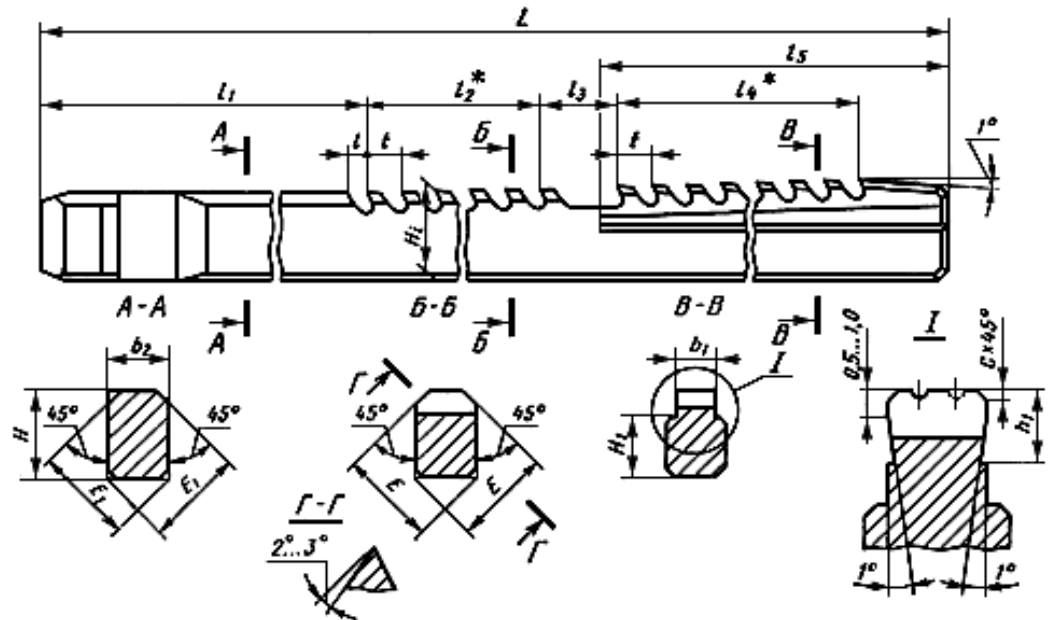


Рисунок 1.10 - Основні конструктивні розміри робочого інструменту для протягування шпонкового пазу (шпонкової протяжки)

Основні елементи різальної частини шпонкової протяжки показано на рис. 2: передня поверхня зуба 1, головна задня поверхня зуба 2, головна різальна кромка 3, задня допоміжна поверхня зуба 4, допоміжна різальна кромка 5, канавка для відведення стружки 6, канавка для подрібнення стружки 7.

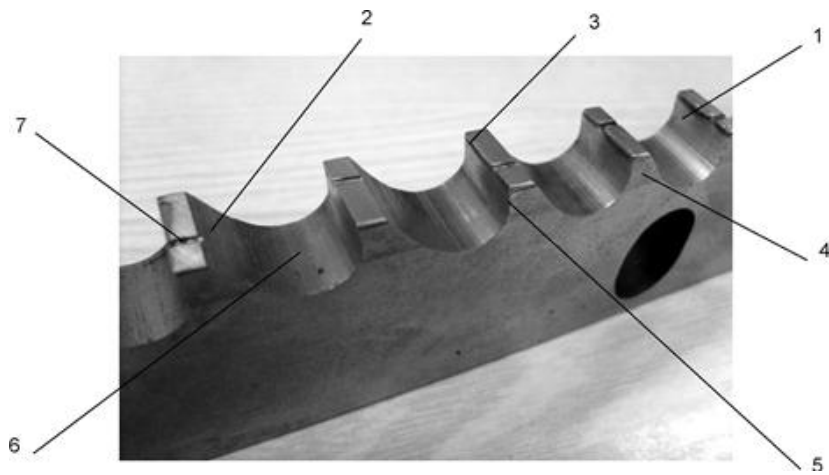


Рисунок 1.11-Основні елементи різальної частини шпонкової протяжки

Геометричні параметри зубів шпонкової протяжки показано на рис. 12.

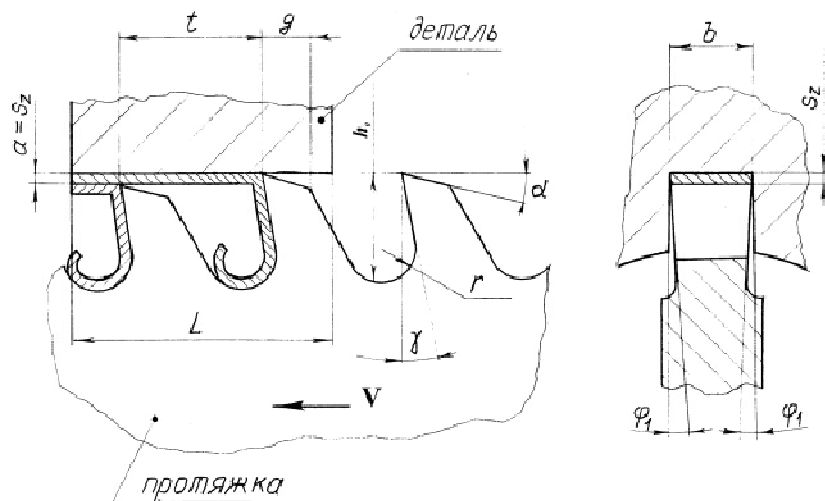


Рисунок 1.12 - Геометричні параметри зубів шпонкової протяжки

Розміри зубів шпонкової протяжки характеризуються наступними величинами:

- $t$  – поздовжній крок зубів (вимірюється паралельно вісі протяжки);
- $h_0$  – глибина канавки для відведення стружки;
- $g$  – ширина задньої поверхні;
- $r$  – радіус заокруглення дна канавки для відведення стружки;

$b$  – ширина зуба (ширина шару, що знімається протяжкою);

$\gamma$  і  $\alpha$  – передній та задній кути;

$\phi_1$  – допоміжний кут.

