

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему:
***“Розробка технології виготовлення деталі “вихідний вал
редуктора” з річною програмою 22000 шт.”***

Робота містить: сторінок 91, рисунків 51, таблиць 39, літературних джерел 20.

Об’єкт кваліфікаційної роботи: технологія виготовлення деталі “вихідний вал редуктора”.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка технології виготовлення деталі “вихідний вал редуктора”.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано умови експлуатації деталі “вихідний вал редуктора”, розраховано конструктивні параметри заготовки, розраховано параметри режимів різання, розроблено маршрутно-операційну технологію механічної обробки деталі, спроектовано затискне пристосування для встановлення деталі на фрезерному верстаті при нарізанні шпонкового пазу, обрано основне технологічне обладнання.

Методи дослідження: інженерні методи розрахунку параметрів режимів різання та технологічної оснастки.

Ключові слова: МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ТОЧІННЯ, ФРЕЗЕРУВАННЯ, ТОКАРСЬКИЙ РІЗЕЦЬ, КІНЦЕВА ШПОНКОВА ФРЕЗА, ТОКАРСЬКИЙ ВЕРСТАТ, ГОРИЗОНТАЛЬНО – ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ.

Зміст

Вступ	4
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	5
1.1. Аналіз умов експлуатації деталі	5
1.2. Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки. Маршрутна технологія виготовлення деталі	5
1.2.1. Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки	5
1.2.2. Маршрутна технологія виготовлення деталей	12
1.2.3. Призначення припусків на механічну обробку	17
1.3 Вибір технологічних баз	20
1.4 Проектування технологічної послідовності операцій механічної обробки деталі	20
1.5 Проектування змісту технологічних операцій	27
1.5.1 Вибір та розрахунок параметрів режиму різання	27
1.5.2 Маршрутно-операційна технологія обробки деталі	46
1.6 Гартування та відпуск валів	66
1.6.1 Технологія термічної обробки	66
1.6.2 Контроль якості термічної обробки	69
2. РОЗРАХУНОК ЗАТИСКНОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИ ЗАКРІПЛЕННІ ДЕТАЛІ НА ОПЕРАЦІЇ НАРІЗАННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ	73
2.1. Методика розрахунку зусилля закріплення деталі	73
2.2. Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі	77
3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	80
3.1. Вибір основного технологічного обладнання	80
3.1.1. Токарно-гвинторізний верстат 16К20П	80
3.1.2. Верстат універсальний фрезерний 5Е32	82
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	83
1 Вимоги безпеки перед початком роботи	83
2 Вимоги безпеки під час виконання роботи	84
3 Вимоги безпеки після закінчення роботи	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89

Вступ

Довговічність і надійність машин, їх експлуатаційні та техніко-економічні показники багато в чому визначаються точністю виготовлення і якістю поверхні їх основних деталей. Тому чистовим і оздоблювальним методам обробки заготовок приділяється найсерйозніша увага в машинобудуванні, а обсяг робіт по чистової обробки деталей в загальній трудомісткості їх виготовлення безперервно зростає.

Останнім часом все ширше використовуються економічні методи отримання заготовок (точне лиття, точне штампування, холодна висадка і т.п.), що знижують або зовсім виключають чистову і оздоблювальну механічну обробку, припустимо, на металорізальних верстатах, на яких велика частка металу з заготівлі «йде» в стружку, вони в багатьох випадках не можуть забезпечити необхідну точність і якість поверхні деталі.

Незважаючи на те, що методи отримання заготовок і обробки їх на металорізальних верстатах безперервно удосконалюються, трудомісткість верстатних робіт в машинобудуванні становить найбільшу частину, досягаючи 30 - 50% загальної трудомісткості виготовлення машин.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз умов експлуатації деталі

Основними критеріями працездатності деталей “вал-шестірня” є міцність, твердість, зносостійкість, вібростійкість. Основним видом руйнування деталей є втома. Вони працюють переважно при підвищених температурах та тисках. Матеріал деталей повинен мати підвищену ударну в'язкість, високу поверхневу твердість, зносостійкість, підвищену контактну витривалість. Опір втомі можна значно підвищити за рахунок поверхневого зміцнення, наприклад, цементації.

Також деталі “вал-шестірня” повинні мати такі показники як надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність.

Надійність – здатність деталі виконувати протягом заданого часу свої функції, зберігаючи в заданих межах експлуатаційні властивості.

Безвідмовність – здатність деталі зберігати працездатний стан протягом заданого часу без вимушених перерв.

Довговічність – властивість деталі зберігати працездатний стан до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту.

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 “вал” наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1- Вимоги до механічних властивостей деталі “вал”

σ_B , не менше, МПа	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	δ , не менше, %	Ψ , не менше, %	КСУ, не менше Дж/см ²	Твердість
650*	420*	10*	40*	50*	150 - 190 НВ

Примітка: *механічні властивості після термічної обробки.

Для виготовлення деталі “вал” обираємо сталь 45 ГОСТ 1050-88. Сталь 45 – конструкційна якісна середньовуглецева сталь. Структура сталі у вихідному стані – ферит + перліт. Її хімічний склад наведений в табл. 2, а механічні властивості у стані постачання – в табл. 1.3 (сталь гарячекатана після нормалізації). Сталями-замінниками сталі 45 є наступні сталі: 40Х, 50, 50 Г2 (ГОСТ 1050-88). Сталь 45 використовується для виготовлення валів - шестерен, колінчастих та розподільних валів, шестерен, шпинделів, бандажів, циліндрів, кулачків та інших відповідальних деталей, що піддаються термічній обробці – гартуванню та високому відпуску (ГОСТ 1050-88).

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

С, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	As, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
							не більше	
0,42 - 0,5	0,5 - 0,8	0,17 - 0,37	≤0,25	≤0,08	≤0,25	≤0,2	0,04	0,035

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 45 у стані постачання (після нормалізації)

σ_B , не менше, МПа	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	δ , не менше, %	Ψ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см ²	Твердість, НВ
690	340	16	36	64	140-180

Залежність механічних властивостей гарячекатаної нормалізованої сталі 45 від температури наведено в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 - Залежність механічних властивостей гарячекатаної нормалізованої сталі 45 від температури

Температура випробувань, °С	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	σ_B , не менше, МПа	δ , не менше, %	ψ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см ²
20	340	690	16	36	64
200	340	690	18	36	64
300	255	610	22	44	66
400	225	560	23	65	-
500	175	370	24	67	-
600	78	215	33	90	-
700	140	170	43	96	-
800	64	110	58	98	-
900	54	76	62	100	-
1000	34	50	72	100	-
1100	22	34	81	100	-
1200	15	27	90	100	-

Примітка: зразки діаметром 6 мм, довжиною 30 мм, кований та нормалізований. Швидкість деформування 16 мм/хв. Швидкість деформації 0,01 с⁻¹.

Дані щодо механічних властивостей прокату зі сталі 45 після різних видів термічної обробки наведено в табл. 1.5.

Дані щодо механічних властивостей поковок зі сталі 45 наведено в таблиці 1.6

Технологічні властивості сталі 45 наведено в таблиці 1.7

Дані щодо межі витривалості сталі 45 наведено в таблиці 1.8

Таблиця 1.5 - Механічні властивості прокату зі сталі 45

Стан постачання, термічна обробка	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	σ_B , не менше, МПа	δ , не менше, %	ψ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см ²
Сталь гарячекатана, кована, калібрована 2-ї категорії після нормалізації; перетин 25 мм	255	600	16	40	-
Сталь калібрована 5-ї категорії після деформаційного зміцнення; перетин 25 мм	310	640	6	30	-
Сталь калібрована 5-ї категорії після відпалу або високого відпуску; перетин 25 мм	275	590	16	40	-
Листи нормалізовані та гарячекатані; товщина 80 мм	275	590	18	40	-
Листи нормалізовані та гарячекатані; товщина 6 - 25 мм	255	600	16	40	-
Лист гарячекатаний; товщина 2 мм	300-340	550 - 690	14	36	-
Лист гарячекатаний; товщина 2 - 4 мм	300-340	550 - 690	15	36	-
Гартування круглих зразків діаметром 15 мм у воді від 850°C, відпуск при температурі:					
450°C	830	980	10	40	59
500°C	730	830	12	45	78
550°C	640	780	16	50	98
600°C	590	730	25	55	118
Гартування круглих зразків діаметром 60 мм у воді від 850°C, відпуск при температурі:					
450°C (НВ 202-234)	590	840	14	60	70
500°C (НВ 185-210)	520	770	16	58	90
600°C (НВ 168-180)	440	680	20	64	120

Таблиця 1.6 - Механічні властивості поковок зі сталі 45

Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	σ_B , не менше, МПа	δ , не менше, %	ψ , не менше, %	КСУ, не менше, Дж/см ²	НВ, не більше
Нормалізація						
100 - 300	245	470	19	42	-	143 - 179
300 - 500	245	470	17	35	-	143 - 179
500 - 800	245	470	15	30	-	143 - 179
<100	275	530	20	44	-	156 - 197
Гартування у воді від 850°C, відпуск при 450°C:						
15	830	980	10	40	59	-
60	590	840	14	60	70	-
Гартування у воді від 850°C, відпуск при 500°C:						
15	730	830	12	45	78	-
60	520	770	16	58	90	-

Таблиця 1.7 - Технологічні властивості сталі 45

Температура кування: температура початку кування – 1250°C, температура кінця кування – 700°C. Поковки з перетином менше 400 мм, охолоджуються на повітрі, поковки з перетином більше 400 мм – у колодязі.
Зварюваність: сталь погано зварюється усіма способами зварювання (ручним дуговим зварюванням, зварюванням під флюсом, зварюванням у середовищі захисних газів та CO ₂ , контактним зварюванням). Після зварювання необхідна термічна обробка – нормалізація або високий відпуск.
Оброблюваність різанням: у гарячекатаному стані при НВ = 170 - 180 та $\sigma_B = 640$ МПа $K_{\nu_{ТВ.СПЛ.}} = 1,0$; $K_{\nu_{Б.СТ.}} = 1,0$.
Схильність до відпускної крихкості: не чутлива.
Чутливість до утворення флокенів: не чутлива.

Таблиця 1.8 - Межа витривалості сталі 45

σ_{-1} , не менше, МПа	τ_{-1} , не менше, МПа	n	σ_B , не менше, МПа	$\sigma_{0,2}$, не менше, МПа	Термічна обробка, стан постачання
245	157	1E+7	590	310	-
421			880	680	-
231			520	270	-
331			660	480	-

Для виготовлення деталей обираємо калібрований круглий прокат другої категорії після нормалізації (рис. 1.1). Діаметр сталевого прутка – 70 мм.

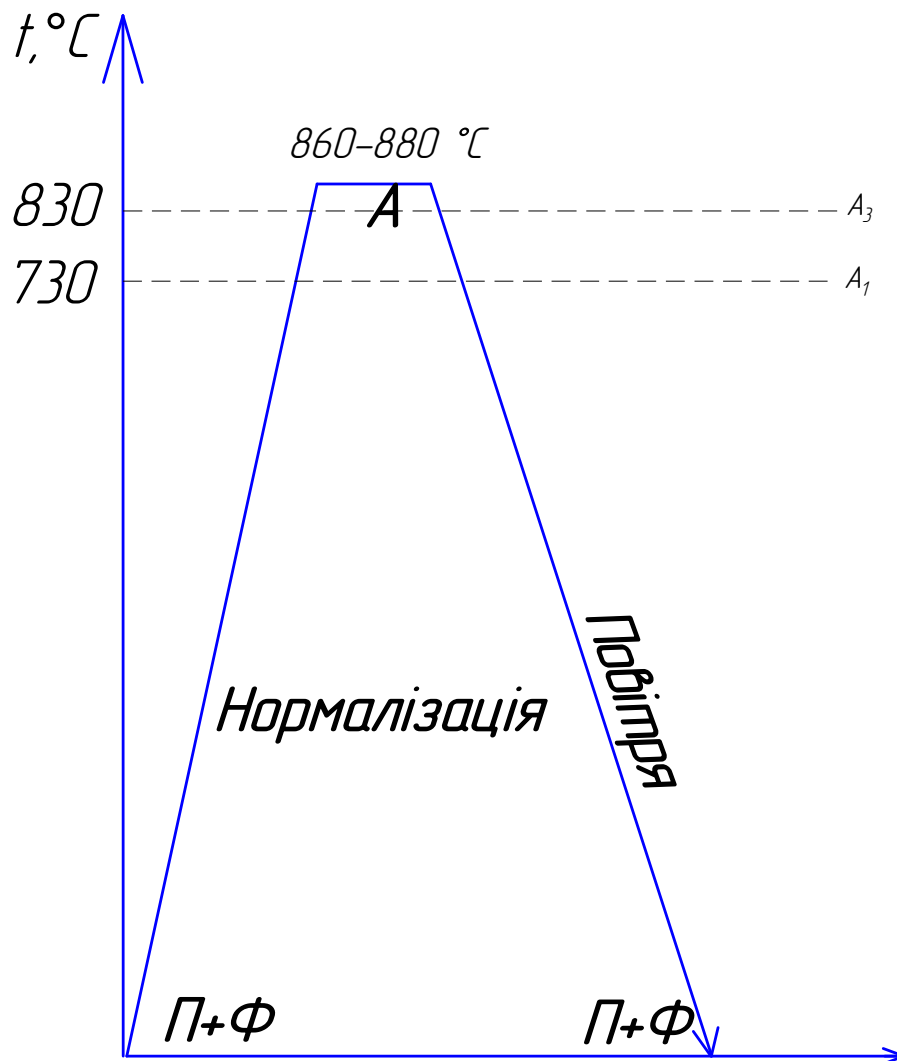


Рисунок 1.1 - Графік режиму нормалізації прокату зі сталі 45

Нормалізація – вид термічної обробки, при якому сталь нагрівають вище точки A_{c3} на 30 - 50°C, витримують при цій температурі, а потім охолоджують на повітрі (рис. 1.1). Цей процес призводить до повної фазової перекристалізації сталі, в результаті чого замість вихідної крупнозернистої структури, яка сформувалась у процесі отримання прокату, утворюється рівноосна дрібнозерниста структура [1] (рис. 1.2).

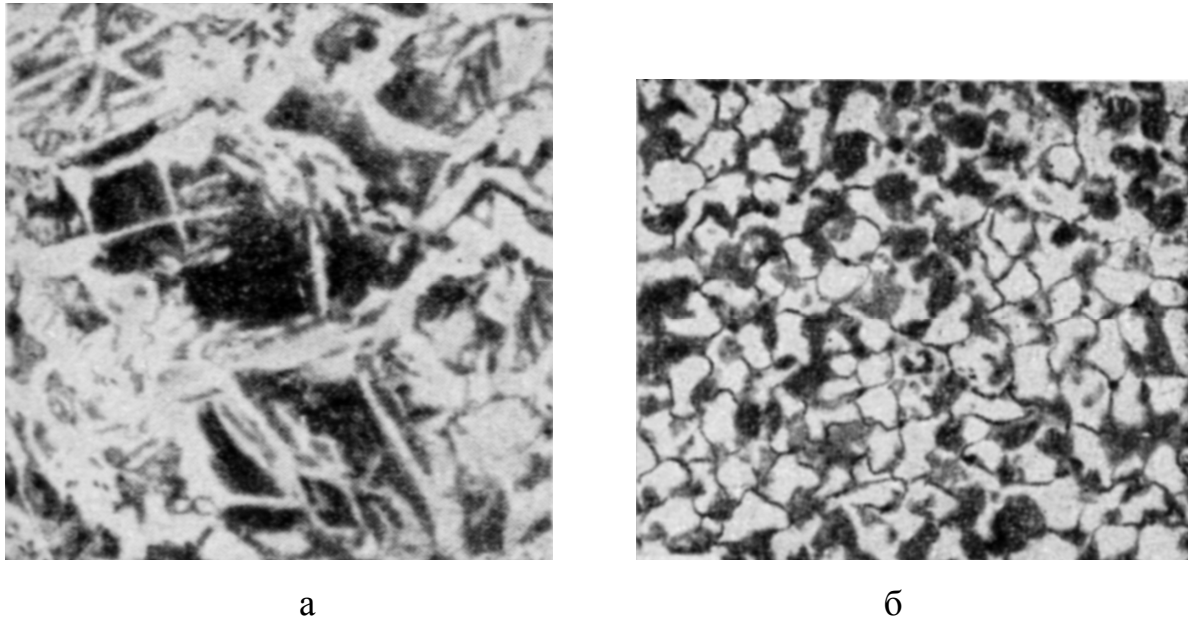


Рисунок 1.2 - Мікроструктура сталі 45:

а – до нормалізації; б – після нормалізації, $\times 300$

При нагріванні сталі 45 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 спон-

танно, оскільки при цьому зменшується сумарна площа поверхні зерен (зменшується поверхнева енергія) [1]. При нагріванні до температури вище точки A_{c3} на 30 - 50⁰С утворюється аустеніт, що характеризується дрібним зерном, і тому при охолодженні виникає дрібнозерниста структура, яка забезпечує високу в'язкість і пластичність, що суттєво покращує оброблюваність сталі різанням.

1.2.2 Маршрутна технологія виготовлення деталей

Маршрутну технологію виготовлення деталі “вал” наведено на рис. 1.03. Маршрутна технологія виготовлення деталі “вал” включає в себе наступні технологічні цикли: вхідний контроль прокату; механічна обробка на токарському верстаті; термічна обробка; контроль якості термічної обробки; полірування поверхонь з шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм; остаточний контроль якості деталі.