Передній кут  $\gamma$  залежить від матеріалу, що обробляється, та типу протяжки і може змінюватись від 5 до 20°. Менші значення переднього кута  $\gamma$  слід обирати для обробки чавуна. Для обробки вуглецевих та низьковуглецевих сталей приймають  $\gamma = 20^\circ$  [4]. Передній кут  $\gamma$  впливає на зусилля протягування, шорсткість обробленої поверхні та стійкість протяжки.

Задній кут зменшує тертя задньої поверхні зуба по поверхні різання. Задні кути протяжок складають від 1 до 10° та залежать від виду зубів (чорнові, чистові, калібрувальні), матеріалу, що обробляється, типу протяжки.

Зуб протяжки має задовольняти наступним вимогам:

1) геометрична форма зуба має забезпечувати максимальну стійкість інструмента та максимальну кількість переточувань;

2) форма канавки для відведення стружки повинна забезпечувати вільне стружкоутворення і завивання стружки, а об'єм канавки має бути достатнім для розміщення стружки.

При протягуванні сталі та інших пластичних матеріалів цим вимогам задовольняють зуби з криволінійною спинкою (рис. 4, а).

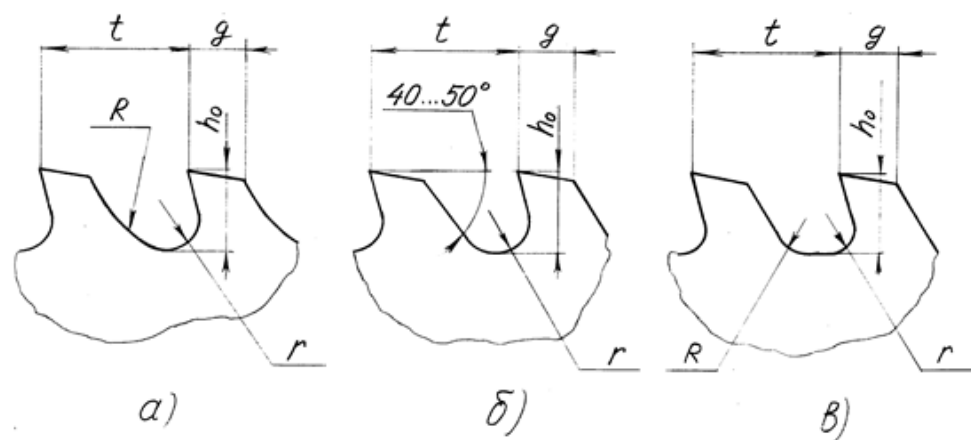


Рисунок 1.13 - Профілі зубів шпонкових протяжок

Передня поверхня, дно канавки та спинка поєднані плавними переходами, що забезпечує вільний рух стружки та достатньо великий об'єм для її розміщення.

Зуби з криволінійною спинкою застосовуються у протяжках прогресивних конструкцій, коли внаслідок підвищеної товщини металу, що знімається при різанні, утворюється велика кількість стружки.

При протягуванні ламких матеріалів (чавун, бронза) допустимим є застосування зубів з прямолінійною спинкою, котра є більш простою у виготовленні (рис. 4, б). При великому поздовжньому кроці зубів та невеликих канавках може застосовуватись подовжена форма зубів (рис. 4, в).

Для нарізання шпонкового пазу використовується протяжка, котра має зуби з криволінійною спинкою (рис. 4, а).

При протягуванні сталі та інших пластичних матеріалів утворюється суцільна та міцна стружка. Внаслідок високої сумарної довжини леза стружку доцільно ділити на частки, щоб полегшити її розміщення у канавці та подальше її видалення.

Подрібнення стружки здійснюється за рахунок подрібнювальних канавок 7 (рис. 2), що розташовуються у шаховому порядку на усіх зубах, за виключенням останнього зуба для чистового протягування та калібрувальних зубів. Профіль канавки для подрібнення стружки (подрібнювальної канавки) може бути прямокутним, круглим, кутовим. Найчастіше застосовується кутовий профіль канавок (рис. 1.14).

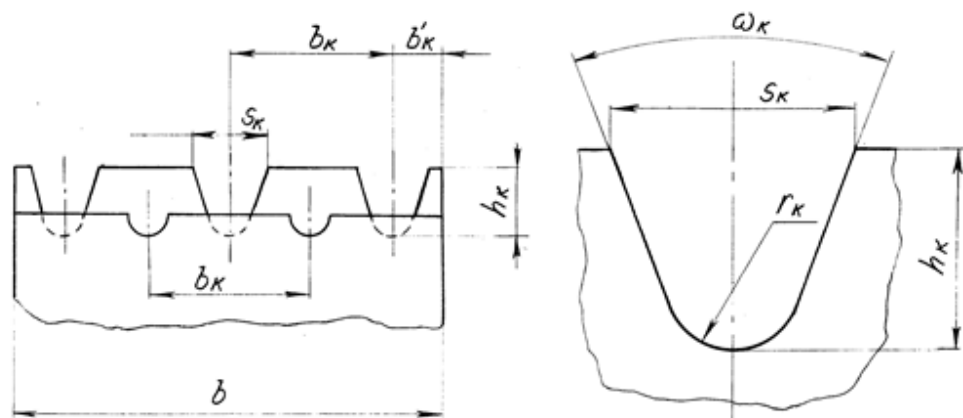


Рисунок 1.14 - Виконання канавок для подрібнення стружки

Контроль загальної довжини та окремих елементів здійснюють масштабною лінійкою та штангенциркулем. При цьому обов'язково вимірюють довжину перехідної частини, хвостовика, шийки, передньої напрямної частини, різальної чорнової частини, перехідної та чистової різальної частини, калібрувальної частини, задньої напрямної частини та заднього хвостовика.

Контроль радіального биття протяжки виконують у центрах прибору ПБ-250, використовуючи стійку з індикатором. Величину радіального биття визначають з точністю до 0,002 - 0,005 мм як різницю між найбільшим та найменшим показаннями індикатора за один оберт протяжки. Контроль радіального биття виконують на передній та задній напрямних частинах, калібрувальній частині, різальній частині посередині довжини протяжки, на хвостовику.

Для контролю діаметрів протяжки використовують мікрометр та штангенциркуль. За допомогою мікрометра вимірюють діаметр хвостовика, діаметр передньої напрямної частини, діаметри усіх різальних (чорнових), чистових та калібрувальних зубів, діаметр задньої напрямної частини, діаметр заднього хвостовика. За допомогою штангенциркуля вимірюють діаметр шийки.

Для визначення похибки поперечного перетину (конусності) передньої напрямної частини та задньої напрямної частини діаметри цих частин вимірюють не менше, ніж у трьох різних перетинах по їхній довжині. Для визначення відхилення від циліндричності (овальності) передньої напрямної частини та задньої напрямної частини діаметри у кожному перетині цих частин вимірюють не менше, ніж у трьох рівномірно розташованих напрямках. Конусність та овальність передньої напрямної частини та задньої напрямної частини не повинні перевищувати допустимих значень.

Підйом на зуб  $S_2$  або підйом  $S$  на секцію, що складається з двох - п'яти зубів, у першому випадку визначається як половина різниці діаметрів або



різниця висот сусідніх зубів, у другому випадку – як половина різниці діаметрів перших або останніх зубів двох сусідніх секцій.

Ширину спинки зуба  $g_p$  та  $g_k$ , висоту  $h$  та крок  $t$  зубів вимірюють штангенциркулем з точністю до 0,1 мм.

Передній ( $\gamma$ ) та задній ( $\alpha$ ) кути вимірюють кутомірором 2УРИ (рис. 6, 7).

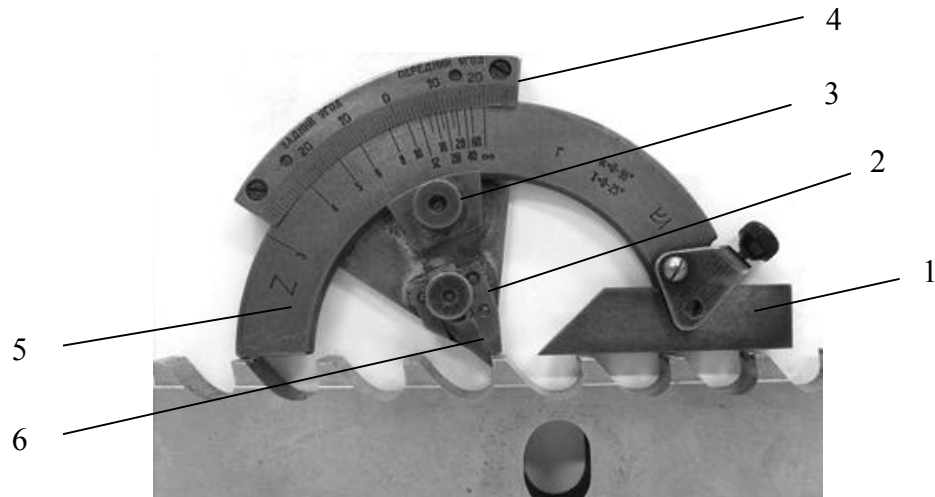


Рисунок 1.15 - Схема вимірювання заднього кута ( $\alpha$ ) шпонкової протяжки на кутомірі 2УРИ



Рисунок 1.16 - Схема вимірювання переднього кута ( $\gamma$ ) шпонкової протяжки на кутомірі 2УРИ

При цьому опорна планка 1 прибору притискається до кромки двох сусідніх зубів у напрямку вісі протяжки. При вимірюванні заднього кута  $\alpha$  шляхом обертання сектора 4 з градусною шкалою добиваються суміщення ножевої сторони планки 2 з задньою поверхнею. При вимірюванні переднього кута  $\gamma$  шляхом обертання сектора 4 з градусною шкалою добиваються суміщення ножевої сторони лінійки 6 з передньою поверхнею. Після закріплення гвинтом 3 сектора 4 по градусній шкалі напроти числа зубів  $z = \infty$  на дузі 5 визначають передній або задній кут.

Контроль ширини шпонкового пазу здійснюється листовими калібрами-пробками.

### **1.7 Остаточна термічна обробка**

Остаточна термічна обробка деталей “Шестірня” із Сталі 18ХГТ складається із цементації, подвійного гартування та низького відпуску (рис. 1.17).

Основні технологічні переходи остаточної термічної обробки:

1. Помістити деталі у цементаційну піч з температурою робочого простору 980°C. Цементаційне середовище – суміш ендогазу КГ-ВО з 4 - 5 % метану.

2. Нагріти деталі до 950°C.

3. Витримати деталі в пічі 8 годин.

4. Остудити деталі до кімнатної температури на спокійному повітрі.

5. Проконтролювати твердість деталей (контроль вибірковий – 5 %).

6. Помістити деталі у першу гартівну піч, розігріту до температури 900 - 910°C. Захисне газове середовище – ендогаз КГ-ВО.

7. Нагріти деталі до температури 860 - 880°C.

8. Витримати деталі в пічі при температурі 860 - 880°C протягом 30 - 40 хв. для повного розчинення вторинного цементиту.

9. Загартувати деталі в маслі.

10. Очистити деталі від масла.

11. Помістити деталі у другу гартівну піч, розігріту до температури 790 - 810°C. Захисне газове середовище – ендогаз КГ-ВО.
  12. Нагріти деталі до температури 760 - 780°C.
  13. Витримати деталі в пічі при температурі 760 - 780°C протягом 10 хв.
  14. Загартувати деталі в маслі.
  15. Очистити деталі від масла.
  16. Помістити деталі у відпускню піч, розігріту до температури 200°C.
- Робоче середовище – повітря.
17. Нагріти деталі до температури 180°C.
  18. Витримати деталі в пічі при температурі 180°C 2 години.
  19. Охолодити деталі на спокійному повітрі.