Рисунок 1.3 - Маршрутна технологія виготовлення деталі “вал”

При вхідному контролі прокату із сталі 45 перевіряються наступні параметри:

- хімічний склад;
- твердість (НВ);

- механічні властивості ($\sigma_{0,2}$, σ_B , $\tau_{3с}$, $\sigma_{ст}$, δ , ψ , 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 45 у стані постачання не повинна перевищувати 180 НВ. Хімічний склад сталі повинен відповідати вимогам, наведеним в таблиці 2. Структура сталі – ферит + перліт. Не допускається наявність волокнистої текстури матеріалу та від манштеттової структури.

Злам сталі 45 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. 1.4). Він є наслідком тривалої витримки сталі при високій температурі в окислювальному середовищі.

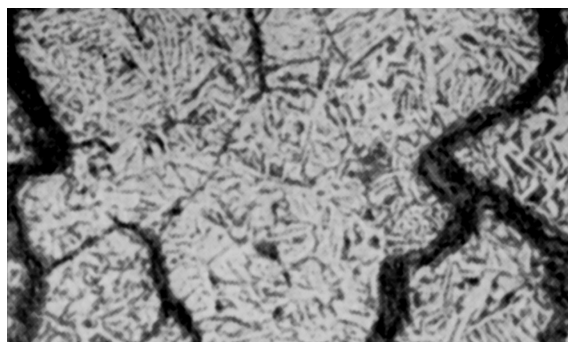


Рисунок 1.4 - Перепал в сталі 45, $\times 250$

На поверхні прокату із сталі 45 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 тов-

щину 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 знеуглецьованого шару у прокаті із сталі 45 не повинна перевищувати значень, наведених в табл. 9 (ГОСТ 1763 - 82). Знеуглецьований шар виявляється травленням мікрошліфів, вирізаних з прокату, 4 % - м розчином азотної кислоти в етиловому спирті. Знеуглецьований шар складається переважно з фериту. Ферит 4 % - м розчином азотної кислоти в етиловому спирті не протравлюється, тому знеуглецьований шар добре ідентифікується на фоні феритно-перлітної серцевини (перліт, на відміну від фериту, протравлюється добре і має характерний перламутровий відтінок) (рис. 1.4).

Таблиця 1.9 - Допустима товщина знеуглецьованого шару у прокаті із сталі 45

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

Оцінка поруватості прокату із сталі 45 здійснюється по еталонним шкалам № 1 - 4 ГОСТ 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; ліквіація по шкалі № 4 – не більше бала 2.

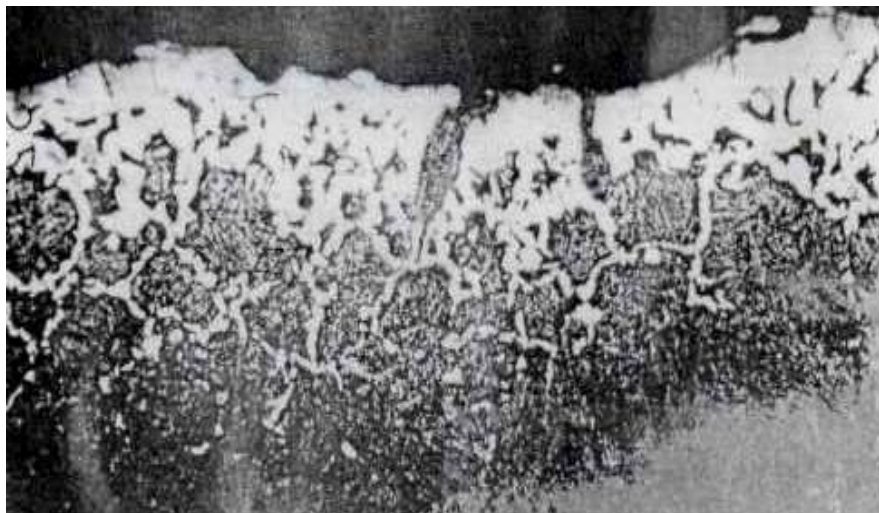


Рисунок 1.5 - Знеуглецьований шар на поверхні прокату із сталі 45, $\times 150$

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 ГОСТ 801 - 92 (оцінка мікроструктури) (табл. 1.10).

Таблиця 1.10 - Допустимі бали по вмісту неметалевих включень у прокаті із сталі 45

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

Для виготовлення деталі “вал” може бути використаний калібрований

прокат трьох категорій точності (ГОСТ 2590-88): А, Б, В (табл. 1.11). Максимально допустимі відхилення від номінального діаметру прокату вказані в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 - Максимально допустимі відхилення від номінального діаметру прокату

Діаметр прокату, мм	Максимально допустимі відхилення від номінального діаметру прокату (мм) по категоріях точності прокату			Площа переднього перерізу, см ²	Маса 1 м прокату, кг
	А	Б	В		
70	+0,1 -0,9	+0,3 -1,1	+0,5 -1,1	28,27	22,19

Максимально допустимі відхилення від номінального діаметру круглого прокату можуть бути симетричними, але вони не повинні виходити за межі встановлених допусків (табл. 1.11).

На замовлення підприємства круглий прокат може бути виготовлений з плюсовими відхиленнями від номінального діаметру (табл. 1.12).

Таблиця 1.12 - Максимально допустимі плюсові відхилення від номінального діаметру круглого прокату (ГОСТ 2590-88)

Діаметр прокату, мм	Максимально допустимі плюсові відхилення від номінального діаметру
5 - 9	+0,5
9 - 19	+0,6
19 - 25	+0,8
25 - 31	+0,9
Більше 31	Сума максимально допустимих відхилень від номінального діаметру для прокату категорії точності В (для прокату діаметром 60 мм максимально допустиме плюсове відхилення від номінального діаметру складає +1,0 мм)

Овальність круглого прокату не повинна перевищувати 50 % від суми максимально допустимих відхилень, вказаних в табл. 1.11 (табл. 1.13).

Таблиця 1.13 - Максимально допустима овальність круглого прокату

Діаметр прокату, мм	Максимально допустима овальність круглого прокату (мм) по категоріях точності прокату		
	А	Б	В
70	0,5	0,7	0,8

Довжина прокату складає від 2 до 6 метрів (ГОСТ 2590-88).

Максимально допустимі відхилення по довжині прокату:

+30 мм – для довжини до 4 метрів включно;

+50 мм – для довжини від 4 до 6 метрів включно.

Кривизна прутків круглого прокату не повинна перевищувати значень, наведених в табл. 1.14.

Таблиця 1.14 - Максимально допустима кривизна прутків круглого прокату

Діаметр прокату	Максимально допустима кривизна, мм	
	I клас	II клас
До 25 мм	0,5 % від довжини	0,5 % від довжини
Більше 25 мм	0,4 % від довжини	0,5 % від довжини

На замовлення підприємства може бути поставлений прокат, кривизна якого не перевищує 0,2 % від довжини прутка.

Кривизна прокату вимірюється на довжині не менше 1 м та на відстані не менше 150 мм від кінців прутка.

Діаметр та овальність круглого прокату вимірюються на відстані не менше 150 мм від кінців прутка.

1.2.3 Призначення припусків на механічну обробку

Припуски на механічну обробку визначаються за формулою:

$$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2, \quad (1.1)$$

де D – діаметр прутка, з якого виготовляється вал; $D = 70$ мм;

$D_{\text{НОМ}}$ – номінальний діаметр поверхні, що піддається механічній обробці.

На рис. 1.5 наведено робоче креслення вала з позначенням усіх поверхонь, що піддаються механічній обробці.

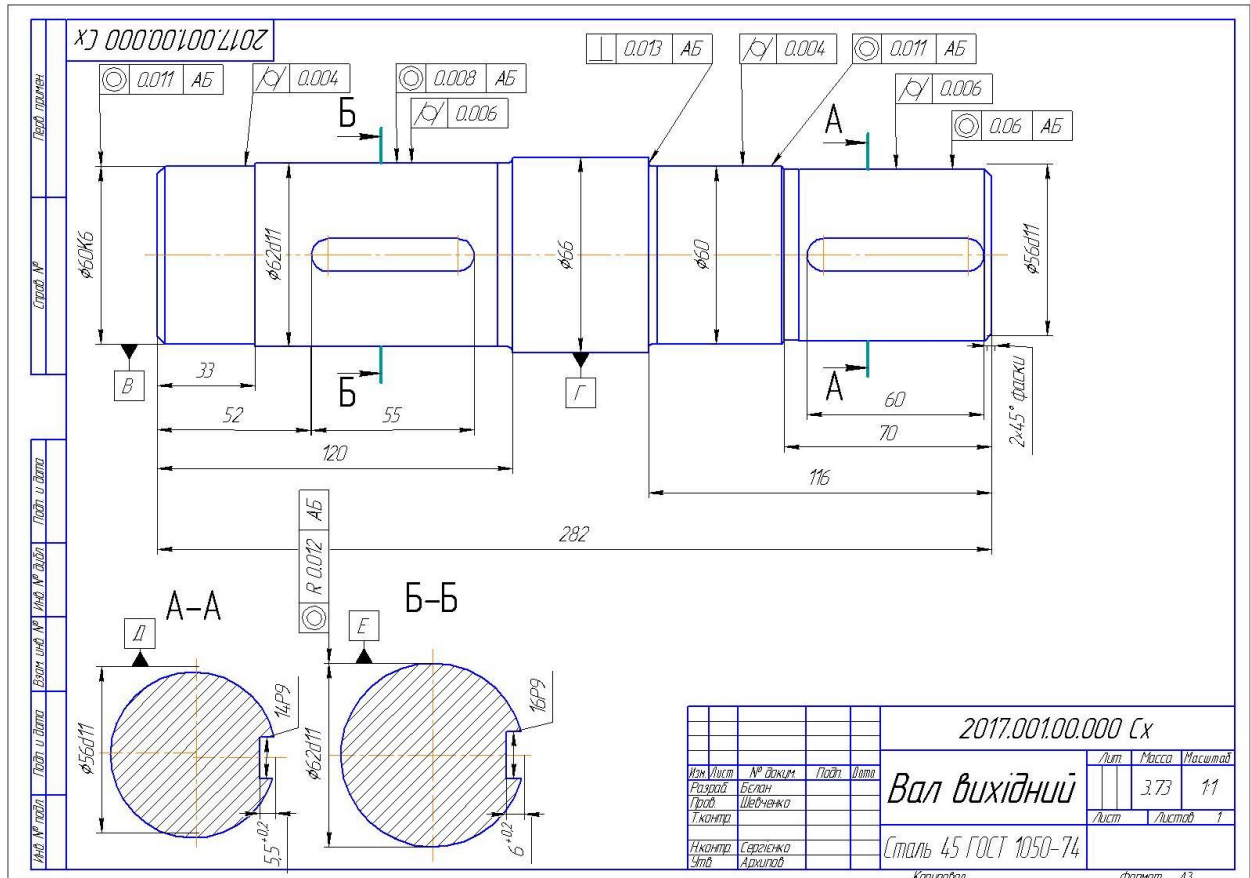


Рисунок 1.6 - Робоче креслення деталі “вал” з позначенням усіх поверхонь, що піддаються механічній обробці

Припуск на обробку поверхні № 2 ($D_{\text{НОМ.}} = 66$ мм):

$$\Pi = (70 - 66)/2;$$

$$\Pi = 2 \text{ мм.}$$

Припуск на обробку поверхні № 3 ($D_{\text{НОМ.}} = 60$ мм):

$$\Pi = (70 - 60)/2;$$

$$\Pi = 5 \text{ мм.}$$

Припуск на обробку поверхні № 4 ($D_{\text{НОМ.}} = 56$ мм):

$$\Pi = (70 - 56)/2;$$

$$\Pi = 7 \text{ мм.}$$

Припуск на обробку поверхні № 5 ($D_{\text{НОМ.}} = 62 \text{ мм}$):

$$\Pi = (70 - 62)/2;$$

$$\Pi = 4 \text{ мм.}$$

Припуск на обробку поверхні № 6 ($D_{\text{НОМ.}} = 60 \text{ мм}$):

$$\Pi = (70 - 60)/2;$$

$$\Pi = 5 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків припусків на механічну обробку наведено в табл. 1.15.

Таблиця 1.15 - Результати розрахунків припусків на механічну обробку

Номинальні розміри поверхні, мм*	Ra обробленої поверхні*	Формула для визначення розміру поковки	Загальний припуск на механічну обробку, мм
Поверхня 2 $D_{\text{НОМ.}} = 66 \text{ мм}$ $L_{\text{НОМ.}} = 46 \text{ мм}$	-	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	2
Поверхня 3 $D_{\text{НОМ.}} = 60\text{k}6$ $L_{\text{НОМ.}} = 56 \text{ мм}$	1,25	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	5
Поверхня 4 $D_{\text{НОМ.}} = 56\text{d}11$ $L_{\text{НОМ.}} = 70 \text{ мм}$	0,8	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	7
Поверхня 5 $D_{\text{НОМ.}} = 62\text{d}11$ $L_{\text{НОМ.}} = 87 \text{ мм}$	0,8	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	4
Поверхня 6 $D_{\text{НОМ.}} = 60\text{k}6$ $L_{\text{НОМ.}} = 33 \text{ мм}$	1,25	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	5

Примітка: Діаметр прутка 70 мм; $D_{\text{НОМ.}}$ – номінальний діаметр поверхні згідно робочого креслення деталі; $L_{\text{НОМ.}}$ – номінальна довжина поверхні згідно робочого креслення деталі.

1.3 Вибір технологічних баз

Існує ряд основних принципів базування заготовок:

1. При високих вимогах до точності обробки для базування заготовок необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку.
2. Для підвищення точності деталей і зібраних вузлів необхідно застосувати 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 чорні базові поверхні. Як правило, цю чорну 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 чорна базова поверхня повинна забезпечувати рівномірний розподіл припуску для подальшої обробки і найбільш точне взаємне положення оброблених та необроблених поверхонь у готових деталей. На перших операціях технологічного процесу обробляють основні базові поверхні.

1.4 Проектування технологічної послідовності операцій механічної обробки деталі

Обираємо наступну послідовність обробки деталі «Вал»:

1. Підрізання торцевої поверхні 1 прохідним упорним правим різцем (позиція 1). Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по циліндричній поверхні 2 діаметром 60 мм.

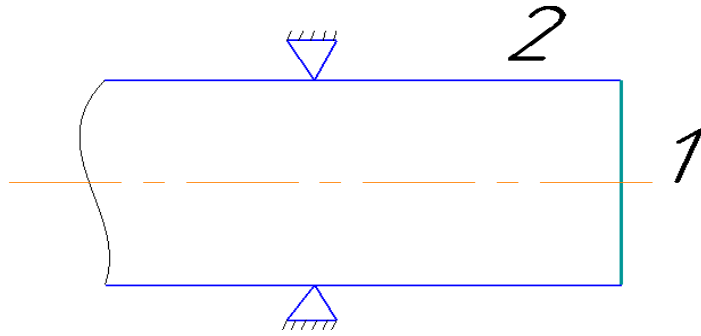


Рисунок 1.7 - Позиція 1

2. Виконання центрального отвору на поверхні 1 центрувальним свердлом (позиція 2).

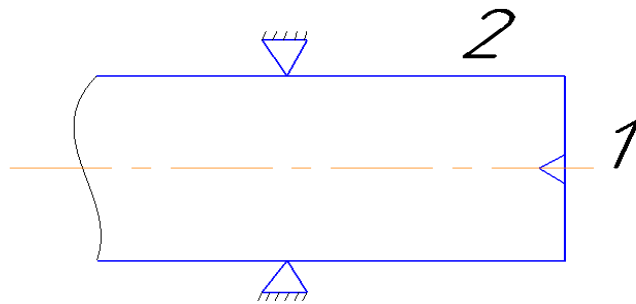


Рисунок 1.8 - Позиція 2

3. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 250 мм прохідним упорним правим різцем. З лівої сторони деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центральному отвору (позиція 3).

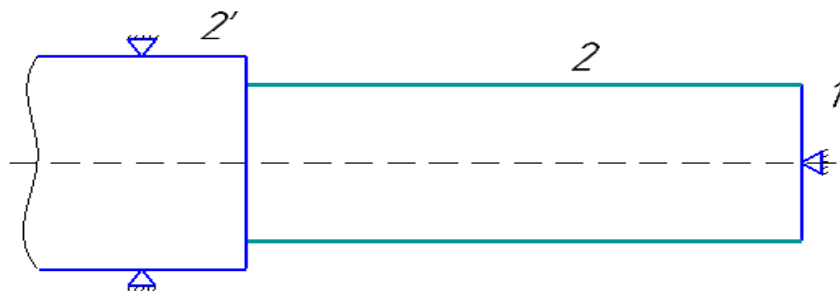


Рисунок 1.9 - Позиція 3

4. Чорнове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем (позиція 4). Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм.

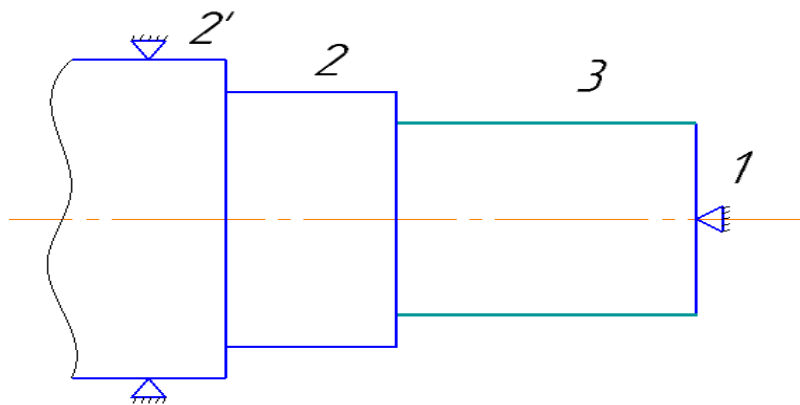


Рисунок 1.10 - Позиція 4

5. Чорнове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем (позиція 5).