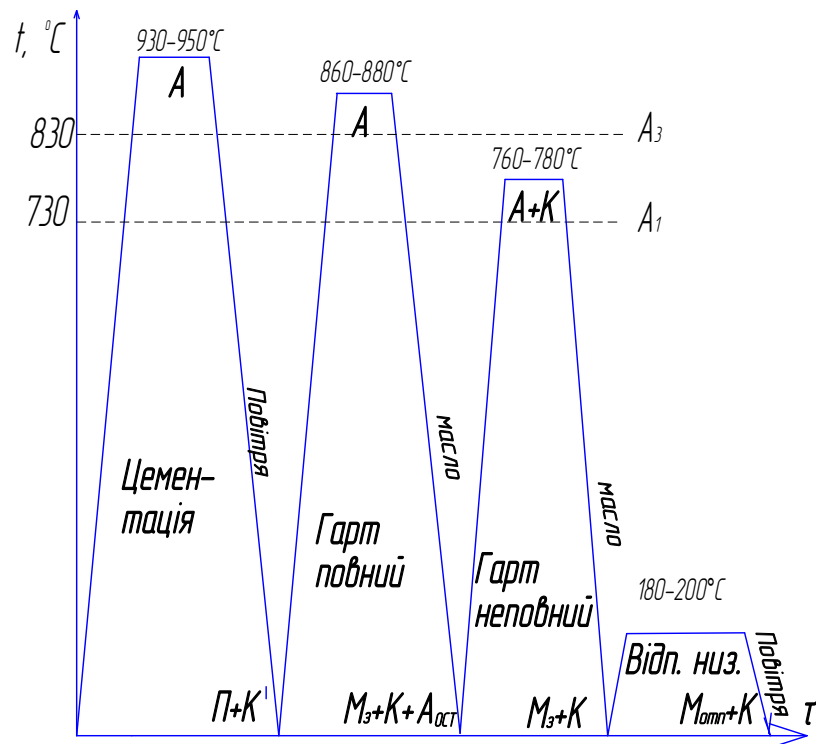


Рисунок 1.17 - Графік режиму остаточної термічної обробки деталей “шестірня” із сталі 18ХГТ

Час, необхідний для цементації деталей, розраховувався, виходячи з того, що товщина цементованого шару дорівнює приблизно 1 мм, а середня швидкість росту товщини цементованого шару складає 0,12 - 0,14 мм/год.

Вихідна структура цементованого шару – перліт + вторинний цементит. Вторинний цементит утворює сітку по границях зерен перліту. Для усунення сітки вторинного цементиту деталі піддають подвійному гартуванню. Перше гартування проводять у маслі від температури 860 - 880°C. При нагріванні до цієї температури вторинний цементит повністю розчиняється в аустеніті. Тривалість повного розчинення вторинного цементиту в аустеніті складає 30 - 40 хв. Після гартування від температури 860 - 880°C утворюється структура мартенситу гарту і залишкового аустеніту (рис. 3). Кількість залишкового аустеніту може доходити до 40 %.

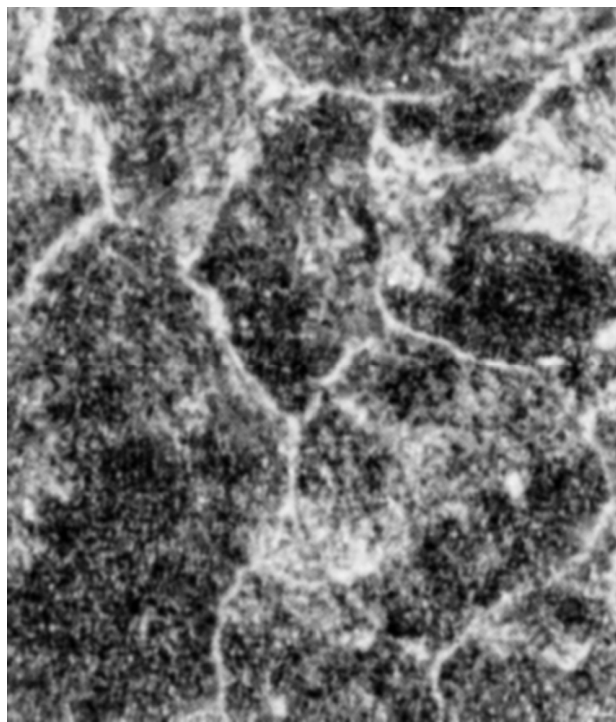


Рисунок 1.18 - Структура цементованого шару сталі 18ХГТ,  $\times 500$ :  
перліт + вторинний цементит; температура цементації 950°C

Друге гартування здійснюється від температури 760 - 780°C. Структура цементованого шару при температурі 760 - 780°C – аустеніт + вторинний цементит. Вторинний цементит виділяється у вигляді дисперсних включень при термічному розпаді мартенситу гарту та залишкового аустеніту, що утворились при першому гартуванні. Після другого гартування

сталь має структуру мартенситу гарту з високодисперсними включеннями вторинного цементиту.



Рисунок 1.19 - Структура цементованого шару сталі 18ХГТ після гартування у маслі від температури 860 - 880°C,  $\times 500$ : мартенсит гарту + залишковий аустеніт (карбідна сітка відсутня),  $\times 1000$

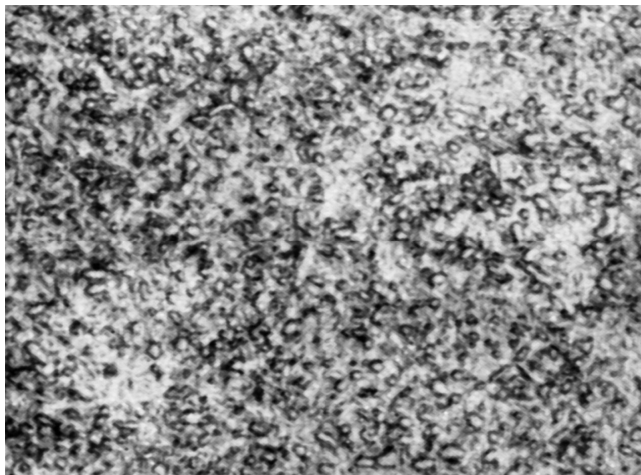


Рисунок 1.20 - Структура цементованого шару сталі 18ХГТ після гартування у маслі від температури 760 - 780°C,  $\times 1000$ : мартенсит гарту + високодисперсні включення вторинного цементиту

У процесі низького відпуску при температурі 180°C мартенсит гарту розпадається з утворенням мартенситу відпуску. Структура цементованого шару після відпуску – мартенсит відпуску + вторинний цементит.

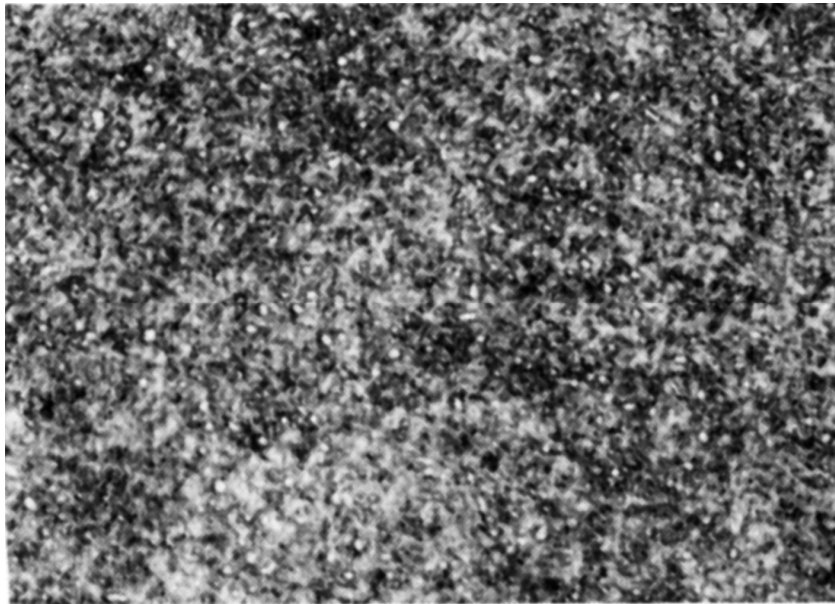


Рисунок 1.21 - Структура цементованого шару сталі 18ХГТ після гартування у маслі від температури 760 - 780°C та наступного відпуску при температурі 180°C протягом 2 год.,  $\times 1000$ : мартенсит відпуску + вторинний цементит

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВОЧНО-ЗАТИСКНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ

### 2.1 Опис пристосування для токарної операції

Для токарської операції для базування заготовлі по гладкому отворі розробляється спеціальне оправлення, що складається з конічного хвостовика з конусом Морзе 6. З торця конуса Морзе передбачений різьбовий отвір для видалення оправлення зі шпинделя верстата. Заготівля встановлена на оправлення, притискається швидкозмінною шайбою й затискається гайкою.

### 2.2 Похибка установки заготовки й пристосування

У сполученні оправлення й заготовлі - посадка із зазором  $\emptyset$   $34,42 \frac{H7}{g4} \left( \begin{matrix} +0,030 \\ -0,010 \\ -0,018 \end{matrix} \right)$ , максимальне значення якого:

$$S_{\max} = ES - ei = 0,030 + 0,018 = 0,039 \text{ мм}$$

У зв'язку з наявністю цього зазору виникає погрішність установки пристосування:

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_{\eta}^2}, \text{ мм} \quad (2.1)$$

де  $\epsilon_{\delta}$  - погрішність базування,  $\epsilon_{\delta} = S_{\max} = 0,039$  мм;

$\epsilon_z$  - погрішність закріплення деталі,  $\epsilon_z = 0$ ;

$\epsilon_{\eta}$  - погрішність заготовлі,  $\epsilon_{\eta} = 0$

$$\epsilon_y = \sqrt{0,039^2} = 0,039 \text{ мм}$$

Тому що припустиме радіальне биття даної заготовлі  $F = 110$  мкм, ті величину 39 мкм можна вважати задовільною.

$$P_z = 300 \cdot 2,78^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 190^{-0,15} \cdot 1,034 = 507 \text{ Н}$$

### 2.3 Сила затиску заготовки

Для токарної операції визначається тангентальна складова сили

різання  $P_z$ , що прагне розвернути заготовку на оправленні.

Тангенціальна складова сили різання  $P_z$  визначається по формулі

$$P_z = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p, \text{ Н} \quad (2.2)$$

де S-подача,  $S = 0,3$  м/хв.;

t -глибина різання,  $t = 2,78$  мм;

V- швидкість різання,  $V = 190$  м/хв.;

$C_p, X_p, Y_p, h_p$  - поправочні коефіцієнти:  $C_p = 300$ ;  $X_p = 0,75$ ;  $Y_p = 0,75$ ;  $h_p = 0,15$ ;

$K_p$  - поправочний коефіцієнт, визначається по формулі:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\lambda} \cdot K_{rp}, \quad (2.3)$$

де  $K_p = 1,0$ ;  $K_{mp} = 1,1$ ;  $K_{\lambda} = 1,0$ ;  $K_{rp} = 1,0$ ;

$K_{mp}$  - коефіцієнт при обробленні матеріалу.

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^{mp} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,94$$

$$K_p = 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,034$$

Сила затиску Q повинна бути достатня, щоб заготівля не проверталася під дією тангенсальної сили.