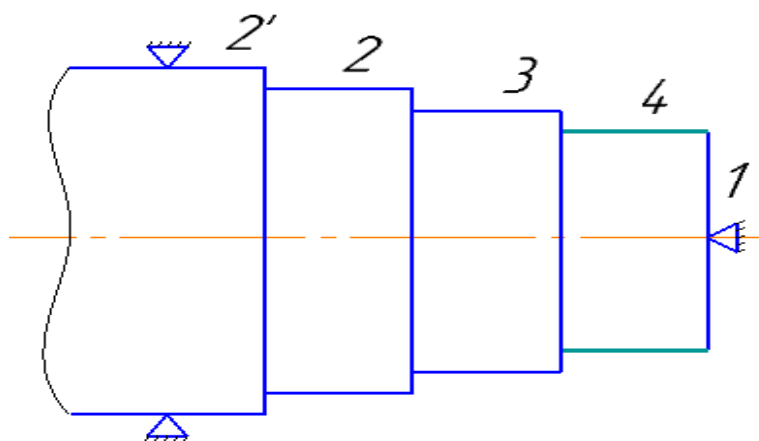


Рисунок 1.11 - Позиція 5

6. Підрізання канавки з лівого кінця поверхні 2 відрізним різцем (позиція 6).

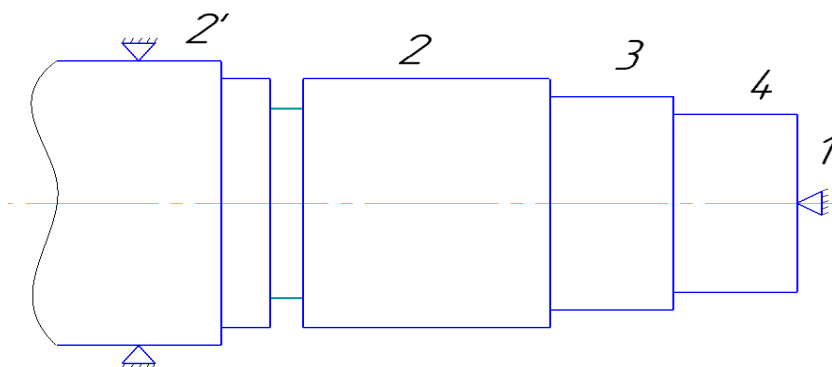


Рисунок 1.12 - Позиція 6

7. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 100 мм прохідним упорним лівим різцем (позиція 7).

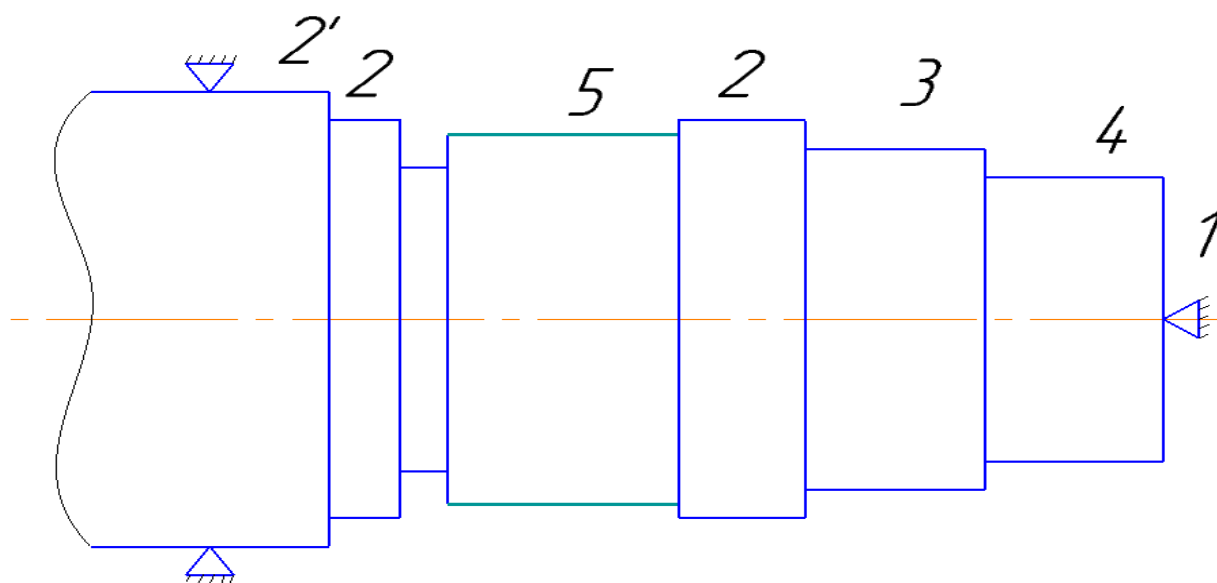


Рисунок 1.13 - Позиція 7

8. Прорізання канавок I, II, III відрізним різцем (позиція 8).

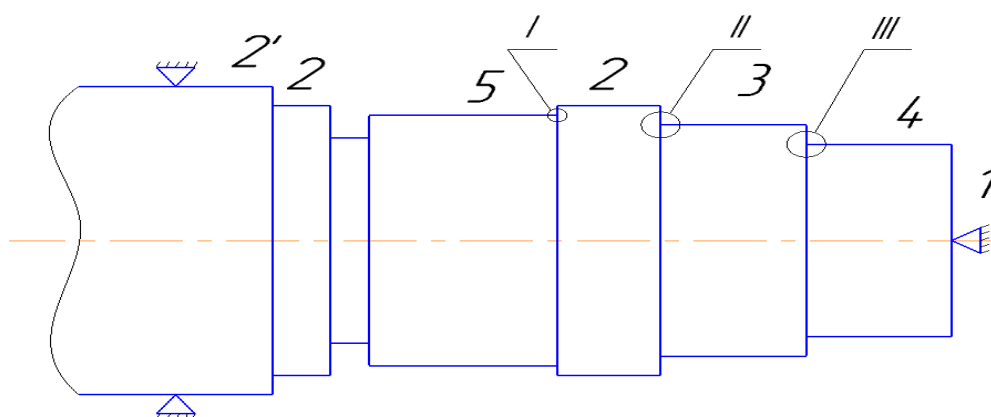


Рисунок 1.14 - Позиція 8

9. Чистове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем (позиція 9).

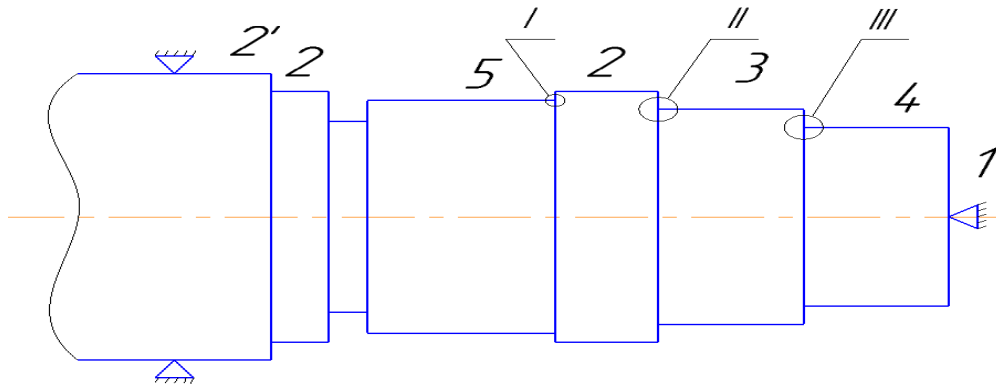


Рисунок 1.15 - Позиція 9

10. Чистове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем (позиція 9).

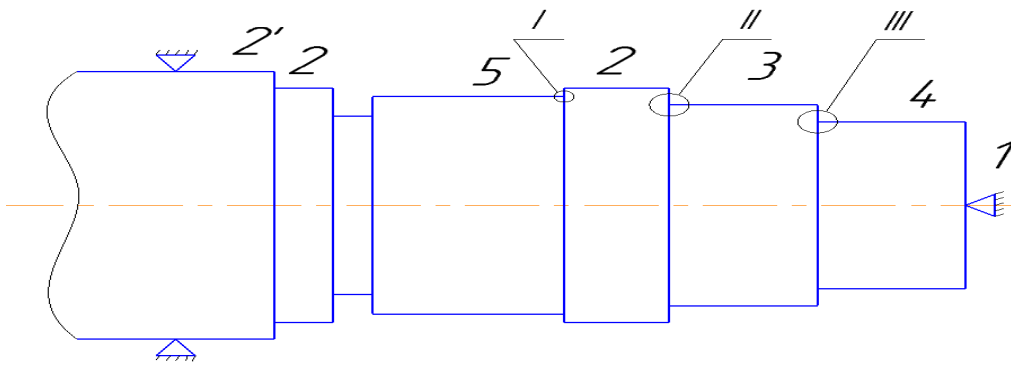


Рисунок 1.16 - Позиція 9

11. Чистове точіння поверхні 6 прохідним упорним лівим різцем (позиція 9).

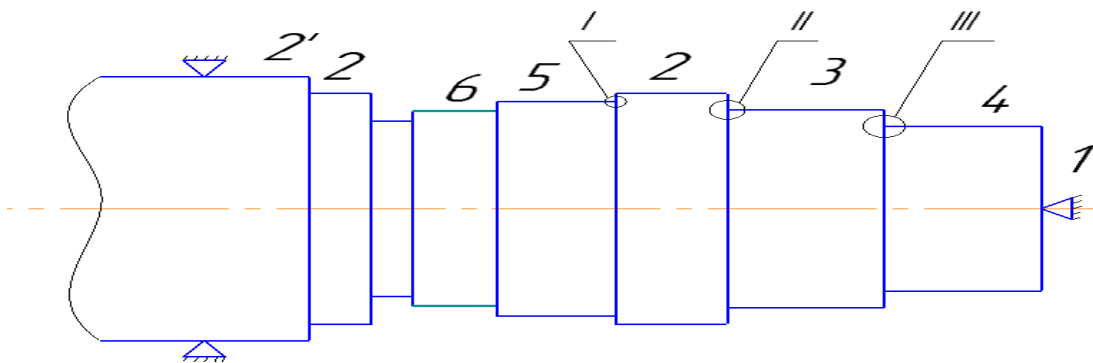


Рисунок 1.17 - Позиція 9

12. Чистове точіння поверхні 5 прохідним упорним лівим різцем (позиція 9).

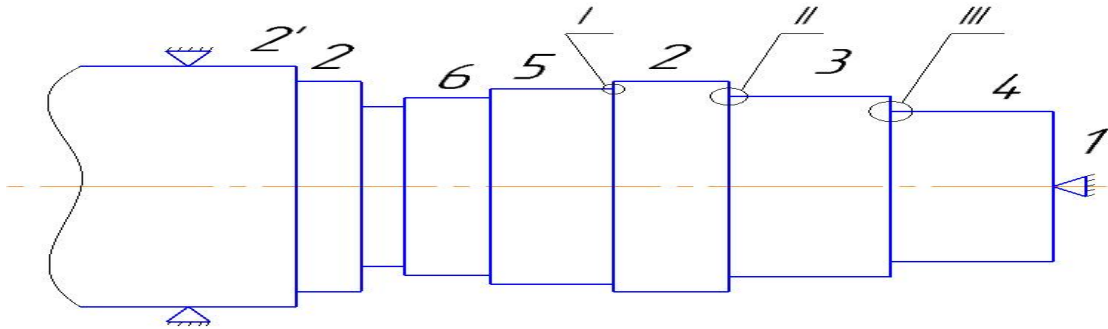


Рисунок 1.18 - Позиція 9

13. Підрізання фасок на поверхнях 3, 4 прохідним відігнутих правим різцем (позиція 9).

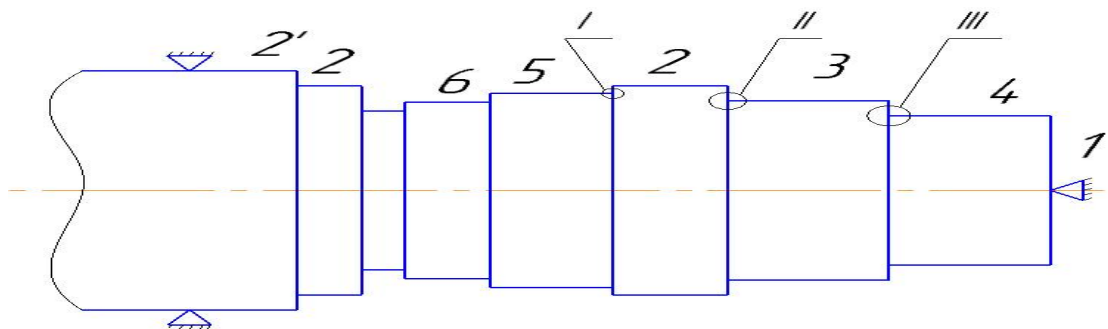


Рисунок 1.19 - Позиція 9

14. Відрізання деталі відрізним різцем (позиція 9, відрізання здійснюється по канавці між поверхнями 2 та 6).

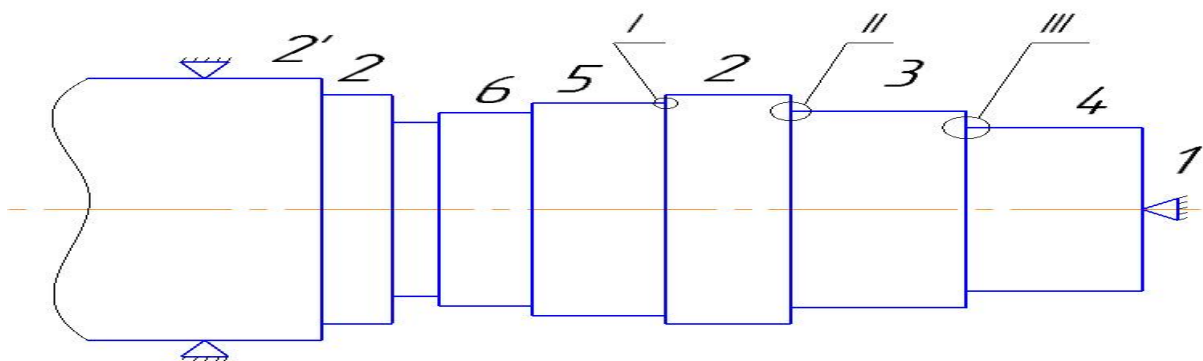


Рисунок 1.20 - Позиція 9

15. Підрізання торцевої поверхні 7 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 2 (позиція 10).

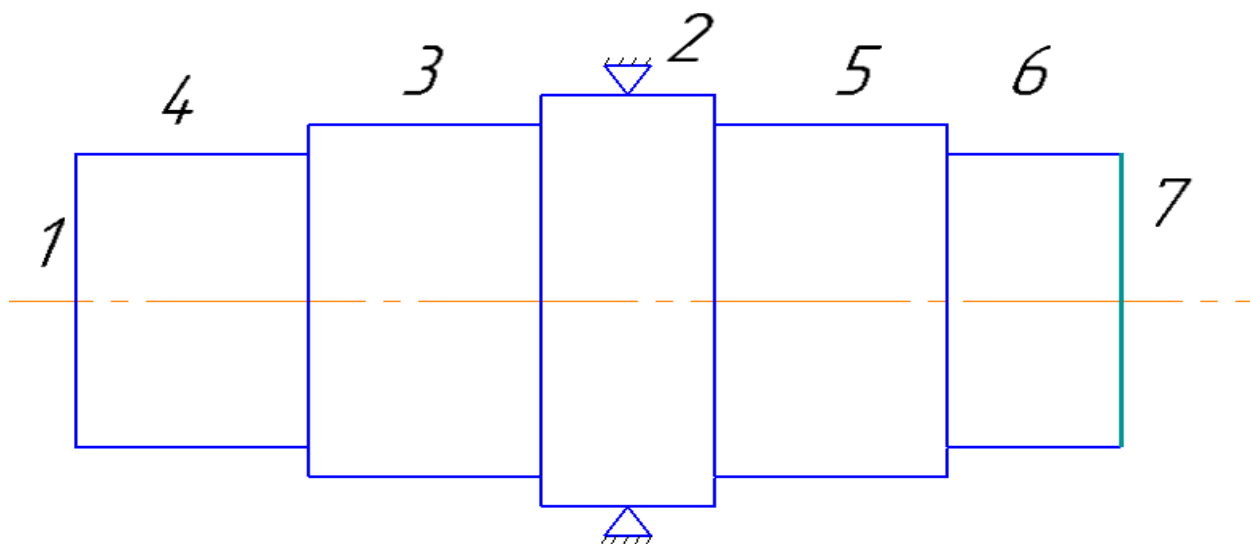


Рисунок 1.21 - Позиція 10

16. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 2 (позиція 10).

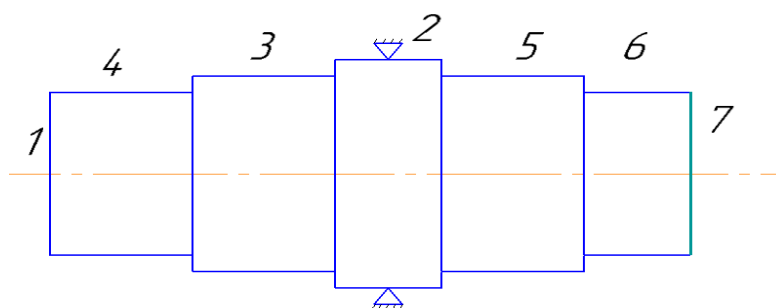


Рисунок 1.22 - Позиція 10

17. Нарізання шпонкового пазу шириною 16 мм на поверхні 5 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 16 мм по ГОСТ 9140-68. Деталь встановлюється у призмах по поверхнях 3 і 6 (позиція 11).