Силу затиску Q визначають по формулі:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot D}{\frac{2}{3} \cdot f \cdot \frac{D_1^3 - d^3}{D_1^2 - d^2}}, \text{ Н} \quad (2.4)$$

де  $P_z$  – середнє окружне зусилля різання на фрезі,  $P_z = 507$  Н

f - коефіцієнт тертя;  $f = 0,15$

D - зовнішній діаметр шестірні,  $D = 192,5$  мм;

$D_1$  – зовнішній діаметр шайби,  $D_1 = 90$  мм;

d - діаметр отвору шестірні після протягання,  $d = 35$  мм;

K - коефіцієнт запасу, що розраховує з умов обробки,



$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.5)$$

де  $K_0 = 1,5$  - для будь-яких умов різання (гарантований запас);

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні,  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що залежить від прогресуючого затуплення інструмента в процесі різання,  $K_2 = 1,6$ ;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує переривчасте різання,  $K_3 = 1,2$ ;

$K_4$  - коефіцієнт, що враховує вид затискного пристрою,  $K_4 = 1,3$ ;

$K_5$  - коефіцієнт, що характеризує тільки зручність ручного затиску,  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  - коефіцієнт, що характеризує наявність моментів, які прагнуть розгорнути заготівлю щодо настановних елементів,  $K_6 = 1,0$ ;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 4,49$$

$$Q = \frac{4,49 \cdot 507 \cdot 192,5}{\frac{2}{3} \cdot 0,15 \cdot \frac{90^3 - 35^3}{90^2 - 35^2}} = 44352 \text{ Н}$$

Визначимо діаметр різьблення під шпильку по формулі

$$d = 1,47 \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_p]}} = 1,47 \sqrt{\frac{44352}{650}} = 12,1 \text{ мм}$$

де  $[\sigma_p] = 650$  МПа - межа міцності матеріалу оправлення.

Розмір різьблення, що рекомендується - М20.

Момент, що розвиває на рукоятці або маховику для одержання заданої сили затиску

$$M = M_1 + M_2 \quad (2.6)$$

$$M_1 = Q \cdot r_{cp} \cdot \text{tg } 13^\circ, \quad (2.7)$$

де  $r_{cp}$  – середній радіус різьблення;

$$r_{cp} = 0,45d = 0,45 \cdot 0,02 = 0,009 \text{ м}$$

$$M_1 = 44352 \cdot 0,009 \cdot \text{tg } 13^\circ = 41,28 \text{ Нм}$$

$$M_2 = \frac{I}{3} \cdot f \cdot Q \cdot \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \quad (2.8)$$

де  $D_2$  - діаметр гайки, мм;

$d_2$  - внутрішній діаметр шайби, мм.

$$M_2 = \frac{1}{3} \cdot 0.15 \cdot 44352 \cdot \frac{38^3 - 20^3}{38^2 - 20^2} = 98,55 \text{ Нм}$$

$$M = 98,55 + 95,8 = 194,35 \text{ Нм}$$

З огляду на величину нормальної сили робітника при відкріпленні затиску  $F = 190 \text{ Н}$ , знайдемо величину плеча рукоятки:

$$L = M/F = 194,35/190 = 1,02 \text{ м.}$$

## 3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Вибір основного технологічного обладнання

#### 3.1.1 Токарно-гвинторізний верстат 16К20

Таблиця 3.1 - Основні технічні характеристики верстата 16К20

Технічні характеристики верстата 16К20	Параметри
Діаметр обробки над станиною, мм	400
Діаметр обробки над супортом, мм	220
Відстань між центрам	1000 / 1500
Клас точності за ДСТ 8-82	Н
Розмір внутрішнього конуса в шпинделі	Морзе 6 М80*
Кінець шпинделя за ДСТ 12593-72	6 ДО
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм	55
Максимальна маса заготовки, закріпленої в патроні, кг	300
Максимальна маса деталі, закріпленої в центрах, кг	1 300
Число щаблів обертання шпинделя, шт.	23
Число щаблів частот зворотного обертання шпинделя	12
Межі частот прямого обертання шпинделя, хв-1	12,5 - 2 000
Межі частот зворотного обертання шпинделя, хв-1	19 - 2 420
Число щаблів робочих подач - поздовжніх	42
Число щаблів робочих подач - поперечних	42
Межі робочих подач - поздовжніх, мм/ про	0,7 - 4,16
Межі робочих подач - поперечних, мм/ про	0,035-2,08
Число нарізаємих метричних різьблень	45
Число нарізаємих дюймових різьблень	28
Число нарізаємих модульних різьблень	38
Число нарізаємих питчевих різьблень	37
Число різьблень нарізаємих, - архімедяної спіралі	5
Найбільший крутний момент, кНм	2
Найбільше переміщення пиноли, мм	200
Поперечний зсув корпусу, мм	±15
Найбільший перетин різця, мм	25
Потужність електродвигуна головного приводу	10 кВт
Потужність електродвигуна приводу швидких переміщень супорта, кВт	0,75 або 1.1
Потужність насоса охолодження, кВт	0,12
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x У), мм	2 812 / 3 200 x 1 166 x 1 324
Маса верстата, кг	3 035

### 3.1.2 Верстат універсальний фрезерний 5E32

Таблиця 3.2-Основні технічні характеристики верстата 5E32

Найменування параметра, розмірність	Величина параметра
Найбільший нарізаємий модуль, мм	по чавуну-8
Найбільший нарізаємий модуль, мм	по сталі-6
Найбільший діаметр оброблюваної шестерні, мм	з контрпідтримкою 450
Найбільший діаметр оброблюваної шестерні, мм	без контр підтримки 800
Найбільша ширина обробки групи зубчастих коліс, мм	280
Відстань між осями стола і фрези, мм	30-480
Відстань від площини стола до осі фрези, мм	190-525
Діаметр стола, мм	475
Габарити верстата, мм	2390x1310x2080
Ваги верстата, кг	4000

### 3.1.3 Вертикально-протяжний верстат МП7-1960

Таблиця 3.3-Технічні характеристики вертикально-протяжливого верстата для внутрішнього протягування МП7-1960

Найменування параметра, розмірність	Величина параметра
	МП7-1960
Номінальне тягове зусилля, кН	50
Найбільша довжина ходу робочого ползка, мм	400
Довжина різального інструменту, мм	200
Швидкість робочого ходу робочого ползка, м/хв	21,8; 30
Швидкість зворотного ходу робочого ползка, м/хв	31
Привід верстата	гідролічний
Продуктивність верстата, дет/час	900
Діапазон діаметрів оброблюваних деталей, мм	60...120
Завантаження заготовок	магазинне
Вивантаження деталей	автоматична в лоток
Висота завантаження заготовок від підстави верстата, мм	1060
Висота завантаження деталей від підстави верстата, мм	1340
Габарити автомата, мм	
довжина	2370
ширина	2260
висота	2440
Маса верстата, кг	3650