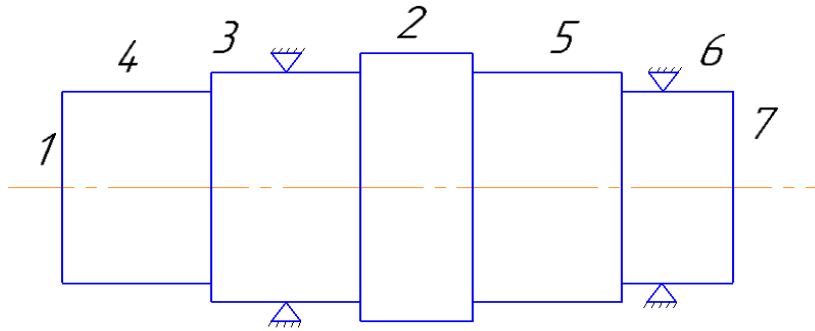


Рисунок 1.23 - Позиція 11

18. Нарізання шпонкового пазу шириною 14 мм на поверхні 4 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 14 мм по ГОСТ 9140-68. Деталь встановлюється у призмах по поверхнях 3 і 6 (позиція 11).

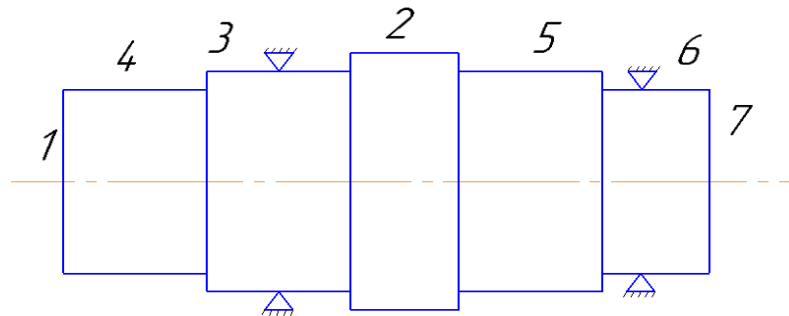


Рисунок 1.24 - Позиція 11

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.

Операція 1. Підрізання торцевої поверхні 1 прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, поз. 1).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 1 складає 60 мм, що відповідає початковому діаметру прокату. Згідно [3] для діаметру 60 мм та чистового підрізання торця обираємо наступну

поперечну подачу (S) та наступну швидкість різання (V): $S = 0,15$ мм/об., $V = 180$ м/хв.

Частота обертання деталі визначається за наступною формулою:

$$V = \pi Dn, \quad (1.2)$$

де D – діаметр деталі, м;

n – частота обертання деталі, об/с;

V – швидкість різання, м/с.

$$n = V/\pi D, \quad (1.3)$$

Для $D = 0,06$ м та $V = 180$ м/хв. = 3 м/с (чистове торцювання; швидкість різання обрано для випадку обробки деталі різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6):

$$n = 3/(3,14 \cdot 0,06) = 15,9 \text{ (об/с)} = 955 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.16 - Таблиця режимів різання для операції 1

Глибина різання, t , мм	Поперечна подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
≤ 2	0,15	180	955/900

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання (K_{v1} , K_{v2} , K_{v3}) перевищують 1,0 [3], тому немає необхідності зменшувати обрану табличну швидкість різання.

Операція 2. Виконання центрувального отвору на поверхні 1 центрувальним свердлом (п. 1.4, поз. 2).

Приймаємо діаметр центрувального отвору $d_{\text{отв.}} = 4$ мм. Для матеріалу з $\sigma_B \leq 600$ МПа та $d_{\text{отв.}} = 4$ мм обираємо наступні значення поздовжньої подачі S та швидкості різання V [3]:

$$S = 0,05 \text{ мм/об.}, V = 29 \text{ м/хв.} = 0,48 \text{ м/с.}$$

Згідно формули 1.3 визначимо частоту обертання деталі:

$$n = 0,48/(3,14 \cdot 0,06) = 2,56 \text{ (об/с)} = 153 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 150 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.17 - Таблиця режимів різання для операції 2

Діаметр отвору, $d_{\text{отв.}}$, мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
≤ 2	0,05	29	153/150

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 250 мм прохідним упорним правим різцем з твердоспавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, поз. 3).

Обрана система закріплення деталі є жорсткою [3]. Для таких умов закріплення деталі технологічний припуск на точіння з початкового діаметру 60 мм до діаметру 56 мм може бути знятий за 1 прохід. При цьому може бути забезпечена точність обробки на рівні не гірше 11-12 квалітету при шорсткості поверхні не більше Rz20 [3].

Для чорнового точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем з твердоспавною пластиною Т15К6 обираємо наступні режими різання [3]:

глибина різання $t = 2 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,4 \text{ мм/об}$ (для діаметру деталі не більше 60 мм);

$V = 160 \text{ м/хв.} = 2,67 \text{ м/с}$.

Частота обертання деталі:

$$n = 2,67/(3,14 \cdot 0,06) = 14,2 \text{ (об/с)} = 850 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 900 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.18 - Таблиця режимів різання для операції 3

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
2	0,4	160	850/900

Поперечний перетин стрижню різця ($B \times H$) = 16x25 мм [3].

Операції 4, 10. Чорнове та чистове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, поз. 4; 9).

Початковий діаметр складає 56 мм, кінцевий діаметр – 50 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 3 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету ($\varnothing 50k6$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 1,25$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 1,25$ мкм може бути забезпечена при кількості проходів не менш 3-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 4 (чорнове точіння поверхні 3) та 2 технологічних переходи для операції 10 (чистове та тонке точіння поверхні 3).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 4, 10, що дорівнює 3 мм, наступним чином:

Таблиця 1.19

Операція 4 – чорнове точіння поверхні 3	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2$ мм
Операція 10 – чистове точіння поверхні 3	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Поперечний перетин стрижню різця (ВхН) = 16х25 мм [3].

Для операції 4, що виконується за один технологічний перехід, обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т15К6) [3]:

глибина різання $t = 2$ мм;

поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.;

швидкість різання $V = 160$ м/хв. = 2,67 м/с.

$n = 2,67 / (3,14 \cdot 0,056) = 15,1$ (об/с) = 911 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.20 - Таблиця режимів 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)
2	0,4	160	911/900

Для операції 10, 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 $V = 235$ м/хв. = 3,92 м/с.

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,056) = 22,3$ (об/с) = 1336 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4$ мм;

поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.;

швидкість різання $V = 250$ м/хв. = 4,16 м/с.

$n = 4,16 / (3,14 \cdot 0,056) = 23,6$ (об/с) = 1419 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.21 - Таблиця режимів 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)
Перехід 1			
0,6	0,2	235	1336/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	250	1419/1400

Операції 5, 9. Чорнове та чистове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, поз. 5; 9).

Початковий діаметр складає 50 мм, кінцевий діаметр – 46 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2 мм, точність обробки відповідає 11 квалітету ($\varnothing 46d11$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 0,8$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 11 квалітету при $Ra = 0,8$ мкм може бути забезпечена при кількості проходів не менш 3-х [3]. Отже обираємо один технологічний перехід для операції 5 (чорнове точіння поверхні 4) та 2 технологічних переходи для операції 9 (чистове та тонке точіння поверхні 4).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 5, 9, що дорівнює 2 мм, наступним чином:

Таблиця 1.22

Операція 5 – чорнове точіння поверхні 3	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 1$ мм
Операція 9 – чистове точіння поверхні 3	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Для операції 5, що виконується за один технологічний перехід, обираємо наступні режими різання:

глибина різання $t = 1$ мм;

поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.;

швидкість різання $V = 160$ м/хв. = 2,67 м/с.

$n = 2,67 / (3,14 \cdot 0,05) = 17$ (об/с) = 1020 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.23 - Таблиця режимів 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)
1	0,4	160	1020/900

Для операції 9, 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 $V = 220$ м/хв. = 3,67 м/с.

$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,048) = 24,3$ (об/с) = 1460 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4$ мм;

поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.;

швидкість різання $V = 220$ м/хв. = 3,67 м/с.

$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,048) = 24,3$ (об/с) = 1460 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.24 - Таблиця режимів 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)
Перехід 1			
0,6	0,2	220	1460/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	220	1460/1400

Операція 6. Підрізання канавки з лівого кінця поверхні 2 відрізним різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (поз. 6).

Канавка необхідна для підведення до деталі прохідного упорного лівого різця та обробки поверхонь 5 та 6. Обираємо глибину канавки 4 мм, що на 1 мм перевищує загальний технологічний припуск, а саме різницю номінальних діаметрів поверхонь 2 та 6. Номінальний діаметр поверхні 6 дорівнює 50 мм ($\varnothing 50k6$), номінальний діаметр поверхні 2 дорівнює 56 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 3 мм.

Для прорізання канавки обираємо відрізний різець з шириною різальної кромки 5 мм (для діаметру 50 - 60 мм [3]). Канавка шириною 10 - 15 мм прорізається за 2 - 3 заходи.

Режими різання при прорізанні канавки (діаметр 56 мм):

глибина різання $t = 4$ мм;

поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.;

швидкість різання $V = 150$ м/хв. = 2,5 м/с.

$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,056) = 14,2$ об/с = 853 об/хв.

Обираємо $n = 900$ об/хв.

Таблиця 1.25 - Таблиця режимів 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)
4	0,15	150	853/900

Операції 7, 12. Чорнове та чистове точіння поверхні 5 на довжину 100 мм прохідним упорним лівим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, поз. 7; 9).

Початковий діаметр дорівнює 56 мм, кінцевий діаметр – 52 мм. Загальний технологічний припуск на сторону складає 2 мм, точність обробки відповідає 11 квалітету ($\varnothing 52d11$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 0,8$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 11 квалітету при $Ra = 0,8$ мкм може бути забезпечена при кількості проходів не менш 3-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 7 (чорнове точіння поверхні 5) та 2 технологічних переходи для операції 12 (чистове та тонке точіння поверхні 5).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 7, 12, що дорівнює 2 мм, наступним чином:

Таблиця 1.26

Операція 7 – чорнове точіння поверхні 5	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 1$ мм
Операція 12 – чистове точіння поверхні 5	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Для операції 7, що виконується за один технологічний перехід, обираємо наступні режими різання:

глибина різання $t = 1$ мм;

поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.;

швидкість різання $V = 160$ м/хв. = 2,67 м/с.

$n = 2,67 / (3,14 \cdot 0,056) = 15,1$ (об/с) = 911 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.27 - Таблиця режимів різання для операції

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
1	0,4	160	911/900

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 $V = 235$ м/хв. = 3,92 м/с.

$n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,056) = 22,3$ (об/с) = 1336 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4$ мм;

поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.;

швидкість різання $V = 250$ м/хв. = 4,16 м/с.

$n = 4,16 / (3,14 \cdot 0,056) = 23,6$ (об/с) = 1419 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.28 - Таблиця режимів 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	235	1336/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	250	1419/1400

Операція 8. Прорізання канавок I, II, III відрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (поз. 8).

Для прорізання канавок I, II, III обираємо відрізний різець з шириною різальної кромки 5 мм (згідно заданої ширини канавок).

Режими різання при прорізанні канавки I (ширина канавки 5 мм):

глибина різання $t = 0,5$ мм;

поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.;

швидкість різання $V = 150$ м/хв. = 2,5 м/с.

$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,052) = 15,3$ об/с = 918 об/хв.

Обираємо $n = 900$ об/хв.

Режими різання при прорізанні канавки II (ширина канавки 5 мм):

глибина різання $t = 0,25$ мм;

поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.;

швидкість різання $V = 150$ м/хв. = 2,5 м/с.

$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,050) = 15,9$ об/с = 950 об/хв.

Обираємо $n = 900$ об/хв.

Режими різання при прорізанні канавки III (ширина канавки 5 мм):

глибина різання $t = 0,7$ мм;

поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.;

швидкість різання $V = 150 \text{ м/хв.} = 2,5 \text{ м/с.}$

$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,050) = 15,9 \text{ об/с} = 950 \text{ об/хв.}$

Обираємо $n = 900 \text{ об/хв.}$

Таблиця 1.29 - Таблиця режимів різання для операції 8

Глибина різання, t , мм	Поперечна подача, S , мм/об	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
канавка I			
0,5	0,15	150	918/900
канавка II			
0,25	0,15	150	950/900
канавка III			
0,7	0,15	150	950/900

Операція 11. Чистове точіння поверхні 6 прохідним упорним лівим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, поз. 9).

Початковий діаметр дорівнює 52 мм, кінцевий діаметр – 50 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 1 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету ($\varnothing 50k6$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 1,25 \text{ мкм}$. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 1,25 \text{ мкм}$ при загальному технологічному припуску 1 мм може бути забезпечена за 2 чистові проходи [3]. Отже, для операції 11 обираємо 2 технологічні переходи (чистове та тонке точіння поверхні 6).

Розбиваємо загальний технологічний припуск наступним чином:

Таблиця 1.30

Операція 11 – чистове точіння поверхні б	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

Обираємо наступні режими різання:

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання $t = 0,6$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

швидкість різання $V = 220$ м/хв. = $3,67$ м/с.

$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,052) = 22,4$ (об/с) = 1348 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4$ мм;

поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.;

швидкість різання $V = 220$ м/хв. = $3,67$ м/с.

$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,05) = 23,3$ (об/с) = 1402 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.31 - Таблиця режимів 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	220	1348/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	220	1402/1400

Операція 13. Підрізання фасок на поверхнях 3, 4 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (поз. 9).

Для підрізання фасок на поверхнях 3, 4 обираємо наступні значення по-здовжньої подачі (S) та швидкості різання (V) (діаметр 40 - 50 мм; різець з твердосплавною пластиною Т15К6 [3]):

$$S = 0,12 \text{ мм/об.}, V = 220 \text{ м/хв.} = 3,67 \text{ м/с.}$$

Частота обертання деталі при підрізанні фаски на поверхні 3:

$$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,05) = 23,3 \text{ (об/с)} = 1402 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо $n = 1400 \text{ об/хв.}$

Частота обертання деталі при підрізанні фаски на поверхні 4:

$$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,046) = 25,4 \text{ (об/с)} = 1524 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо $n = 1400 \text{ об/хв.}$

Таблиця 1.32 - Таблиця режимів різання для операції 13

Гли- бина рі- зання, t, мм	Поздовж- ня подача, S, мм/об.	Швид- кість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обра- на)
Підрізання фаски на поверхні 3			
≤ 2	0,12	220	1402/1400
Підрізання фаски на поверхні 4			
≤ 2	0,12	220	1524/1400

Операція 14. Відрізання деталі відрізним різцем з твердосплавною пластину Т15К6 (поз. 9).

Для відрізання деталі обираємо відрізний різець з шириною різальної кромки 5 мм.

Режими різання:

поперечна подача $S = 0,08 \text{ мм/об}$ (для діаметру 50 мм згідно [3]);

швидкість різання $V = 150 \text{ м/хв.} = 2,5 \text{ м/с}$ для діаметру 50 мм згідно [3].

$$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,05) = 15,9 \text{ об/с} = 955 \text{ об/хв.}$$

Обираємо $n = 900 \text{ об/хв.}$

Таблиця 1.33 - Таблиця режимів різання для операції 14

Глибина різання, t , мм	Попере-чна подача, S , мм/об.	Швид-кість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Відрізан-ня по діаметру 50 мм	0,08	150	955/900

Операція 15. Підрізання торцевої поверхні 7 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (п. 1.4, поз. 10).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні складає 50 мм. Згідно [3] для діаметру 50 мм та чистового підрізання торця обираємо наступну поперечну подачу (S) та наступну швидкість різання (V): $S = 0,15$ мм/об., $V = 150$ м/хв. = 2,5 м/с.

Швидкість обертання деталі:

$$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,05) = 15,9 \text{ об/с} = 955 \text{ об/хв.}$$

Обираємо $n = 900$ об/хв.

Таблиця 1.34 - Таблиця режимів різання для операції 15

Глиби-на різання, t , мм	Попере-чна подача, S , мм/об.	Швид-кість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
≤ 2	0,15	150	955/900

Операція 16. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (поз. 10).

Для підрізання фаски на поверхні 6 обираємо наступні значення поздовжньої подачі (S) та швидкості різання (V) (діаметр 40 - 50 мм; різець з твердосплавною пластиною Т15К6 [3]):

$$S = 0,12 \text{ мм/об.}, V = 150 \text{ м/хв.} = 2,5 \text{ м/с.}$$

Частота обертання деталі:

$$n = 2,5/(3,14 \cdot 0,046) = 17,3 \text{ об/с} = 1038 \text{ об/хв.}$$

Обираємо $n = 900 \text{ об/хв.}$

Таблиця 1.35 - Таблиця режимів різання для операції 16

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
≤ 2	0,12	150	1038/900

Операція 17. Нарізання шпонкового пазу шириною 16 мм на поверхні 5 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 16 мм по ГОСТ 9140-68. Матеріал фрези – сталь Р6М5.

Операція 18. Нарізання шпонкового пазу шириною 14 мм на поверхні 4 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 14 мм по ГОСТ 9140-68. Матеріал фрези – сталь Р6М5.

При нарізанні шпонкового пазу деталь, встановлена на призмах по поверхнях 3 та 6, може здійснювати рухи поздовжньої та поперечної подачі. Кінцева шпонкова фреза, закріплена у патроні верстата, може здійснювати обертальний рух, а також переміщуватись уверх - униз. Для нарізання шпонкового пазу обираємо “маятникову” поздовжню подачу, коли загальна глибина шпонкового пазу отримується за декілька проходів при поздовжньому переміщенні деталі відносно фрези, що обертається. При цьому після кожного проходу здійснюється врізання фрези у метал на задану глибину та змінюється напрямок поздовжньої подачі. Така схема обробки використовується у крупносерійному та масовому виробництві, оскільки забезпечує високу стійкість інструмента та високу стабільність розмірів шпонкового пазу.