### 3.1.4 Напівавтомат зубошевінговальний 5702 з горизонтальною віссю виробу

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики напівавтомат зубошевінговальний 5702 з горизонтальною віссю виробу

<b>Найменування параметра, розмірність</b>	<b>Величина параметра</b>
Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм	125
Найменший і найбільший модуль, мм	0,3-1,5
Найбільша довжина встановлюваного виробу, мм	250
Найбільша ширина вінця оброблюваного зубчастого колеса, мм	40
Межі частоти обертання швелера, про/хв	100-630
Межі осьових подач, мм/хв	32-310
Потужність електродвигуна головного рухові, кВт	0,9
Габарити верстата, мм	1450x870x1475
Ваги верстата, кг	1560

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

До роботи на металоріжучих верстатах-автоматах допускається персонал, що пройшов інструктаж (ввідний і первинний), перевірку знань інструкцій по охороні праці і що має відповідний запис у кваліфікаційному посвідченні про результати перевірки знань і кваліфікації. Періодичність перевірки знань один раз на рік, повторного інструктажа – не менше одного разу в квартал [15, 16].

1 Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1. Отримати завдання від керівника робіт.

1.2. Вдягти та упорядкувати спецодяг. Застібнути спецодяг на всі гудзики, не допускаючи при цьому звисання кінців одягу. Зашнурувати та зав'язати шнурки на взутті. Прибрати волосся під головний убір.

1.3. Підготувати та перевірити справність необхідного для роботи інструменту та пристосування (згідно з технологічним процесом) та засоби індивідуального захисту.

1.4. Підготувати робоче місце для проведення робіт. Звільнити підходи та проходи до нього. Впевнитись, що робоче місце достатньо освітлене.

1.5. Перевірити наявність та справність дерев'яного настилу біля верстата.

1.6. Перевірити наявність та справність:

1.6.1. Огородження зубчастих коліс, приводних пасів, а також струмоведучих частин електричної апаратури (пускачів, рубильників, кнопок тощо).

1.6.2. Заземлюючих пристроїв.

1.6.3. Запобіжних пристроїв для захисту від стружки, охолоджуючих рідин.

1.7. Підготувати гачки для видалення стружки. Гачки повинні мати гладкі рукоятки та щиток, що запобігає порізам рук стружкою. Не дозволяється застосовувати гачки з ручкою, яка має форму петлі.

1.8. Перевірити на холостому ходу верстат.

1.8.1. Справність органів керування (механізмів головного руху, подачі, пуску, зупинки руху та інше).

1.8.2. Справність системи змащення і охолодження (впевнитись в тому, що мастило та охолоджуюча рідина подаються нормально та безперервно).

1.8.3. Справність фіксації важелів включення та переключення (впевнитись в тому, що можливість самовільного переключення з холостого ходу на робочий виключена).

1.8.4. Чи нема заїдання або надмірного послаблення в рухомих частинах верстата, особливо в шпинделі.

1.9. Перевірити доброякісність ручного інструменту:

1.9.1. Гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок головок болтів і не мати тріщин та забоїв, площини зіва ключів повинні бути паралельними.

1.9.2. Молотки повинні бути надійно насаджені на дерев'яні ручки і щільно заклинені м'якими, сталевими зайоршеними клинами. Ручка повинна бути прямою, овального перерізу з незначним стовщенням до її вільного кінця. Довжина ручок повинна бути в межах 300-400 мм в залежності від ваги молотка.

2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

2.1. Перед встановленням на верстат очистити від стружки та мастила деталі, які будуть оброблятися, та пристосування, особливо базові та кріпильні поверхні для забезпечення правильного встановлення і міцності кріплення.

2.2. Перед встановленням фрези необхідно перевірити:

2.2.1. Надійність та міцність закріплення зубців або пластин з твердого сплаву.

2.2.2. Цілісність та правильність заточування пластин з твердого сплаву. Вони не повинні мати викришених місць, тріщин, припикання.

2.3. Якщо ріжучі кромки затупились або викришились, фрезу слід замінити.

- 2.4. Встановлену і закріплену фрезу слід перевірити на биття. Радіальне і торцеве биття не повинно перевищувати 0,1 мм.
- 2.5. Оброблювану деталь встановлювати на верстаті правильно та надійно, щоб під час руху верстата була виключена можливість її вильоту або інші порушення технологічного процесу.
- 2.6. Деталь необхідно кріпити в місцях, які знаходяться найближче до оброблюваної поверхні.
- 2.7. Під час закріплення деталі за необроблені поверхні слід застосовувати лецата та пристосування з насічкою на затискних губках.
- 2.8. Під час застосування для кріплення деталей пневматичних, гідравлічних та електромагнітних пристосувань, необхідно ретельно оберігати від механічного пошкодження труби подачі повітря чи рідини, а також електропроводку.
- 2.9. Деталь до фрези надавати тоді, коли вона набере робочу швидкість обертання.
- 2.10. Під час заміни оброблюваної деталі чи при її вимірюванні фрезу необхідно відвести на безпечну відстань.
- 2.11. Раніше, ніж вийняти деталь з лецат, патрона чи затискних планок, слід зупинити верстат і відвести ріжучий інструмент.
- 2.12. Набір фрез встановлювати на оправку необхідно так, щоб їх зубці були розташовані в шаховому порядку.
- 2.13. Врізати фрезу в деталь слід поступово; механічну подачу включати до стикання деталі з фрезою. При ручній подачі не допускати різкого підвищення швидкості та глибини різання.
- 2.14. Під час фрезування не дозволяється вводити руку в небезпечну зону.
- 2.15. Неробочі частини фрези повинні бути огорожені. Працювати без огороження фрези забороняється.
- 2.16. Збірні фрези повинні мати пристрої, що запобігають вилітанню зубців під час роботи.