Максимально допустима швидкість різання (м/хв.) при фрезеруванні визначається за формулою [4]:

$$V_{\max} = (C_V \cdot D^q \cdot K_V) / (T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot b^u), \quad (1.4)$$

де C_V , x , y , q , m , u – коефіцієнти, що залежать від умов обробки;

T – стійкість фрези у хвиликах;

b – ширина шпонкового пазу, мм;

D – діаметр фрези, мм;

t – глибина різання, мм;

$S = S_z$ – поздовжня подача, мм/зуб.

K_V – коефіцієнт запасу, який враховує механічні властивості матеріалів, що обробляються; для матеріалів з межею міцності менше 600 МПа $K_V = 1,5$ [4].

Для розрахунку максимально допустимої швидкості різання прийняті наступні значення параметрів, що входять у формулу (1.4):

$C_V = 48$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$q = 0,45$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$x = 0,5$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$y = 0,5$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$u = 0,1$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$m = 0,33$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4].

Таблиця 1.36

b , мм	D , мм	t , мм	$S = S_z$, мм/зуб	T , хв.
16	16	0,4	0,4	120
14	14	0,4	0,4	120

Ширина шпонкового пазу (b) вказана на робочому кресленні деталі. Діаметр кінцевої фрези (D) дорівнює ширині шпонкового пазу (b). Глибина різання за один прохід (t) для фрезерування з “маятниковою” подачею прийнята згідно рекомендацій [4] однаковою для усіх проходів. Поздовжня подача ($S = S_z$) прийнята залежно від діаметра фрези (D) та глибини різання (t) згідно рекомендацій [4]. Стійкість фрези прийнята 120 хвилин згідно рекомендацій [4].

Максимально допустима швидкість різання для фрези діаметром $D = 16$ мм:

$$V_{\max} = (48 \cdot 16^{0,45} \cdot 1,5) / (120^{0,33} 0,4^{0,5} 0,4^{0,5} 16^{0,1}) = 97,8 \text{ (м/хв.)} = 1,63 \text{ (м/с)}.$$

Максимально допустима швидкість різання для фрези діаметром $D = 14$ мм:

$$V_{\max} = (48 \cdot 16^{0,45} \cdot 1,5) / (120^{0,33} 0,4^{0,5} 0,4^{0,5} 14^{0,1}) = 99,2 \text{ (м/хв.)} = 1,65 \text{ (м/с)}.$$

Максимально допустима частота обертання фрези визначається за формулою (1) [3]:

$$n_{\max} = V_{\max} / (\pi D). \quad (1.5)$$

Максимально допустима частота обертання фрези діаметром

$$D = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}:$$

$$n_{\max} = 1,63 / (3,14 \cdot 0,016) = 32,4 \text{ (об/с)} = 1946 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймаємо $n = 1000$ (об/хв.).

Максимально допустима частота обертання фрези діаметром

$$D = 14 \text{ мм} = 0,014 \text{ м}:$$

$$n_{\max} = 1,65 / (3,14 \cdot 0,014) = 37,5 \text{ (об/с)} = 2252 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймаємо $n = 1000$ (об/хв.).

Швидкість поздовжнього переміщення стола горизонтально-фрезерного верстата, на якому встановлено деталь, визначається за формулою [4] (мм/хв.):

$$v = S_z \cdot n \cdot z, \quad (1.6)$$

де S_z – поздовжня подача; $S_z = 0,4$ мм/зуб;

n – частота обертання фрези, об/хв.; $n = 1000$ об/хв.;

z – ефективна кількість зубів фрези; для кінцевої шпонкової фрези $z = 2$ (ГОСТ 9140-68).

$$v = 0,4 \cdot 1000 \cdot 2 = 800 \text{ (мм/хв.)} = 0,8 \text{ (м/хв.)}.$$

Приймаємо швидкість поздовжнього переміщення стола горизонтально-фрезерного верстата $v = 800$ (мм/хв.) = 0,8 (м/хв.).

Подачу при врізанні фрези на глибину різання приймаємо $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб [4].

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання визначається за наступною формулою (мм/хв.):

$$v_{вр} = S_{вр} \cdot n \cdot z, \quad (1.7)$$

де $S_{вр}$ – подача при врізанні фрези на глибину різання;

$$S_{вр} = 0,01 \text{ мм/зуб};$$

n – частота обертання фрези, об/хв.; $n = 1000$ об/хв.;

z – ефективна кількість зубів фрези; для кінцевої шпонкової фрези $z = 2$ (ГОСТ 9140-68).

$$v_{вр} = 0,01 \cdot 1000 \cdot 2 = 20 \text{ (мм/хв.)} = 0,02 \text{ (м/хв.)}.$$

Приймаємо швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання $v_{вр} = 20 \text{ (мм/хв.)} = 0,02 \text{ (м/хв.)}$.

Таблиця 1.37 - Таблиця режимів різання для операцій 17, 18

Глибина різання за один прохід, t , мм	Подача, S_z , мм/зуб	Частота обертання фрези, n , об/хв.	Швидкість поздовжнього переміщення стола, v , м/хв.	Подача при врізанні на глибину різання, $S_{вр}$, мм/зуб	Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання, $v_{вр}$, м/хв.
0,4	0,4	100	0,8	0,01	0,02
		0			

Примітка:

1. Кількість проходів при нарізанні шпонкового пазу на поверхні 5 дорівнює 15. Глибина різання на усіх проходах складає 0,4 мм.

2. Кількість проходів при нарізанні шпонкового пазу на поверхні 4 дорівнює 14. Глибина різання на усіх проходах, окрім останнього проходу, дорівнює 0,4 мм. Глибина різання на останньому проході дорівнює 0,3 мм

1.5.2. Маршрутно-операційна технологія обробки деталі

Операція 1. Підрізання торцевої поверхні 1 прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6 (позиція 1).

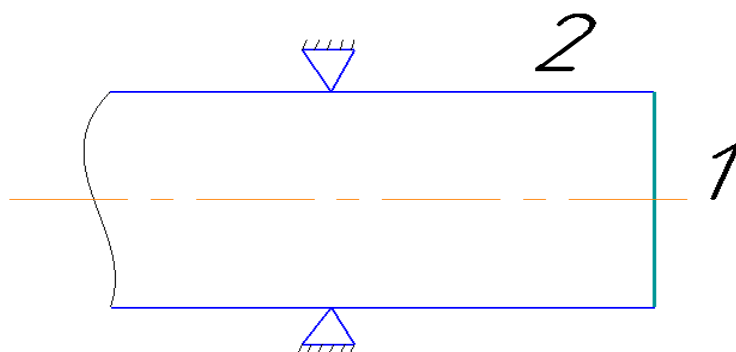


Рисунок 1.25 - Позиція 1

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі у патроні токарського верстата по циліндричній поверхні 2 діаметром 60 мм.

Технологічний перехід 2. Підрізання торцевої поверхні 1 прохідним упорним правим різцем: $t \leq 2$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Операція 2. Виконання центрувального отвору на поверхні 1 центрувальним свердлом зі сталі Р6М5 (позиція 2): поздовжня подача $S = 0,05$ мм/об.; $n = 150$ об/хв. (попередньо переключити частоту обертання патрону верстата з 900 на 150 об/хв.). Діаметр центрувального отвору – 4 мм.

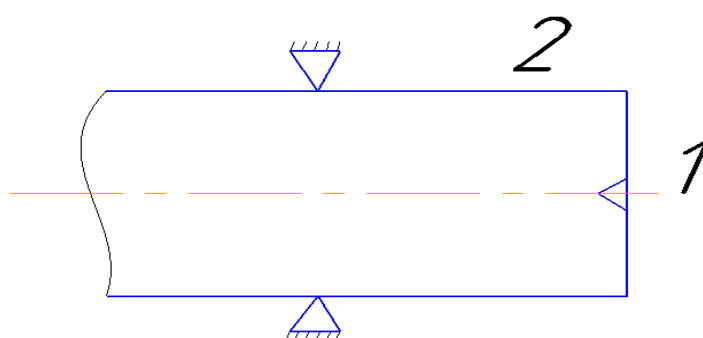


Рисунок 1.26 - Позиція 2

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 250 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6.

Технологічний перехід 1. Встановлення та закріплення деталі. З лівої сторони деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (позиція 3).

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 250 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.; $n = 900$ об/хв. (попередньо переключити частоту обертання патрону верстата зі 150 до 900 об/хв.).

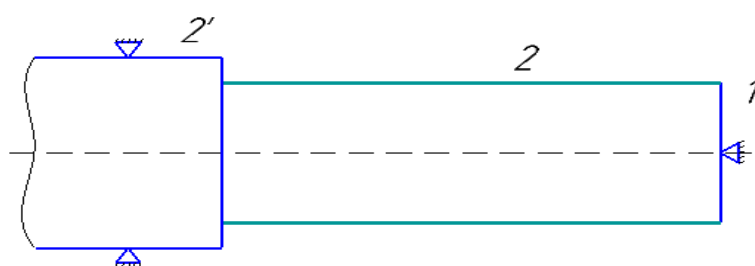


Рисунок 1.27 - Позиція 3

Операція 4. Чорнове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 4).
Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

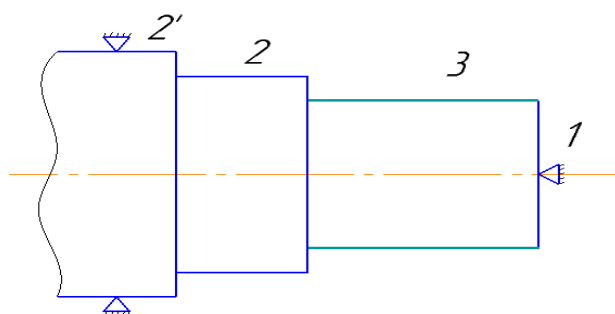


Рисунок 1.28 - Позиція 4

Операція 5. Чорнове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 5).
Режими різання: $t = 1$ мм; поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

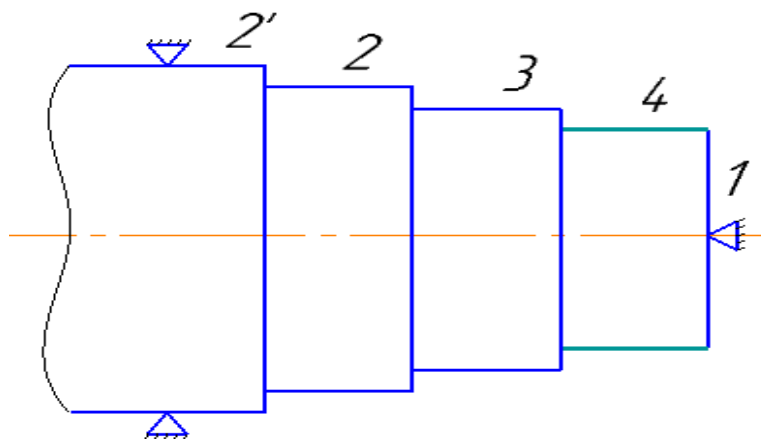


Рисунок 1.29 - Позиція 5

Операція 6. Підрізання канавки з лівого кінця поверхні 2 відрізним різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 6).

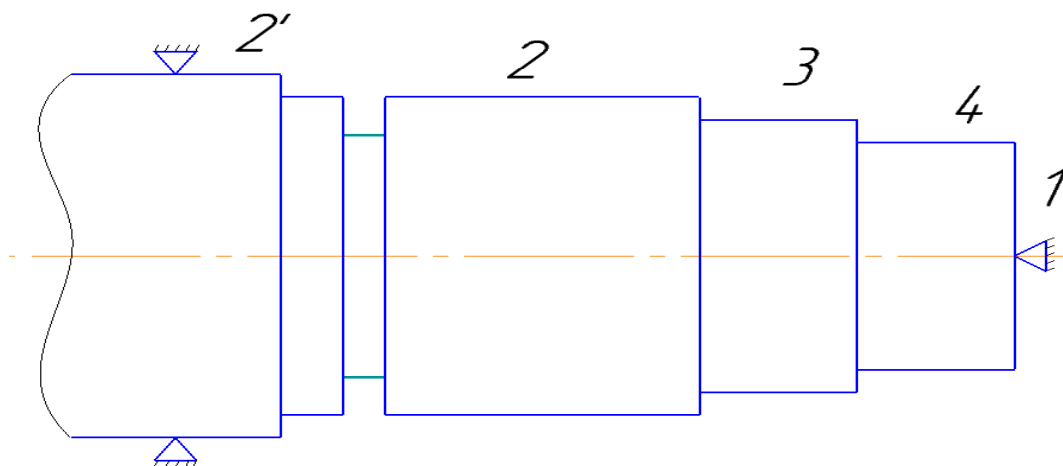


Рисунок 1.30 - Позиція 6

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення відрізного різця).

Технологічний перехід 2. Підрізання канавки. Загальна ширина канавки дорівнює 14 мм. Канавка прорізається за 3 проходи різцем з шириною різальної

кромки 5 мм. Режими різання: $t = 4$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Операція 7. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 100 мм прохідним упорним лівим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 7).

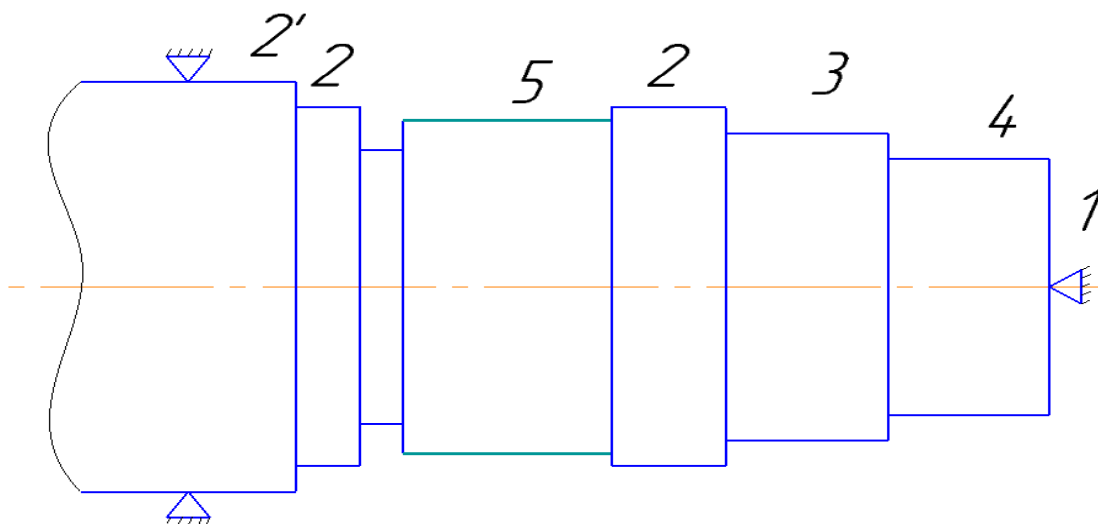


Рисунок 1.31 - Позиція 7

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення прохідного упорного лівого різця).

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 100 мм прохідним упорним лівим різцем. Режими різання: $t = 1$ мм; поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Операція 8. Прорізання канавок I, II, III відрізним різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 8).

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення відрізного різця з шириною різальної кромки 5 мм).

Технологічний перехід 2. Прорізання канавки I: $t = 0,5$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Технологічний перехід 3. Прорізання канавки II: $t = 0,25$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Технологічний перехід 4. Прорізання канавки III: $t = 0,7$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

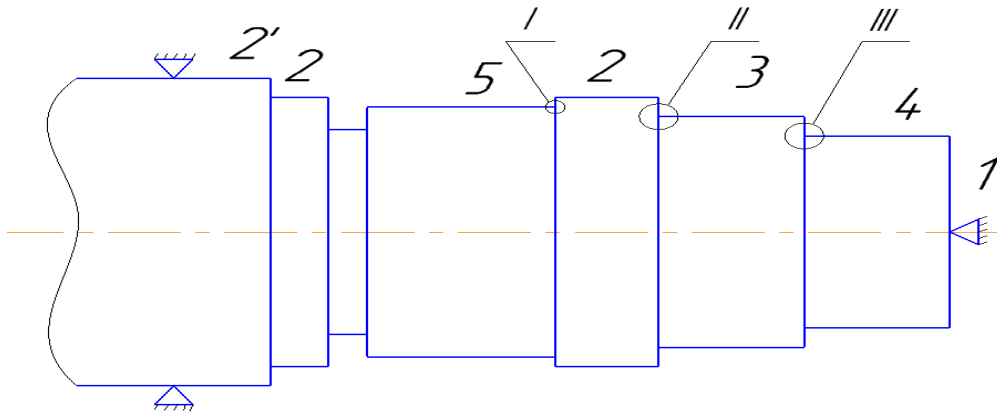


Рисунок 1.32 - Позиція 8

Операція 9. Чистова обробка поверхні 4 прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 9).

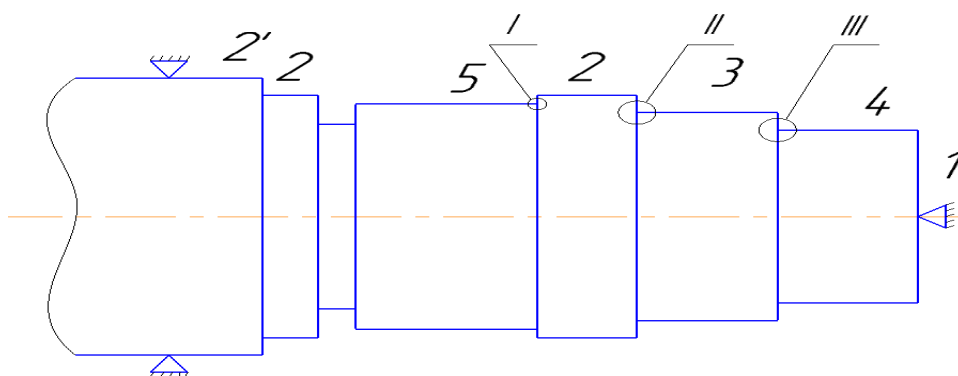


Рисунок 1.33 - Позиція 9

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення прохідного упорного правого різця).

Технологічний перехід 2. Чистове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв. (попередньо переключити швидкість обертання патрону верстата з 900 до 1400 об/хв.).

Технологічний перехід 3. Тонке точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 10. Чистова обробка поверхні 3 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 9).

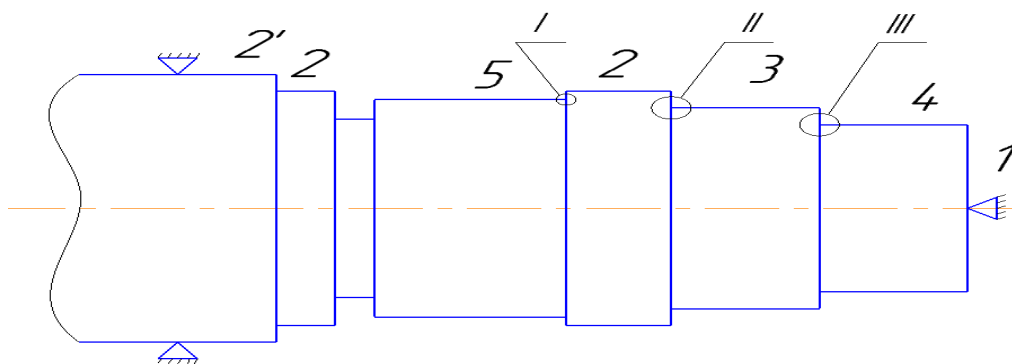


Рисунок 1.34 - Позиція 9

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 11. Чистова обробка поверхні 6 прохідним упорним лівим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 9).

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення прохідного упорного лівого різця).

Технологічний перехід 2. Чистове точіння поверхні 6 прохідним упорним лівим різцем: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 3. Тонке точіння поверхні 6 прохідним упорним лівим різцем: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

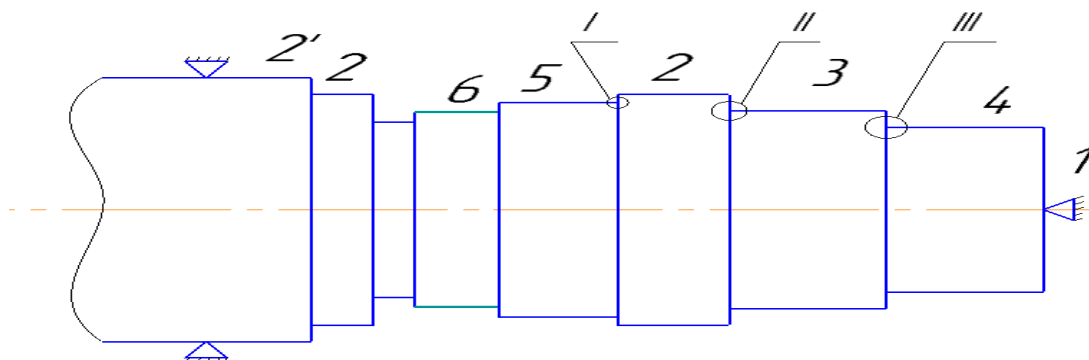


Рисунок 1.35 - Позиція 9

Операція 12. Чистова обробка поверхні 5 прохідним упорним лівим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 9).

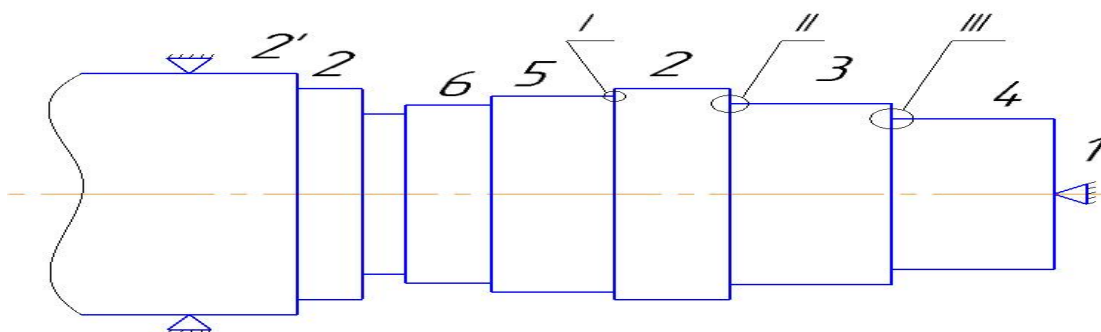


Рисунок 1.36 - Позиція 9

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 5 прохідним упорним лівим різцем: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 5 прохідним упорним лівим різцем: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 13. Підрізання фасок на поверхнях 3, 4 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 9).

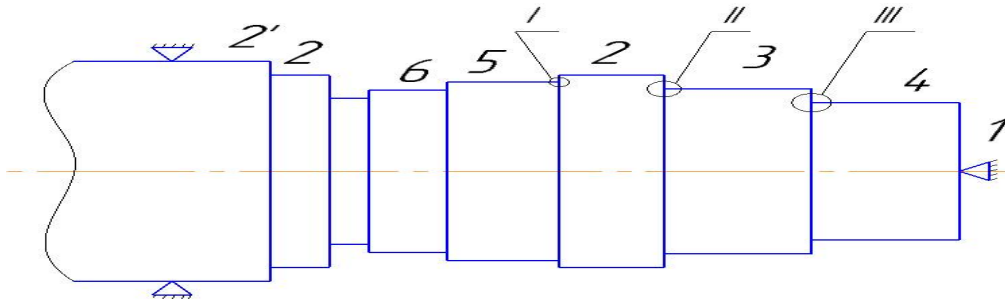


Рисунок 1.37 - Позиція 9

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення прохідного відігнутого правого різця).

Технологічний перехід 2. Підрізання фаски на поверхні 3: $t \leq 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 3. Підрізання фаски на поверхні 4: $t \leq 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 14. Відрізання деталі відрізним різцем з твёрдосплавною пластинною Т15К6 (позиція 9, відрізання здійснюється по канавці між поверхнями 2 та 6). Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (позиція 9).

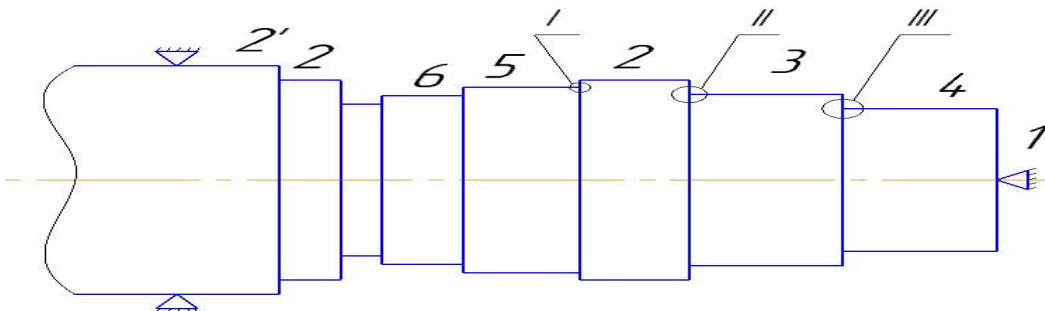


Рисунок 1.38 - Позиція 9

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення відрізного різця).

Технологічний перехід 2. Відрізання деталі по канавці між поверхнями 2 та 6: поперечна подача $S = 0,08$ мм/об.; $n = 900$ об/хв. (попередньо переключити швидкість обертання патрону верстата з 1400 на 900 об/хв.).

Операція 15. Підрізання торцевої поверхні 7 прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6.

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі у патроні токарського верстата по поверхні 2 (позиція 10).

Технологічний перехід 2. Заміна різця (встановлення прохідного упорного правого різця).

Технологічний перехід 3. Підрізання торцевої поверхні 7 прохідним упорним правим різцем: $t \leq 2$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

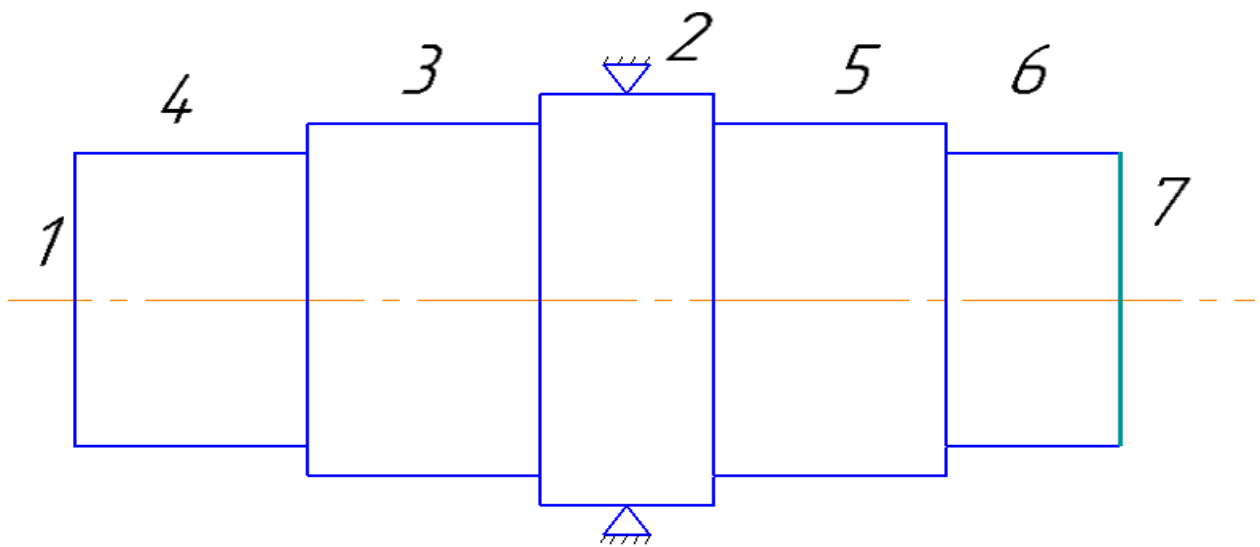


Рисунок 1.39 - Позиція 10

Операція 16. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 2 (позиція 10).

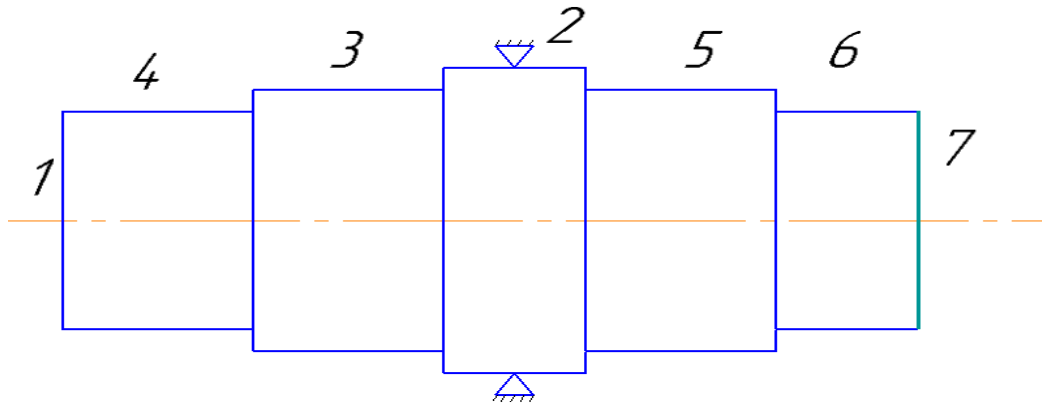


Рисунок 1.40 - Позиція 10

Технологічний перехід 1. Заміна різця (встановлення прохідного відігнутого правого різця).

Технологічний перехід 2. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем: $t \leq 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Технологічний перехід 3. Зняття деталі.

Операція 17. Нарізання шпонкового пазу шириною 16 мм на поверхні 5 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 16 мм по ГОСТ 9140-68. Матеріал фрези – сталь Р6М5.

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі на призми по поверхнях 3 та 6 (позиція 11).

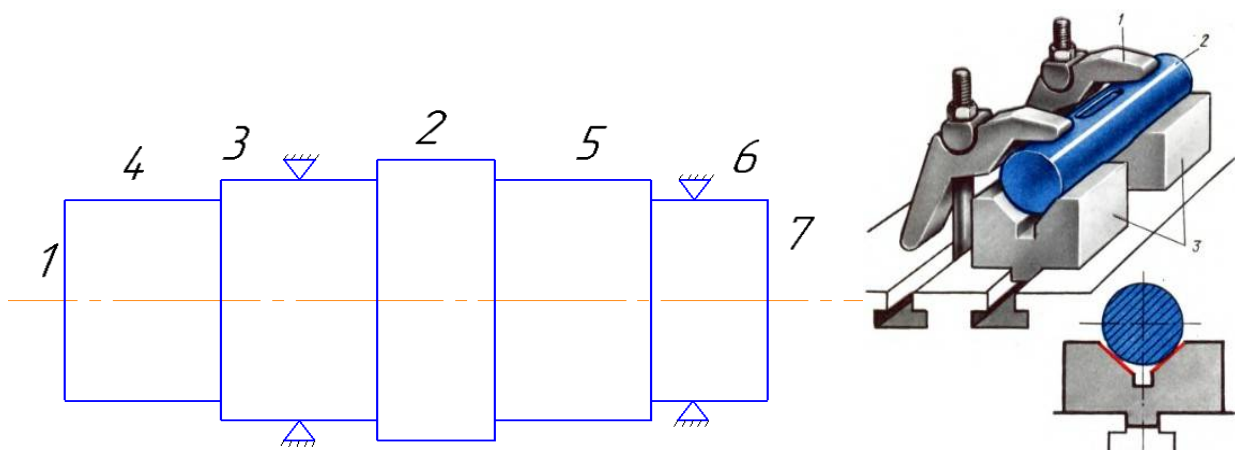


Рисунок 1.41 - Позиція 11: 1 – затискачі; 2 – деталь; 3 – призми

Технологічний перехід 2. Встановлення фрези у діаметральній площині вала (позиція 12). Спочатку фреза підводиться до вала до забезпечення дотику її торцевої поверхні з поверхнею вала (на позиції 12 це положення фрези вказано пунктирною лінією). Потім фреза піднімається уверх та зміщується у бік деталі на відстань S , яка дорівнює: $S = D/2 + d/2$ (позиція 12), де D – діаметр фрези ($D = 16$ мм); d – діаметр вала. Для поверхні 5 $d = 52$ мм, отже $S = 8 + 26 = 34$ мм.

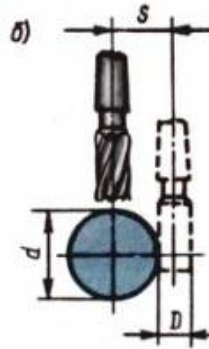


Рисунок 1.42 - Позиція 12: встановлення фрези у діаметральній площині вала

Технологічний перехід 3. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 1. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 4. Врізання фрези у деталь та виконання проходу

№ 2. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 5. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 3. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 6. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 4. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 7. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 5. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 8. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 6. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 9. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 7. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 10. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 8. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 11. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 9. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 12. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 10. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 13. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 11. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 14. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 12. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 15. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 13. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 16. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 14. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 17. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 15. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Операція 18. Нарізання шпонкового пазу шириною 14 мм на поверхні 4 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 14 мм по ГОСТ 9140-68. Матеріал фрези – сталь Р6М5.

Технологічний перехід 1. Заміна фрези (встановлення замість фрези діаметром 16 мм фрези діаметром 14 мм).

Технологічний перехід 2. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 1. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 4. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 2. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 5. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 3. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 6. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 4. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 7. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 5. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 8. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 6. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 9. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 7. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 10. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 8. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 11. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 9. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 12. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 10. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 13. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 11. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 14. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 12. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 15. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 13. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,4$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (справа - наліво): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 16. Врізання фрези у деталь та виконання проходу № 14. Режими різання:

Частота обертання кінцевої шпонкової фрези: $n = 1000$ об/хв.

Глибина різання: $t = 0,3$ мм.

Подача при врізанні на глибину різання: $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб.

Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання: $v_{вр} = 0,02$ м/хв.

Поздовжня подача (зліва - направо): $S_z = 0,25$ мм/зуб.

Швидкість поздовжнього переміщення стола, на якому встановлена деталь: $v = 0,8$ м/хв.

Технологічний перехід 17. Виключення верстата та зняття деталі з верстата.

1.6 Гартування та відпуск валів

1.6.1 Технологія термічної обробки.

Графік режиму термічної обробки валів наведено на рис. 1. Вали нагрівають до температури гартування 820°C , витримують при цій температурі 15 хвилин і охолоджують у воді. Після гартування вали відпускають при температурі 550°C . Тривалість витримки валів при 550°C – 30 хвилин.

Вихідна структура валів – дрібнозернистий перліт + ферит (рис. 1.44). Збільшення зерна не відбувається, оскільки заготовки при обробці не нагріваються (деталі отримують механічною обробкою круглого прокату). При нагріванні до температури гартування (820°C) протікає повна фазова перекристалізація і утворюється дрібнозернистий аустеніт (А). У процесі гартування валів із дрібнозернистого аустеніту утворюється дрібноголчастий мартенсит гарту (M_T) (рис. 3). У процесі відпуску мартенсит гарту (M_T) розпадається, і утворюється сорбіт відпуску (рис. 1.46). Сорбіту відпуску відповідає твердість 28 - 30 HRC.