- 2.17. Забороняється застосовувати фрези, що мають тріщини, або поламані зубці.
- 2.18. Якщо відсутнє огороження робочої зони, слід працювати в захисних окулярах.
- 2.19. Під час обробки в'язких металів слід застосовувати фрези з стружколомами.
- 2.20. Отвір шпинделя, хвостовик оправки чи фрези, поверхню перехідної втулки перед встановленням в шпиндель необхідно ретельно очистити, видаливши задирки та протерти. Під час установки хвостовика інструменту в отвір шпинделя треба впевнитись, що він сідає щільно, без люфту.
- 2.21. Фрезерну оправку чи фрезу закріплювати в шпинделі ключем після включення коробки швидкості, щоб уникнути прокручування шпинделя.
- 2.22. Затискування та відтискування фрези ключем на оправці шляхом включення електродвигуна забороняється.
- 2.23. Під час зняття перехідної втулки, оправки чи фрези з шпинделя необхідно користуватися спеціальною виколоткою, підклавши на стіл верстата дерев'яну підкладку.
- 2.24. Фрезерувальнику забороняється:
- 2.24.1. Вмикати та вимикати (крім аварійних ситуацій) обладнання, робота на якому йому не доручалась.
  - 2.24.2. Торкатися руками до обірваних та оголених проводів.
  - 2.24.3. Знімати та встановлювати огорожі робочого інструменту при працюючому верстаті.
  - 2.24.4. Торкатися руками частин верстата, що рухаються.
  - 2.24.5. Виконувати самостійно ремонт електрообладнання верстата, заміну вимикачів, розеток, зіпсованих електрозапобіжників.
  - 2.24.6. Навмисно виводити з ладу запобіжні та блокуючі пристрої верстата.

2.24.7. Прибирати стружку зі столу верстата та проводити чистку ріжучого інструменту під час його роботи.

2.24.8. Залишати робоче місце при працюючому верстаті.

2.24.9. Одягатися та роздягатися біля працюючого верстата.

2.24.10. Працювати в рукавичках.

2.24.11. Працювати тупими, несправними фрезами та пристосуваннями.

2.24.12. Робити обміри оброблюваної деталі при працюючому верстаті.

2.24.13. Використовувати стисле повітря для очистки стола верстата, оброблюваних деталей та одягу.

2.24.14. Тримати на корпусі верстата інструменти, пристосування, заготовки, готові вироби.

2.24.15. Залишати гайковий ключ на головці затяжного болта після встановлення фрези, оправки.

2.24.16. Мити руки маслом, гасом, мастильно-охолоджуючою рідиною та витирати забрудненим стружкою обтиральним матеріалом.

2.24.17. Зберігати на робочому місці використаний замаслений матеріал.

2.24.18. Палити на робочому місці та приймати їжу.

2.24.19. Знаходячись на роботі, вживати алкогольні напої та наркотичні речовини.

2.24.20. Використовувати саморобні електрообігрівальні прилади та прилади з відкритою спіраллю.

2.24.21. Опиратися та сидіти на станині верстата.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

3.1. Зупинити верстат. Оброблені деталі та робочий інструмент укласти на місце їх зберігання.

3.2. Прибрати робоче місце. Очистити верстат від залишків стружки. Збирати стружку з верстата та підлоги руками забороняється.

3.3. Вимкнути місцеве освітлення та відключити верстат від електромережі.

3.4. Прибрати з робочого місця замаслений обтиральний матеріал у спеціальні герметичні металеві ящики.

3.5. Зняти та очистити спецодяг та засоби індивідуального захисту та укласти їх в місце зберігання.

3.6. Вимити руки та обличчя теплою водою з милом. При можливості, прийняти душ.

3.7. Доповісти керівнику робіт про виконану роботу та про всі недоліки, які мали місце під час роботи.



## **ВИСНОВОК**

У результаті виконання даної роботи була проведена розробка технологічного процесу виготовлення деталі шестірня, установлені й розраховані: матеріал заготовки й метод її одержання, схеми базування й технологічні бази, устаткування, пристосування й інструменти необхідні для виробництва деталі, припуски на кожну оброблювану поверхню, подача для кожного переходу й операції, глибина різання й довжина оброблюваної поверхні заданої деталі – циліндричного зубчастого колеса.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Изаксон Х. І. зернозбиральні комбайни «Нива» і «Колос». - М.: Колос, 1980.
- 2 Довідник технолога – машинобудівника: В 2<sup>х</sup> т. Т. 1 /В. Б. Борисов [і ін.]; під ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. – 4<sup>е</sup> изд. перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1985.
- 3 Звонарьова, Л. М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту за технологією машинобудування / Л. М. Звонарьова. - Челябінськ: РИО ЧГАУ, 1992.
- 4 Обробка металів різанням. Довідник технолога. Під ред. Монахова Г.А. М.: Машинобудування, 1974.
- 5 Довідник металіста, т. 2, під ред. А.Г. Рахштадта й В.А. Брострема. М.: Машинобудування, 1976.
- 6 М.А. Тылкин. Довідник терміста ремонтної служби. М.: Металургія, 1981.
- 7 В.А. Федоренко, А.І. Шошин. Довідник по машинобудівному кресленню. Л.: Машинобудування, 1982.
- 8 Заготовки. Збірник ДЕРЖСТАНДАРТ.
- 9 А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, І.М. Колесов і ін. Технологія машинобудування. М.: Вища школа, 1986.
- 10 М.Е. Егоров і ін. Технологія машинобудування. М.: Вища школа, 1986.
- 11 Табличні значення припусків на механічну обробку.
- 12 ДЕРЖСТАНДАРТ на різальний інструмент
- 13 Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах. Частина I і II, М.: Машинобудування, 1974.
- 14 Міллер Є.Є. Технічне нормування праці в машинобудуванні, М.: Машинобудування, 1972.
- 15 Верстатні пристосування: Довідник в 2-х т. Під ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. М.: Машинобудування, 1984.
- 16 А.Н. Горошкин. Пристосування для металорізальних верстатів. М.: Машинобудування, 1979.