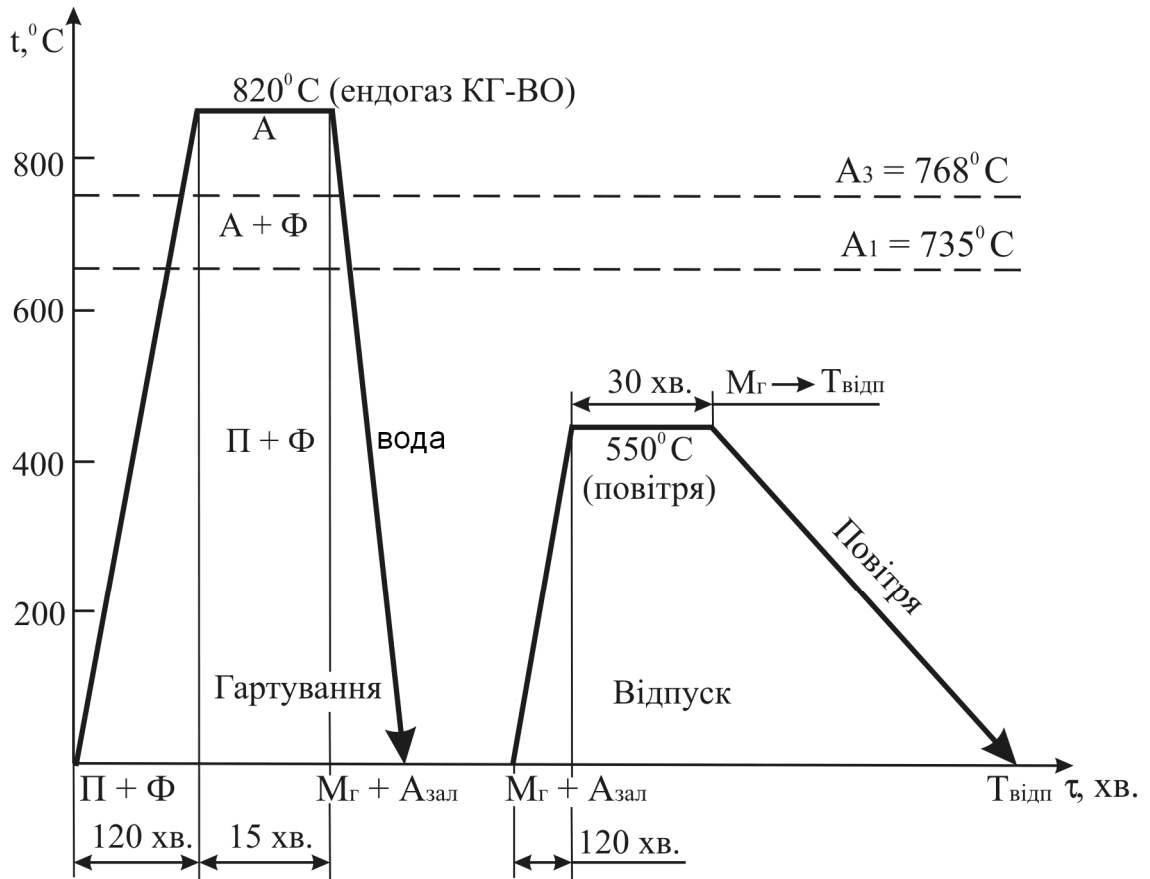


Рисунок 1.43 - Графік режиму термічної обробки валів із сталі 45

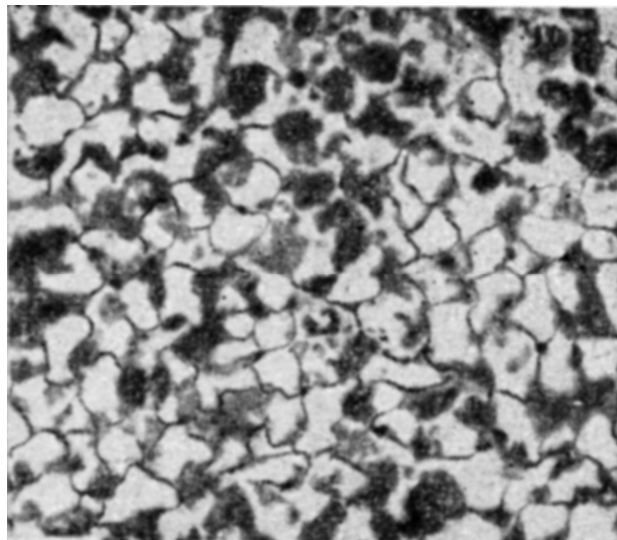


Рисунок 1.44

Вихідна дрібнозерниста структура валів, отриманих механічною обробкою круглого прокату: перліт + ферит, $\times 300$

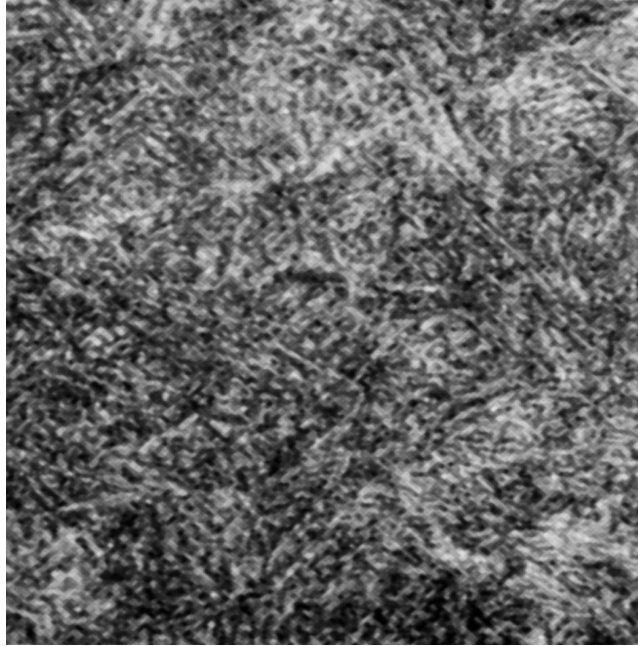


Рисунок 1.45

Мікроструктура валів після гартування від температури 820°C:
дрібноголчастий мартенсит, ×500

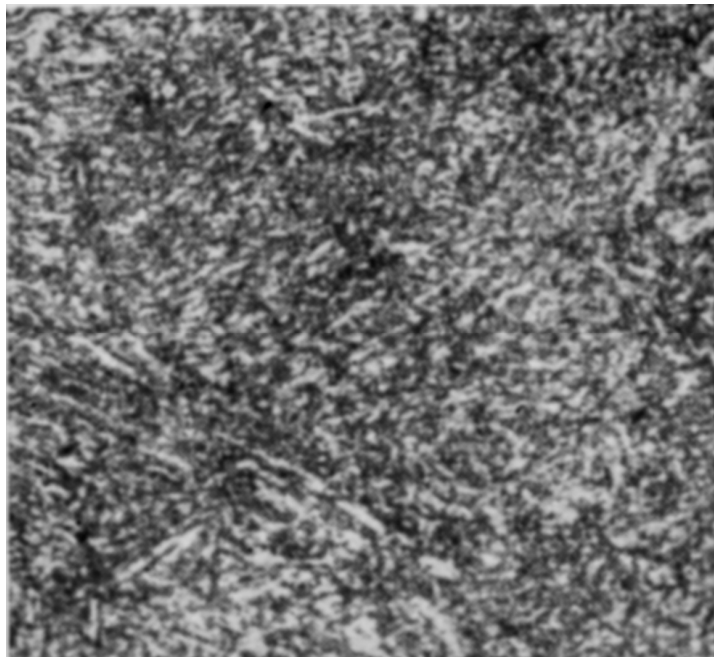


Рисунок 1.46

Мікроструктура валів після відпуску
при температурі 550°C протягом 30 хвилин: сорбіт відпуску, ×500

Для термічної обробки валів доцільно використовувати спеціалізовані гартувально-відпускні агрегати на базі механізованих камерних електропічей. До складу таких агрегатів входять дві камерні пічі (одна для гартування, друга – для відпуску) та гартівний бак з водою.

Основні технологічні переходи гартування та відпуску валів у гартувально-відпускному агрегаті на базі двох механізованих камерних електропічей:

1. Завантаження валів на піддоні у гартівну піч (за один цикл обробки завантажується один піддон). Температура робочого простору пічі 850°C. Захисне газове середовище – ендогаз КГ-ВО.
2. Нагрівання валів до температури гартування – 820°C.
3. Витримка валів при температурі гартування 15 хвилин.
4. Вивантаження піддону з валами з гартівної пічі.
5. Занурення піддону з деталями у гартівний бак з водою.
6. Витримка валів у гартівному баку 10 хвилин. Температура води до занурення деталей у бак – 20 - 25°C, після занурення деталей – не більше 60°C.
7. Підйом піддону з валами з гартівного баку.
8. Завантаження піддону з валами у відпускну піч. Робоче середовище пічі – повітря.
9. Нагрівання валів до температури відпуску – 550°C.
10. Витримка валів в пічі при температурі 550°C (30 хвилин).
11. Вивантаження піддону з валами з відпускної пічі. Охолодження валів разом з піддоном на повітрі.

1.6.2 Контроль якості термічної обробки.

Перелік дефектів, що виникають при термічній обробці валів, наведено в табл. 1. Найбільш поширеними є дефекти, викликані порушенням режимів нагрівання або охолодження:

1. Зовнішні та внутрішні тріщини виникають при неправильно обраному охолоджувальному середовищі або при перегріві сталі вище оптимальної температури гартування.

2. Знеуглецьований шар – дефект, викликаний вигоранням вуглецю в поверхневих шарах металу. Призводить до пониження твердості і втомної міцності. Знеуглецьований шар утворюється при нагріванні сталі в окислювальному середовищі.

3. Перегрів виникає при нагріванні сталі до температур, значно вищих за оптимальну температуру гартування. Він призводить до зростання аустенітного зерна (рис. 5) та утворення крупногочастого мартенситу. При повільному охолодженні сталі утворюються крупні зерна перліту та фериту. Перегріта сталь характеризується крупним зерном і низькими механічними властивостями.

4. Перепал – окислення або оплавлення границь зерен. Перепал утворюється при перегріві сталі до температур близьких до точки солідус. При цьому метал повністю втрачає міцність та пластичність.

Таблиця 1.38 - Таблиця дефектів термічної обробки валів

Вид дефекту	Причина утворення	Спосіб виявлення	Спосіб попередження	Спосіб усунення
Гартівні тріщини	Перегрів сталі вище оптимальної температури гартування	Зовнішній огляд; магнітопорошкова дефектоскопія	Автоматичний контроль температури печі з точністю ± 10 град.	Не усувається
Крупнозернистість (утворюється крупногочастий мартенсит)	Перегрів сталі вище оптимальної температури гартування	Металографічний аналіз; травник – 4%-й розчин азотної кислоти в етиловому спирті	Автоматичний контроль температури печі ± 10 град.	Повторне гартування + відпуск
Наявність структурно вільного фериту	Недогрів сталі до аустенітного стану; гартування з області аустеніт + ферит	Вимірювання твердості; металографічний аналіз	Автоматичний контроль температури печі ± 10 град.	Повторне гартування + відпуск
Знеуглецьований шар	Нагрів в окислювальному середовищі; перегрів сталі.	металографічний аналіз	Нагрівання деталей в захисному газовому середовищі	Не усувається
Надмірно висока твердість (недовідпуск)	Недогрів до оптимальної температури відпуску; недостатня витримка при температурі відпуску	Вимірювання твердості	Контролювати температуру відпускну печі; збільшити час витримки деталей при температурі відпуску	Повторний відпуск

5. Недовідпуск – надмірно висока твердість відпущеної після гартування сталі.
Недовідпущена сталь має трооститну або троосто-мартенситну струру (рис.1.47).

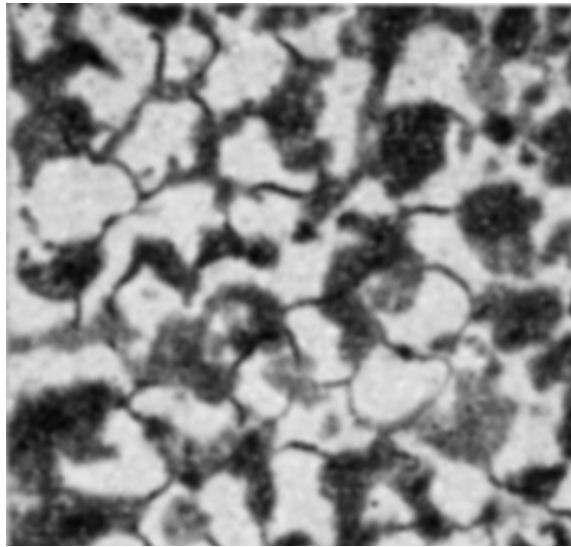


Рисунок 1.47

Крупнозерниста мікроструктура сталі 45 при перегріві і наступному повільному охолодженні: перліт + ферит, $\times 300$

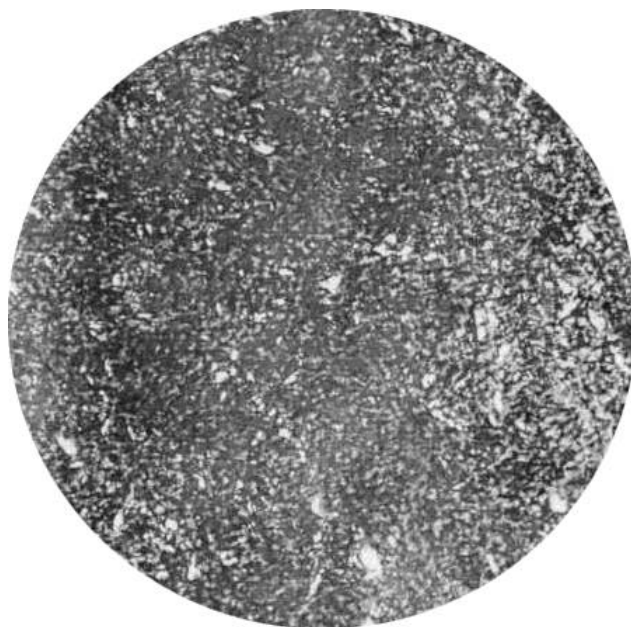


Рисунок 1.48

Неякісно відпущена сталь 45 з трооститною структурою, $\times 200$

2 РОЗРАХУНОК ЗАТИСКНОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИ ЗАКРІПЛЕННІ ДЕТАЛІ НА ОПЕРАЦІЇ НАРІЗАННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ

2.1 Методика розрахунку зусилля закріплення деталі.

На рис. 2.1 наведено розрахункову схему для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою. Деталь встановлюється у двох призмах. Ліва призма є нерухомою, права призма – рухомою. До правої призми прикладається зусилля закріплення Q .

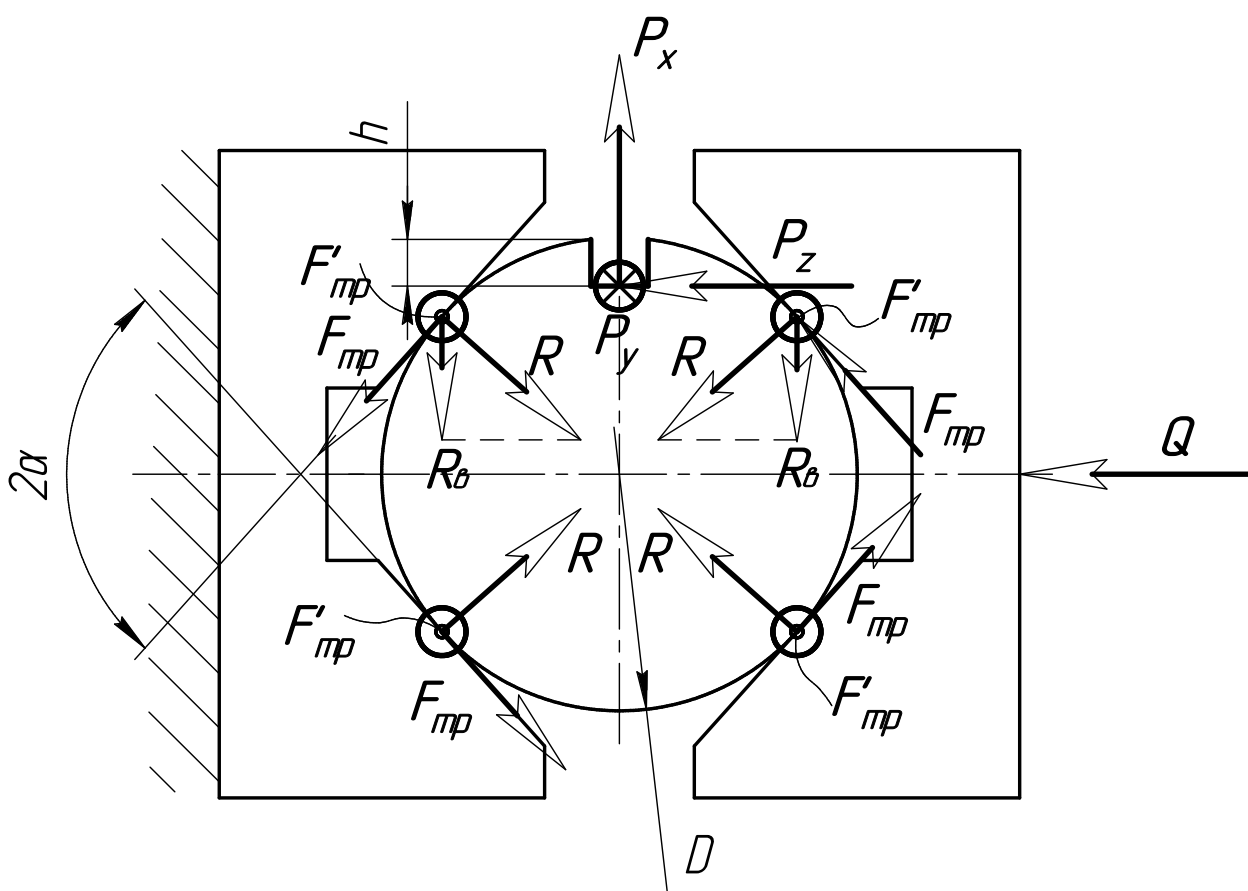


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою

Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою наведено на рис. 2.2. Вона відповідає розрахунковій схемі, наведеній на рис. 2.1.

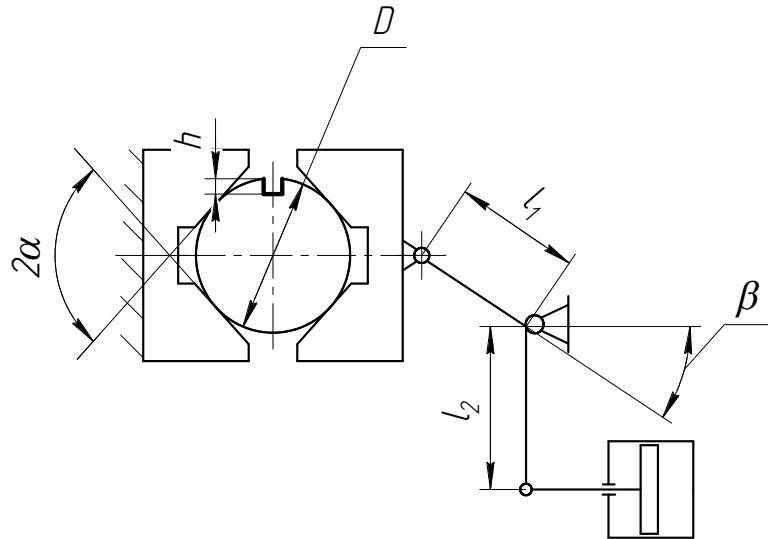


Рисунок 2.2 - Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою

На деталь зі сторони інструменту діють наступні сили різання: тангенціальна P_z , радіальна P_x , головна P_y .

Головна сила P_y намагається здвинути деталь вздовж вісі y . Цьому протидіють сили тертя $F'_{тр}$, які виникають у точках дотику деталі з призмами. Рівняння рівноваги має наступний вигляд:

$$P_y = 4F'_{тр} \quad (2.1)$$

Якщо виразити силу тертя $F'_{тр}$ через реакції R у точках дотику деталі з призмами, враховуючи, що $R = \frac{Q}{2 \cdot \sin \alpha}$, отримаємо рівняння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_y :

$$P_y = 4fR = \frac{4 \cdot f \cdot Q_y}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{2 \cdot f \cdot Q_y}{\sin \alpha}, \quad (2.2)$$

де f – коефіцієнт тертя.

Звідки

$$Q_y = \frac{P_y \sin \alpha}{2 \cdot f}. \quad (2.3)$$

Тангенціальна сила P_z створює крутний момент з плечем $(D/2-h)$, який намагається повернути деталь відносно вісі y . Цьому протидіє момент сил тертя $F_{тр}$, які виникають у точках дотику деталі з призмами і мають плече $D/2$. Рівняння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_z можна отримати з рівняння рівноваги моментів:

$$P_x(D/2-h) = 4F_{тр}D/2 = 4fRD/2 = \frac{4 \cdot f \cdot Q_z \cdot D}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{f \cdot Q_x \cdot D}{\sin \alpha}. \quad (2.4)$$

Звідки

$$Q_z = \frac{P_z \sin \alpha (D/2 - h)}{2 \cdot f \cdot D}, \quad (2.5)$$

Радіальна сила P_x намагається змістити деталь уверх. Цьому протидіють вертикальні складові R_v реакцій R в точках дотику деталі з верхніми частинами призми. Рівняння для розрахунку складової зусилля закріплення Q_x можна отримати з рівняння моментів:

$$P_x = 2Q_v. \quad (2.6)$$

Із силового трикутника у точці дотику деталі з призмами витікає наступне співвідношення:

$$Q_v = \frac{Q}{2} \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.7)$$

Тоді

$$P_x = 2 \frac{Q_x}{2} \operatorname{tg} \alpha = Q_x \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.8)$$

Звідки

$$Q_x = P_x / \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.9)$$

Сумарне зусилля закріплення визначається за формулою:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_z^2 + Q_y^2} \cdot K. \quad (2.10)$$

де K – коефіцієнт запасу для зусилля закріплення.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.11)$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

K_2 – коефіцієнт, що залежить від прогресуючого затуплення інструменту у процесі різання; $K_2 = 1,6$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастий режим різання; $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує вид затискного пристрою; $K_4 = 1,3$ (для закріплення деталі у призмах);

K_5 – коефіцієнт, що характеризує ефективність затискання; $K_5 = 1,0$;

K_6 – коефіцієнт, що характеризує наявність моментів, які прагнуть розвернути заготовку відносно базових поверхонь; $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 4,49.$$

Для розрахунку зусилля на приводі W складемо рівняння рівноваги моментів сил, що діють на важіль (рис. 2.3).

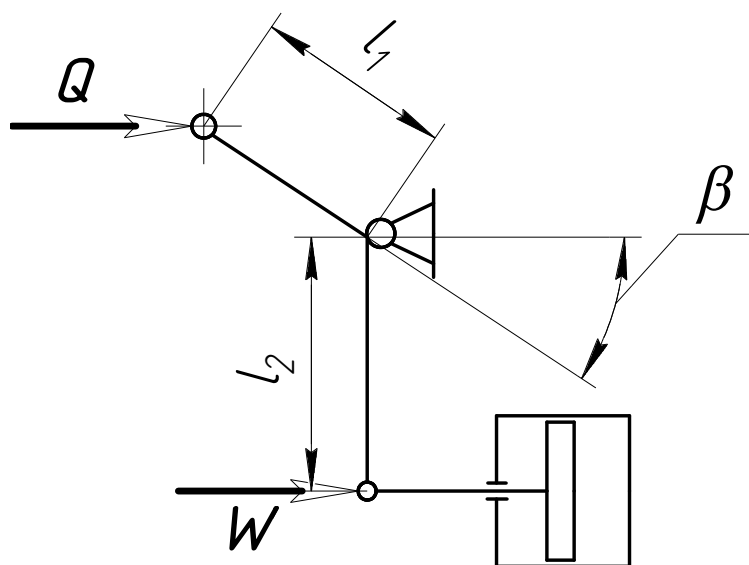


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема для визначення зусилля на приводі

Рівняння рівноваги моментів сил, що діють на важіль, має наступний вигляд:

$$Ql_1 \sin \beta = Wl_2, \quad (2.12)$$

Звідки

$$W = Ql_1 \sin \beta / l_2. \quad (2.13)$$

Із розрахункової схеми на мал. 2.03 видно, що для закріплення деталі повітря слід подавати у штокову порожнину циліндра.

2.2 Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі

Головна сила різання визначається за наступною формулою:

$$P_y = [(10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot b^u \cdot z) / (D^q \cdot n^w)] \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де C_p , x , y , u , q , w , – коефіцієнти, що залежать від умов обробки;

t – глибина різання, мм; $t = 0,4$ мм;

$S = S_z$ – поздовжня подача, мм/зуб.; $S_z = 0,4$ мм/зуб.

b – ширина шпонкового пазу, мм; $b = 16$ мм;

z – кількість зубів шпонкової фрези, що приймають участь у процесі різання; $z = 2$;

D – діаметр фрези, мм; $D = 16$ мм;

n – частота обертання фрези, об/хв.; $n = 1000$ об/хв.;

K_p – поправочний коефіцієнт [4].

Для розрахунку були прийняті наступні значення коефіцієнтів та параметрів, що входять у рівняння (2.6):

$C_p = 825$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$x = 1,0$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$y = 0,75$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$u = 1,1$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$q = 1,3$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4];

$w = 0,33$ (для кінцевої шпонкової фрези зі сталі Р6М5) [4].

Поправочний коефіцієнт K_p визначається по формулі:

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{vp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\phi p} \quad (2.15)$$

Коефіцієнт $K_{\mu p}$ визначається за формулою:

$$K_{\mu p} = (\sigma_B/750)^{N_p}, \quad (2.16)$$

де σ_B – межа міцності матеріалу, що обробляється; для матеріалів з $\sigma_B < 600$ МПа приймають $\sigma_B = 600$ МПа;

N_p – показник, який залежить від типу матеріалу, що обробляється; для обробки конструкційних нелегованих вуглецевих сталей $N_p = 0,3$.

$$K_{\mu p} = (600/750)^{0,3} = 0,93.$$

Коефіцієнт K_{vp} залежить від швидкості різання та характеру обробки (чорнова, чистова). Для чистової обробки (глибина різання на прохід дорівнює 0,4 мм) та швидкості різання, що не перевищує 100 м/хв., $K_{vp} = 0,9$.

$$K_{\gamma p} = 1,3 [4];$$

$$K_{\phi p} = 1,0 [4].$$

$$K_p = 0,93 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,088.$$

Складова сили різання P_y :

$$P_y = [(10 \cdot 825 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 16^{1,1} \cdot 2) / (16^{1,3} \cdot 1000^{0,33})] \cdot 1,088 = 1072 \text{ (Н)}.$$

Складова сили різання P_x :

$$P_x = (0,35 \dots 0,4) P_y [4].$$

Приймаємо $P_x = 0,4 P_y$.

$$P_x = 428 \text{ (Н)}.$$

Складова сили різання P_z :

$$P_z = (0,2 \dots 0,3) P_y [4].$$

Приймаємо $P_z = 0,3 P_y$.

$$P_z = 321,6 \text{ (Н)}.$$

Складова зусилля закріплення Q_y ($f = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$):

$$Q_y = \frac{1072 \cdot \sin(45)}{2 \cdot 0,3} = 1263 \text{ (Н)}.$$

Складова зусилля закріплення Q_z ($f = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$; $D = 50$ мм; $h = 6$ мм):

$$Q_z = \frac{321,6 \cdot \sin(45) \cdot (50/2 - 6)}{2 \cdot 0,3 \cdot 50} = 144(\text{H}).$$

Складова зусилля закріплення Q_x ($f = 0,3$; $\alpha = 45^\circ$):

$$Q_x = 428/\text{tg}45^\circ = 428 (\text{H}).$$

Сумарне зусилля закріплення:

$$Q = \sqrt{1263^2 + 144^2 + 428^2} \cdot 4,49 = 6000(\text{H}).$$

Необхідне зусилля на пневматичному приводі ($Q = 6000 \text{ H}$; $l_1 = 300 \text{ мм}$; $l_2 = 1500 \text{ мм}$; $\beta = 30^\circ$):

$$W = 6000 \cdot 300 \cdot \sin 30 / 1500 = 600 (\text{H}).$$

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір основного технологічного обладнання.

3.1.1 Токарно-гвинторізний верстат 16К20П

Токарно-гвинторізний верстат 16К20П призначений для обробки циліндричних, конічних і складних поверхонь - як внутрішніх, так і зовнішніх, а так само для нарізування різьблення. Для обробки торцевих поверхонь заготовок застосовуються різноманітні різці, розгортки, свердла, зенкери, а так само плашки і мітчики.

З літер та цифр індекс токарно-гвинторізного верстата 16К20 позначає наступне: цифра 1 - це токарний верстат; цифра 6 - позначає токарно-гвинторізний верстат, буква К - покоління верстата, цифра 20 - висота центрів (220 мм). Наявність букви «П» в кінці індексу позначає підвищену точність.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстата 16К20П

Параметр	Чисельне значення
Діаметр обробки над станиною, мм	400
Діаметр обробки над супортом, мм	220
Відстань між центрами, мм	1000 / 1500
Клас точності по ГОСТ 8-82	П
Розмір внутрішнього конуса в шпинделі	Морзе 6 М80*
Кінець шпинделя по ГОСТ 12593-72	6К
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм	55
Максимальна маса заготовки, закріпленої в патроні, кг	300
Максимальна маса деталі, закріпленої в центрах, кг	1300

Число ступенів обертання шпинделя, шт.	23
Число ступенів частот зворотного обертання шпинделя	12
Межі частот прямого обертання шпинделя, хв^{-1}	12,5 - 2000
Межі частот зворотного обертання шпинделя, хв^{-1}	19 - 2420
Число ступенів поздовжніх подач	42
Число ступенів поперечних подач	42
Межі поздовжніх подач, мм / об.	0,7 - 4,16
Межі поперечних подач, мм / об.	0,035 - 2,08
Число нарізаються метричних різьб	45
Число нарізаються дюймових різьблень	28
Число нарізаються модульних різьб	38
Число нарізаються пітчевих різьб	37
Число різьб Архімедоваої спіралі	5
Найбільший крутний момент, кН·м	2
Найбільше переміщення пінолі, мм	200
Поперечний зсув корпусу, мм	± 15
Найбільше перетин різця, мм	25
Потужність електродвигуна головного приводу	10 кВт
Потужність електродвигуна приводу швидких переміщень супорта, кВт	0,75 или 1.1
Потужність насоса охолодження, кВт	0,12
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В), мм	2812 / 3200 x 1166 x 1324
маса верстата, кг	3035

3.1.2 Верстат універсальний фрезерний 5E32

Верстат фрезерний 5E32 є універсальним і призначений для фрезерування циліндричних прямозубих і косозубих, а так само черв'ячних коліс. Черв'ячні колеса можуть нарізатися з радіальної і осьової подачею фрези. В останньому випадку необхідний протяжної супорт, який поставляється з верстатом за спеціальним замовленням. Верстат розрахований на роботу з фрезами зі швидкорізальної сталі. На цьому верстаті також можна прорізати різні шпонкові пази.

Технічні характеристики верстата:

1. Найбільший нарізати модуль, мм:

-по чугуну – 8;

-по стали – 6.

2. Найбільший діаметр оброблюваної шестірні з прямим зубом, мм:

-з контрпіддержкою – 450;

-без контрпіддержки – 800.

3. Найбільша ширина обробки групи зубчастих коліс, мм: 280.

4. Відстань між осями столу і фрези, мм: 30 - 480.

5. Відстань від площини столу до осі фрези, мм: 190 - 525.

6. Діаметр столу, мм: 475.

7. Габарити верстата, мм:

довжина – 2390;

ширина – 1310;

висота – 2080;

вага верстата, кг: 4000.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

До роботи на металоріжучих верстатах-автоматах допускається персонал, що пройшов інструктажі (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, кнопоктощо).

1.6.2 Заземлюючих пристроїв.

1.6.3 Запобіжних пристроїв для захисту від стружки, охолоджуючих

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 забоїн, площини зівів 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, припікання.

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 лещата 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 лещат, 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.

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 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богуслаєв В. О. Основи технології машинобудування [Текст]: навч. посібник / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В. К. Яценко. — Запоріжжя: Мотор СІЧ, 2003. — 336 с.: іл. — ISBN 966-7108-70-8
2. Справочник технолога. В 2-х томах / Под ред. А.А. Панова, В.В.Аникина, Н.Г. Бойм, - 2-е изд., - М.: Машиностроение, 2004. - 784с., ил.
3. Наливайко С.О. Теоретичний посібник з дисципліни «Технологія машинобудування». – Горлівка: ГМК, 2012. – 513с.
4. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.
5. Прис Н.М. Базирование и базы в машиностроении: Методические указания к выполнению практических занятий по курсу "Основы технологи машиностроения" для студентов дневного и вечернего отделений спец. 120100 "Технология машиностроения" / Н.М. Прис. - Н.Новгород.: НГТУ, 1998. - 39 с.
6. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: Справочник / Г.А.Харламов, А.С.Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
7. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей ред. Ф.В. Новикова и А.В.Якимова. В десяти томах. – Т.
9. «Проектирование технологических процессов в машиностроении». – Одесса: ОНПУ, 2005. – 584 с.
8. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навчальний посібник/ Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук.— Ж.: ЖІТІ, 2000.— 332с. — ISBN 966-7570-07-X
9. Металорізальні інструменти [Текст] : навч. посібник. Ч. 2 /П. Р. Родін [та ін.] ; Київський політехнічний ін-т. — К. : ІСДО, 1993. — 180 с. : іл. — ISBN 5-7763-1585-4
10. Режимы резания металлов. Справочник под редакцией Ю.В.

11. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч.2. Нормативы режимов резания.- М.: Экономика, 1990.

12. Андреев, Г.И. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учебное пособие для машиностроительного производства / Г.И. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе. Под ред. Ю.М. Соломенцева,- 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1999. - 415с.

13. Никитин, В.А. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм: методические указания к лабораторному практикуму / В.А. Никитин, Золотарева А.С. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 21 с.

14. Ковальчук, Е.Р. Основы автоматизации машиностроительного производства / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др. Под ред. Ю.М. Соломенцева,- 2-е изд., исп. - М.: Высшая школа, 1999. - 312 с., ил.

15. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / Под общ. ред. С.В.Белова, 2-е изд., испр. И доп. - М.: Высшая школа, 1999.- 448 с., ил.

16. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. / П.П. Кукин, В.Л. Логин, Е.А.Подгорных и др. - М.: Высшая школа, 1999. - 318 с., ил.

17. ДСТ 3.1121-84 Загальні вимоги до комплектності і оформлення комплектів документів на типові і групові технологічні процеси (операції).

18. ДСТ 14.201-83 Забезпечення технологічності конструкції виробів. Загальні вимоги.

19. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення.

20. Методичні вказівки до виконання бакалаврських робіт освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр.