

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал»

Листів – 85, ілюстрацій – 50, таблиць – 40, графічного матеріалу – 6 аркушів формату А1.

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

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

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

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

В організаційній частині виконано технічне обладнання, а також представлені основні технічні характеристики верстатів.

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

Метод дослідження – теоретичний, графічний та розрахунковий.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	5
1.1 Аналіз призначення та умови працездатності деталі "Вал"	5
1.2 Вибір матеріалу деталі та способу отримання заготовки. Маршрутна технологія виготовлення деталі.	5
1.3 Вибір технологічних баз.	19
1.4 Проектування технологічної послідовності обраних поверхонь деталі.	20
1.5 Проектування змісту технологічних операцій.	25
1.6 Гартування та відпуск валів.	63
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	69
2.1 Розрахунок затискного зусилля при закріпленні деталі на операції нарізання шпонкового пазу.	69
2.2 Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі.	72
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	75
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
ВИСНОВКИ	84
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	85

ВСТУП

Розвиток технології обробки йде у напрямі підвищення продуктивності праці і зниження собівартості виготовлення деталей, вузлів і машин . Це здійснюється, передусім, за рахунок точності виготовлення заготовок. Чим ближче заготовка до форми готової деталі, тим менше припуск на деталі, менше треба часу для виготовлення готової деталі, менше витрати на силову енергію і т. ін. Скорочується кількість операцій, що веде за собою зменшення кількості верстатів, робітників, інструменту.

Практичному, широкому застосуванню прогресивних типів технологічних процесів оснащення і устаткування, засобів механізації і автоматизації, сприяє єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), що забезпечує для усіх підприємств і організацій системний підхід оптимізації вибору методів і засобів технологічної підготовки виробництва.

Для обробки однієї і тієї ж деталі можуть бути застосовані різні варіанти технологічного процесу, рівноцінні з точки зору технологічних вимог до виробу, але що мають значні коливання за економічними показниками.

Таким чином, завданням дипломної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал» з метою зниження собівартості виробу за рахунок виконання маршруту механічної обробки деталі.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз призначення та умови працездатності деталі "Вал"

Основними критеріями працездатності деталей групи "Вал" 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 групи "Вал" 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 табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Вимоги до механічних властивостей деталі "Вал"

σ_b , не менш, МПа	$\sigma_{0,2}$, не менш, МПа	δ , не менш, %	ψ , не менш, %	КСУ, не менш 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. 1.2, 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

C, %	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, %	KCU, 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 табл. 1.4.

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

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 поковок зі сталі 45 наведено в табл. 1.6.

Технологічні властивості сталі 45 наведено в табл. 1.7.

Дані щодо межі витривалості сталі 45 наведено в табл. 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 менш, МПа	σ_B , не менш, МПа	δ , не менш, %	ψ , не менш, %	КСУ, не менш, 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 $K_{У\text{ тв.спл.}} = 1,0$; $K_{У\text{ б.ст.}} = 1,0$.
Схильність до відпускнуї 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 – 60 мм.

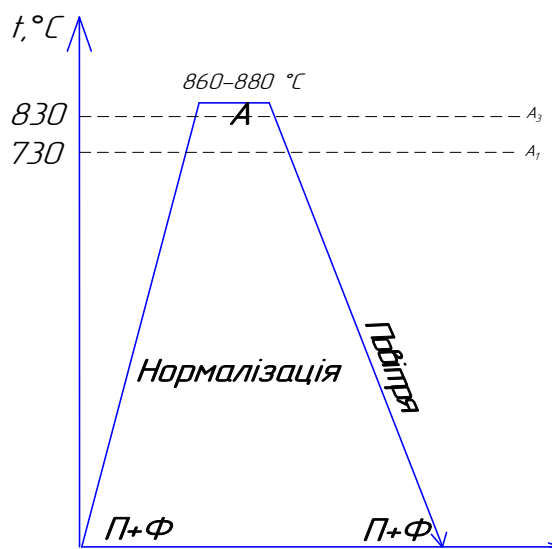
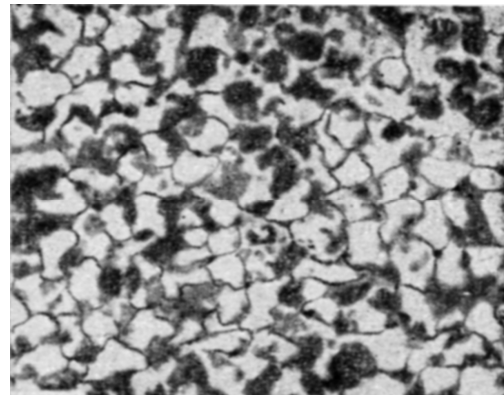


Рисунок 1.1 - Графік режиму нормалізації прокату зі сталі 45

Нормалізація – вид термічної обробки, при якому сталь нагрівають вище точки A_{c3} на $30 - 50^\circ\text{C}$, 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 (рис. 1.2).



а



б

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 спонтанно, оскільки при цьому зменшується сумарна площа поверхні зерен (зменшується поверхнева енергія) [1]. При нагріванні до температури вище точки A_{c3} на $30 - 50^{\circ}\text{C}$ 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. 1.3. 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.

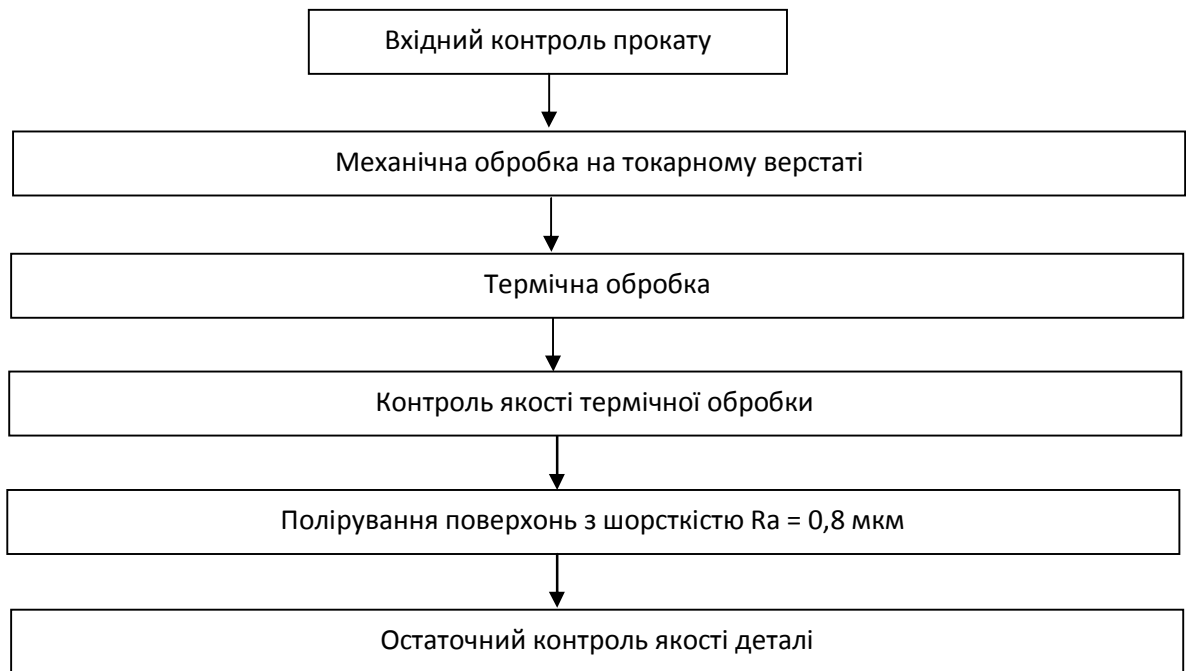


Рисунок 1.3 - Маршрутна технологія виготовлення деталі “Вал”

При вхідному контролі прокату із Сталі 45 перевіряються наступні параметри:

- хімічний склад;
- твердість (НВ);
- механічні властивості ($\sigma_{0,2}$, σ_B , $\tau_{зс}$, $\sigma_{ст}$, δ , ψ , a_H);
- 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 табл. 1.2. Структура сталі – ферит + перліт. Не допускається наявність волокнистої текстури матеріалу та відманштеттової 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.

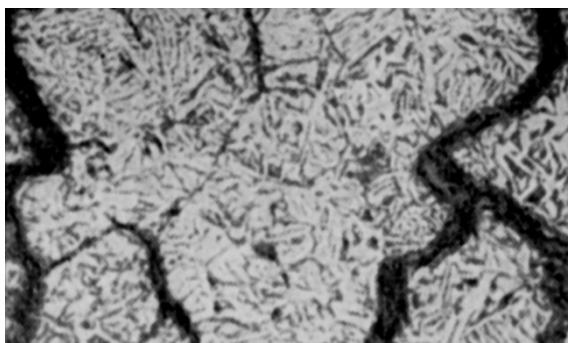


Рисунок 1.4 - Перепал в сталі 45, $\times 250$

На поверхні прокату із сталі 45 не допускаються тріщини, закати, волосовини, плени, пісочини, раковини, вдавнена окалина, розшарування.

Неглибокі риси видаляються зачищенням або шліфуванням: на прокаті діаметром або товщиною більше 90 мм – в межах допустимого відхилення на діаметр або товщину прокату, на прокаті діаметром або товщиною менше 90 мм – в межах половини допустимого відхилення на діаметр або товщину прокату. Вирубка поверхневих дефектів не допускається.

Товщина 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. 1.5).

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; ліквация по шкалі № 4 – не більше бала 2.

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



Рисунок 1.5 - Знеуглецьований шар на поверхні прокату із сталі 45,
×150

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 зі 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 попереднього перерізу, см ²	Маса 1 м прокату, кг
	А	Б	В		
60	+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
60	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:

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

де D – діаметр прутка, з якого виготовляється вал; $D = 60$ мм;

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

На рис. 1.6 наведено робоче креслення вала з позначенням усіх поверхонь, що піддаються механічній обробці.

Припуск на обробку поверхні № 2 ($D_{\text{ном.}} = 56$ мм):

$$П = (60 - 56)/2;$$

$$П = 2 \text{ мм.}$$

Припуск на обробку поверхні № 3 ($D_{\text{ном.}} = 50$ мм):

$$П = (60 - 50)/2;$$

$\Pi = 5 \text{ мм.}$

Припуск на обробку поверхні № 4 ($D_{\text{НОМ.}} = 46 \text{ мм}$):

$\Pi = (60 - 46)/2;$

$\Pi = 7 \text{ мм.}$

Припуск на обробку поверхні № 5 ($D_{\text{НОМ.}} = 52 \text{ мм}$):

$\Pi = (60 - 52)/2;$

$\Pi = 4 \text{ мм.}$

Припуск на обробку поверхні № 6 ($D_{\text{НОМ.}} = 50 \text{ мм}$):

$\Pi = (60 - 50)/2;$

$\Pi = 5 \text{ мм.}$

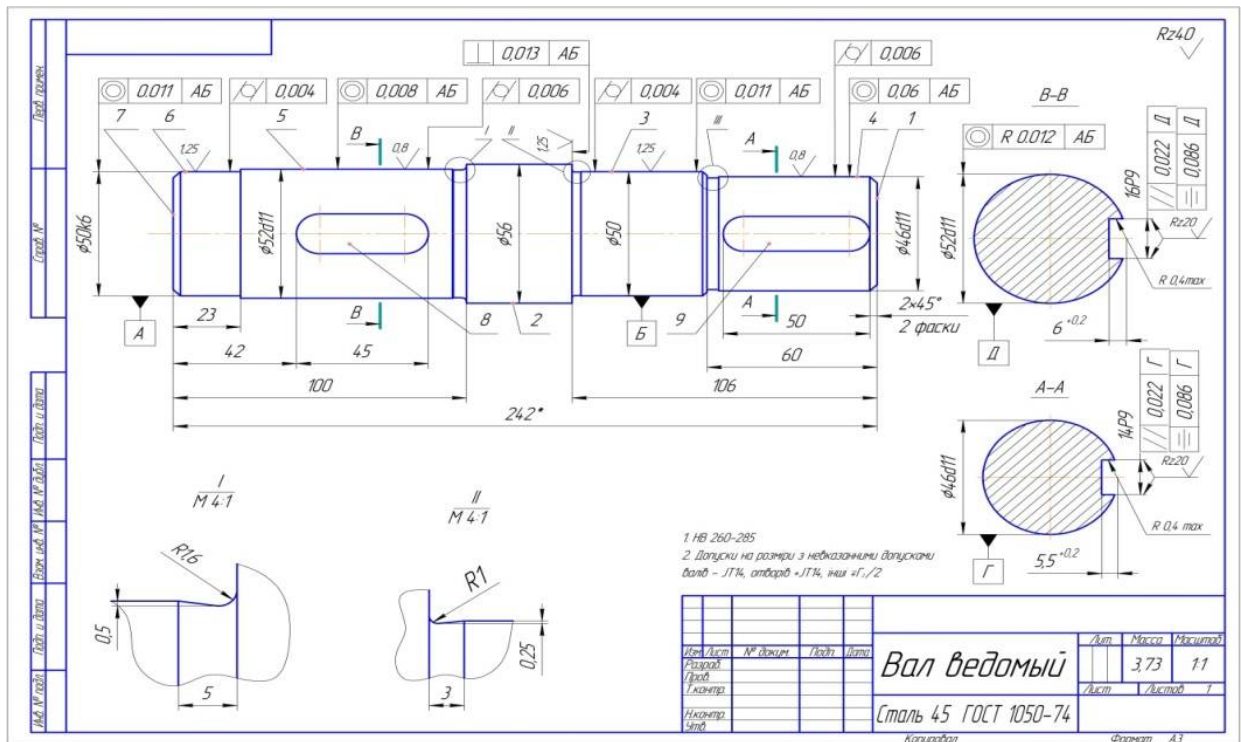


Рисунок 1.6 - Робоче креслення деталі “Вал” з позначенням усіх поверхонь, що піддаються механічній обробці

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

Таблиця 1.15 - Результати розрахунків припусків на механічну обробку

Номінальні розміри поверхні, мм*	Ra обробленої поверхні*	Формула для визначення розміру поковки	Загальний припуск на механічну обробку, мм
Поверхня 2 $D_{\text{НОМ.}} = 56 \text{ мм}$ $L_{\text{НОМ.}} = 36 \text{ мм}$	-	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	2
Поверхня 3 $D_{\text{НОМ.}} = 50\text{k}6$ $L_{\text{НОМ.}} = 46 \text{ мм}$	1,25	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	5
Поверхня 4 $D_{\text{НОМ.}} = 46\text{d}11$ $L_{\text{НОМ.}} = 60 \text{ мм}$	0,8	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	7
Поверхня 5 $D_{\text{НОМ.}} = 52\text{d}11$ $L_{\text{НОМ.}} = 77 \text{ мм}$	0,8	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	4
Продовження таб. 1.15			
Поверхня 6 $D_{\text{НОМ.}} = 50\text{k}6$ $L_{\text{НОМ.}} = 23 \text{ мм}$	1.25	$\Pi = (D - D_{\text{НОМ.}})/2$	5

Примітка: Діаметр прутка 60 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

1.3.1 Вибір технологічних баз і схем встановлення заготовки. Вибір методів обробки поверхонь заготовки

Існує ряд основних принципів базування заготовок:

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

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

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

Для установки заготовок на першій операції технологічного процесу використовують необроблені поверхні, так звані 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 деталях. На перших операціях технологічного процесу обробляють основні базові поверхні.

1.4. Проектування технологічної послідовності обраних поверхонь деталі

Обираємо наступну послідовність обробки деталі «Вал»:

1. Підрізання торцевої поверхні 1 прохідним упорним правим різцем (рис. 1.7). Деталь встановлюється у патроні токарного верстата по циліндричній поверхні 2 діаметром 60 мм.

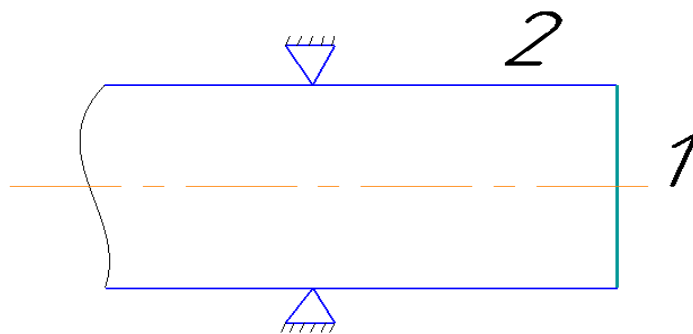


Рисунок 1.7 - Позиція 1

2. Виконання центрувального отвору на поверхні 1 центрувальним свердлом (рис. 1.8).

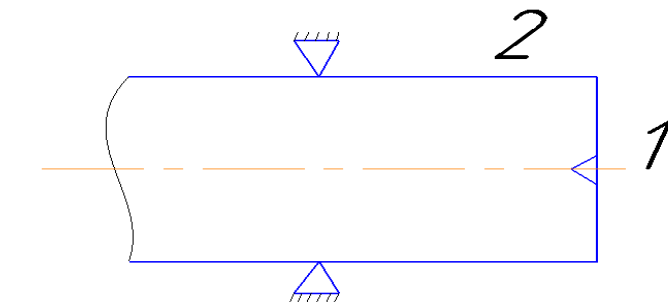


Рисунок 1.8 - Позиція 2

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 центрувальному отвору (рис. 1.9)

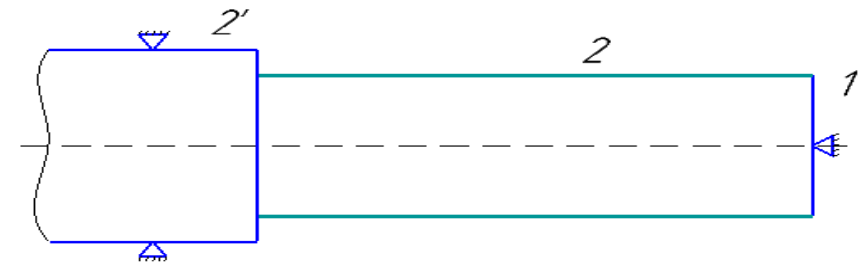


Рисунок 1.9 - Позиція 3

4. Чорнове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем (рис. 1.10). Схема закріплення деталі не змінюється.

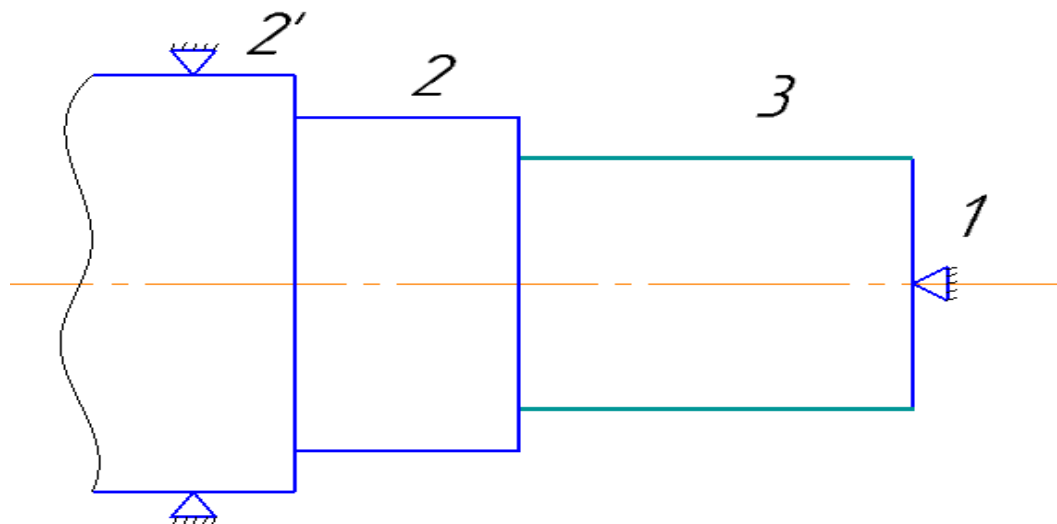


Рисунок 1.10 - Позиція 4

5. Чорнове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем (рис. 1.11).

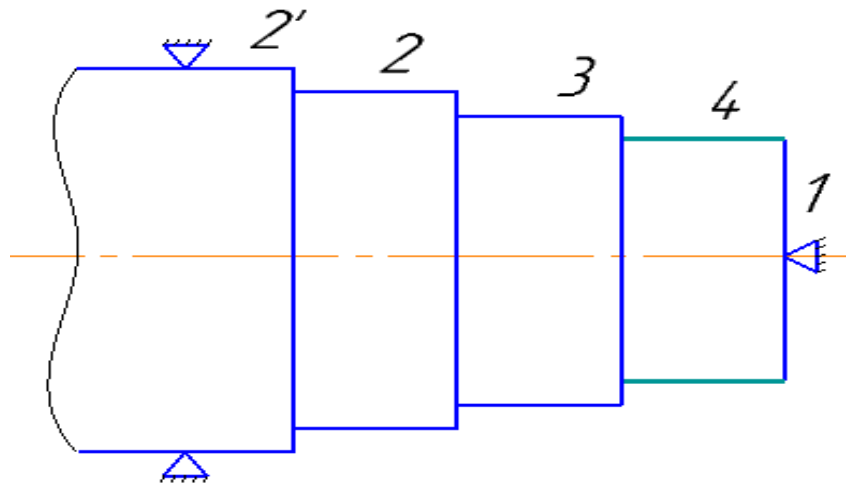


Рисунок 1.11 - Позиція 5

6. Підрізання канавки з лівого кінця поверхні 2 відрізним різцем (рис. 1.12).

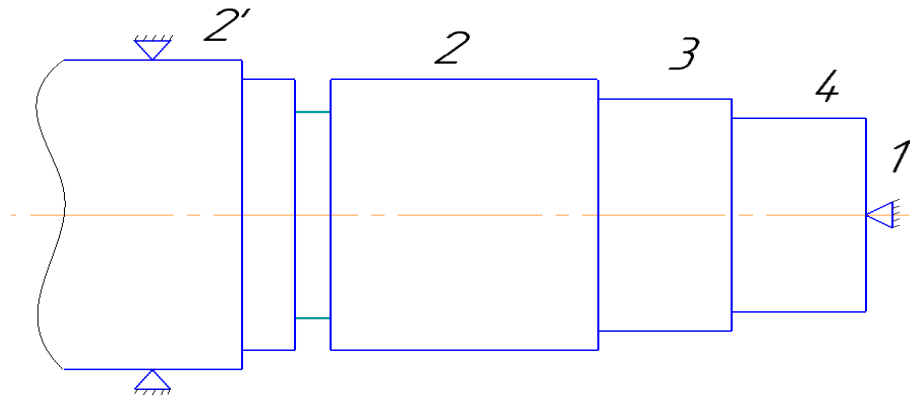


Рисунок 1.12 - Позиція 6

7. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 100 мм прохідним упорним лівим різцем (рис. 1.13).

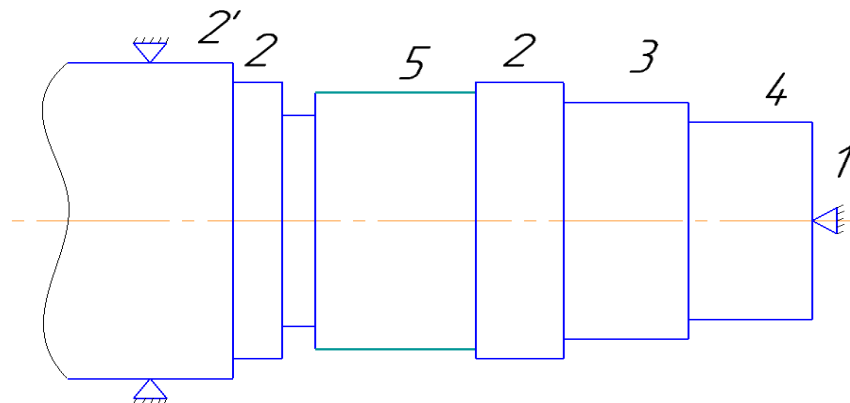


Рисунок 1.13 - Позиція 7

8. Прорізання канавок I, II, III відрізним різцем (рис. 1.14).

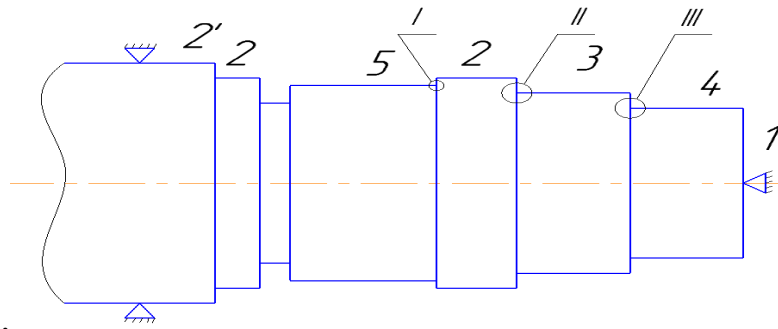


Рисунок 1.14 - Позиція 8

9. Чистове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем (рис. 1.15).

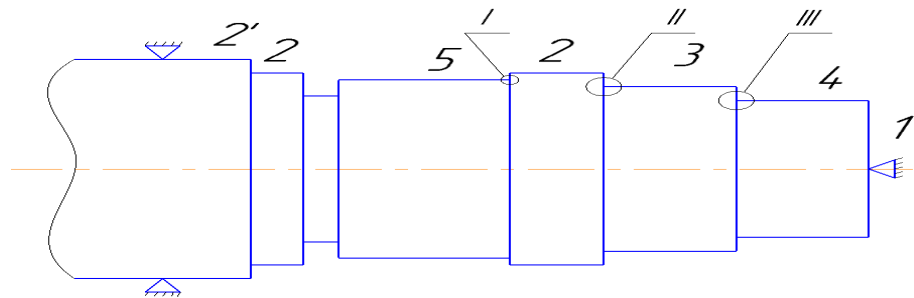


Рисунок 1.15 - Позиція 9

10. Чистове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем (рис. 1.16).

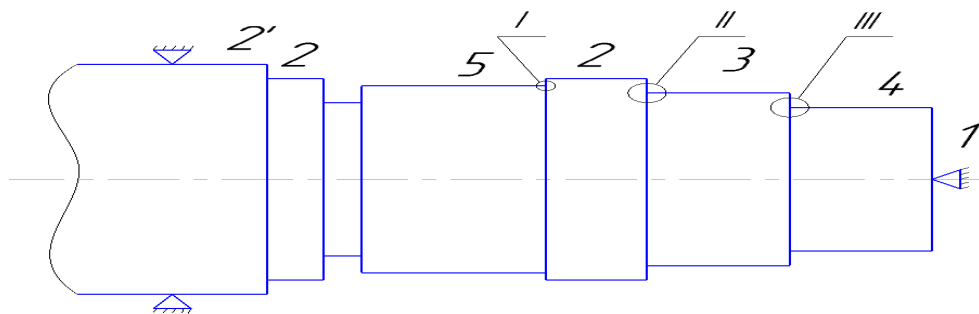


Рисунок 1.16 - Позиція 10

11. Чистове точіння поверхні 6 прохідним упорним лівим різцем (рис. 1.17).

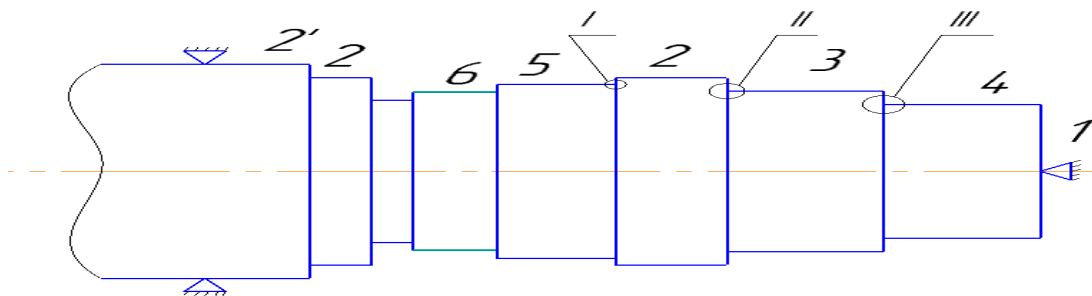


Рисунок 1.17 - Позиція 11

12. Чистове точіння поверхні 5 прохідним упорним лівим різцем (рис. 1.18).

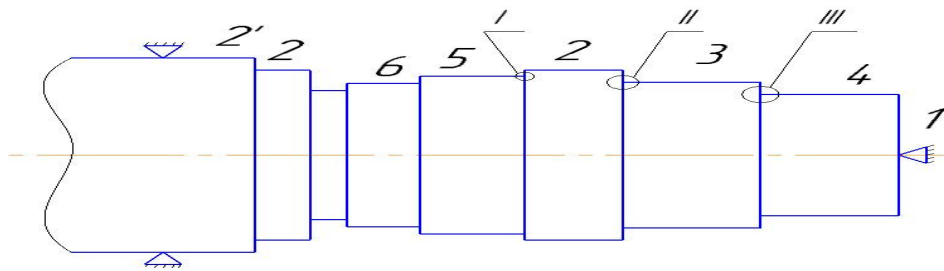


Рисунок 1.18 - Позиція 12

13. Підрізання фасок на поверхнях 3, 4 підрізним правим різцем (рис. 1.19).

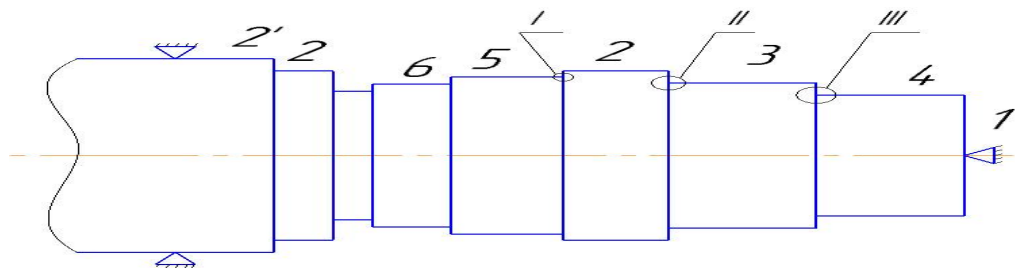


Рисунок 1.19 - Позиція 13

14. Відрізання деталі відрізним різцем (рис. 1.20).

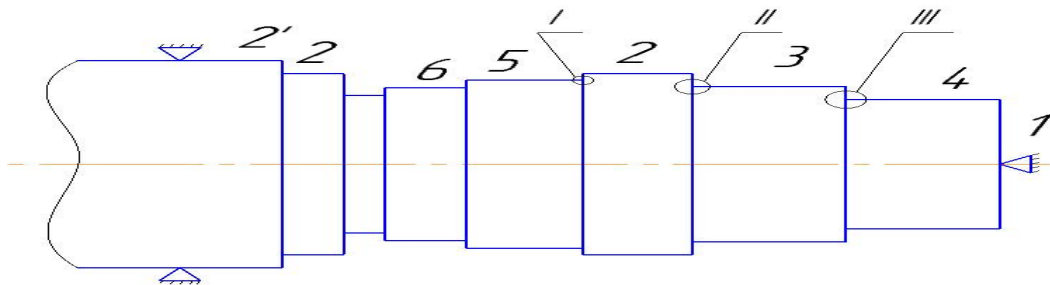


Рисунок 1.20 - Позиція 14

15. Підрізання торцевої поверхні 7 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 2 (рис. 1.21).

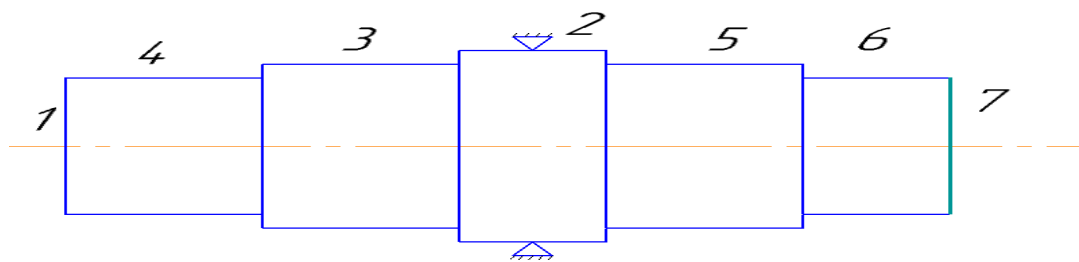


Рисунок 1.21 - Позиція 15

16. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 2 (рис. 1.22).

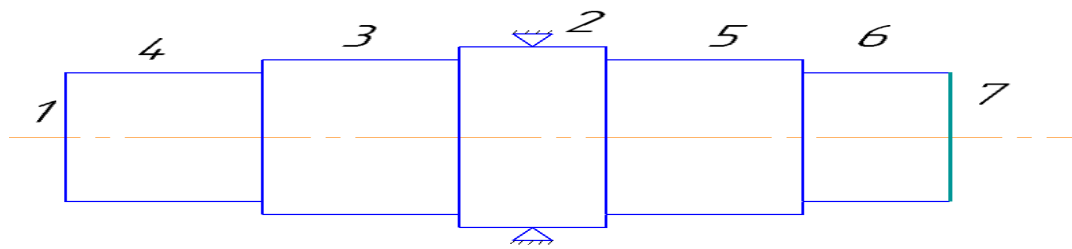


Рисунок 1.22 - Позиція 16

17. Нарізка шпонкових пазів на фрезерному верстаті. Деталь встановлюється у призмах по поверхнях 3 і 6. (рис. 1.23)

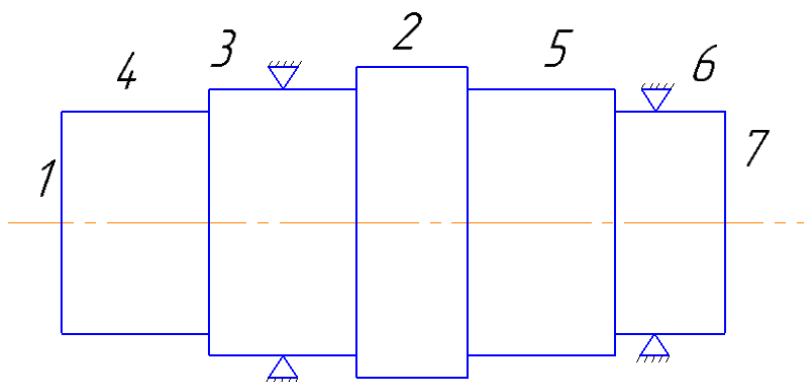


Рисунок 1.22 - Позиція 17

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 твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, рис. 1.7).

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 - Режими 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, рис. 1.8).

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 визначимо частоту обертання деталі:

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

Приймаємо $n = 150$ (об/хв.).

Таблиця 1.17 - Режими 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 твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, рис. 1.9).

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 твердосплавною пластиною T15K6 обираємо наступні режими різання [3]:

глибина різання $t = 2$ мм;

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

$V = 160$ м/хв. = 2,67 м/с.

Частота обертання деталі:

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

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.18 - Режими 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 $(B \times H) = 16 \times 25$ мм [3].

Операції 4, 10. Чорнове та чистове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, рис. 1.10; рис. 1.16).

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 - Технологічний припуск для операцій 4; 10

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 ($B \times H$) = 16x25 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 - Режими різання для операції 4

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
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 - Режими різання для операції 10

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
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 T15K6 (п. 1.4, рис. 1.11; рис. 1.15).

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 $R_a = 0,8$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 11 квалітету при $R_a = 0,8$ 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 - Технологічний припуск для операцій 5, 9

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 - Режими різання для операції 5

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
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 $V = 220 \text{ м/хв.} = 3,67 \text{ м/с.}$

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

Приймаємо $n = 1400 \text{ (об/хв.)}$.

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,12 \text{ мм/об.}$;

швидкість різання $V = 220 \text{ м/хв.} = 3,67 \text{ м/с.}$

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

Приймаємо $n = 1400 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.24 - Режими різання для операції 9

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
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 T15K6 (рис. 1.12).

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 $t = 4 \text{ мм}$;

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 - Режими різання для операції 6

Глибина різання, t, мм	Поперечна подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
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 T15K6 (п. 1.4, поз. 1.13; 1.18).

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 - Технологічні припуски для операцій 7, 12

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 - Режими різання для операції 7

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 - Режими різання для операції 12

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
0,6	0,2	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 (рис. 1.14).

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 $V = 150$ 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.

Таблиця 1.29 - Режими 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, рис. 1.15).

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 $Ra = 1,25$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 1,25$ 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 - Технологічний припуск для позиції 11

Операція 11 – чистове точіння поверхні 6	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.

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

Приймаємо $n = 1400 \text{ (об/хв.)}$.

Перехід 2 (тонке точіння):

глибина різання $t = 0,4 \text{ мм}$;

поздовжня подача $S = 0,12 \text{ мм/об.}$;

швидкість різання $V = 220 \text{ м/хв.} = 3,67 \text{ м/с}$.

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

Приймаємо $n = 1400 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.31 - Режими різання для операції 11

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
0,6	0,2	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 (рис. 1.19).

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

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

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 1.132 - Режими різання для операції 13

Глибина різання, t, мм	Поздовжня подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
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 пластиною T15K6 (Рис. 1.20).

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

Режими різання:

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

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

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

Обираємо $n = 900$ об/хв.

Таблиця 1.33 - Режими різання для операції 14

Глибина різання, t, мм	Поперечна подача, S, мм/об.	Швидкість різання, V, м/хв.	Частота обертання деталі, n, об/хв. (розрахункова / обрана)
Відрізання по діаметру 50 мм	0,08	150	955/900

Операція 15. Підрізання торцевої поверхні 7 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, рис. 1.21).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 1 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 $n = 900 \text{ об/хв.}$

Таблиця 1.34 - Режими різання для операції 15

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	150	955/900

Операція 16. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6 (Рис. 1.22).

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 - Режими 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 хвилинах;

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 (2):

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

$q = 0,45$ (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 - Параметри нарізання шпонкового пазу

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:

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

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

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

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 мм = 0,016 м:

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

Приймаємо $n = 1000 \text{ (об/хв.)}$.

Максимально допустима частота обертання фрези діаметром $D = 14 \text{ мм}$
 $= 0,014 \text{ мм}$:

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

Приймаємо $n = 1000 \text{ (об/хв.)}$.

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; $S_z = 0,4 \text{ мм/зуб}$;

n – частота обертання фрези, об/хв.; $n = 1000 \text{ об/хв.}$;

z – ефективна кількість зубів фрези; для кінцевої шпонкової фрези $z = 2$

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

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

Подачу при врізанні фрези на глибину різання приймаємо $S_{вр} = 0,01 \text{ мм/зуб}$ [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.; $n = 1000 \text{ об/хв.}$;

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

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.

1.5.2 Маршрутно-операційна технологія обробки деталі

Операція 1. Підрізання торцевої поверхні 1 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластинкою T15K6 (рис. 1.23).

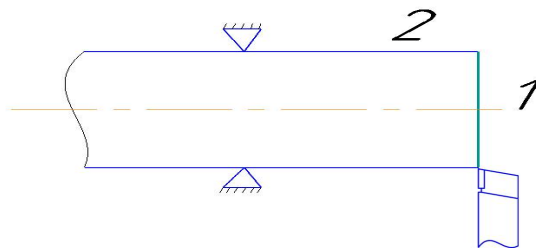


Рисунок 1.23 - Позиція 1

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 P6M5 (рис. 1.24): 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.

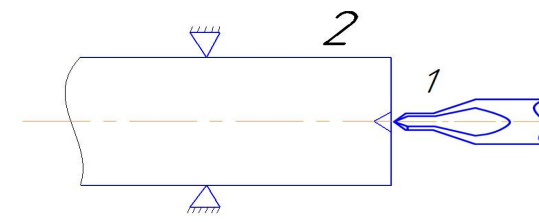


Рисунок 1.24 - Позиція 2

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 250 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6.

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 (рис. 1.25).

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 250 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. 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.).

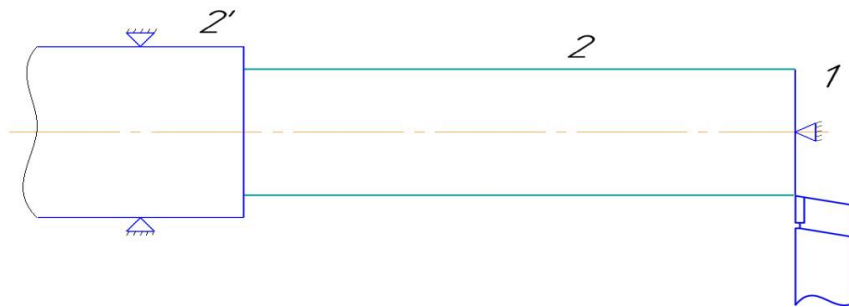


Рисунок 1.25 - Позиція 3

Операція 4. Чорнове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.26). Режими різання: $t = 2$ мм; поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

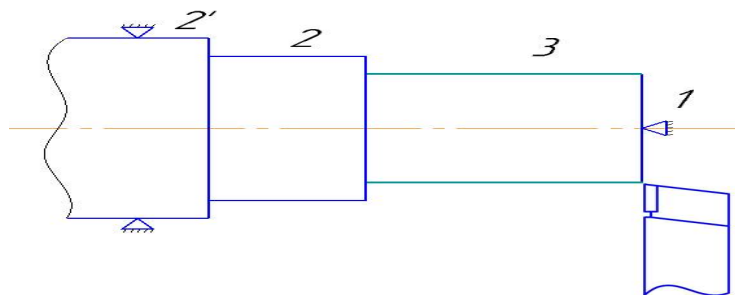


Рисунок 1.26 - Позиція 4

Операція 5. Чорнове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.27). Режими різання: $t = 1$ мм; поздовжня подача $S = 0,4$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

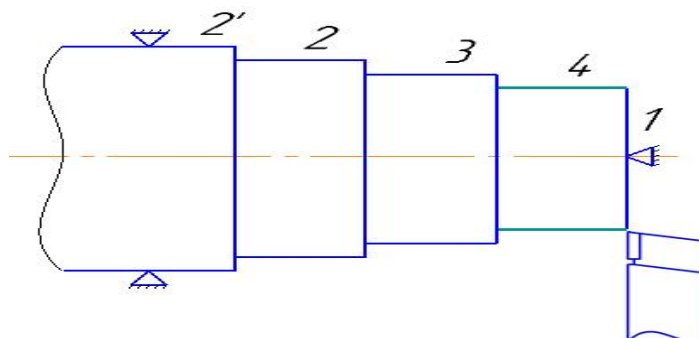


Рисунок 1.27 - Позиція 5

Операція 6. Підрізання канавки з лівого кінця поверхні 2 відрізним різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.28).

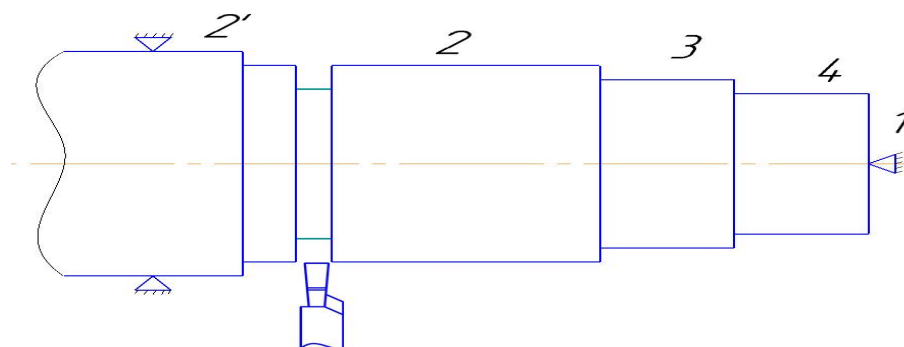


Рисунок 1.28 - Позиція 6

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 пластинкою T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.29).

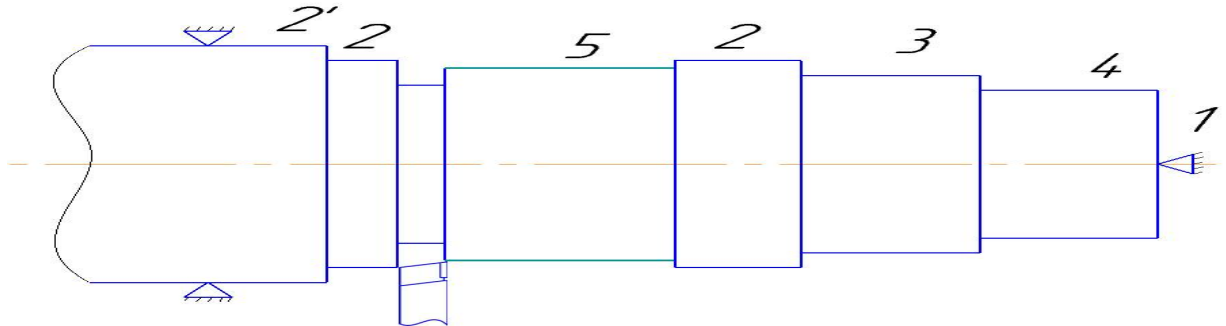


Рисунок 1.29 - Позиція 7

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 пластинкою T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис.1.30).

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.

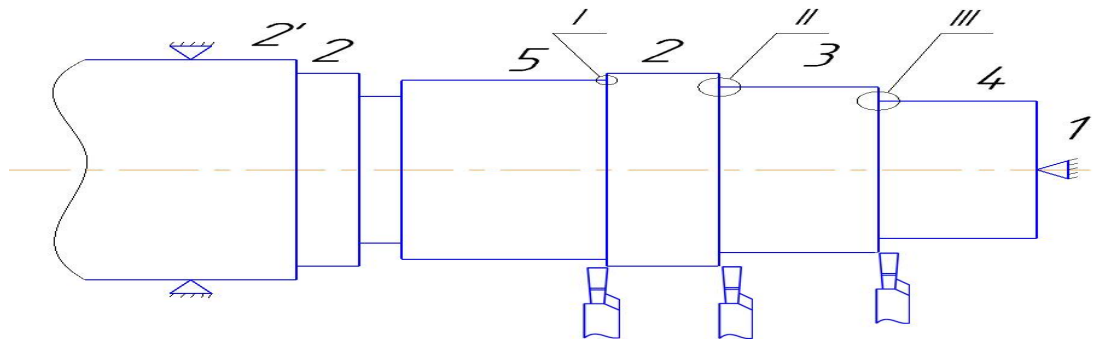


Рисунок 1.30 - Позиція 8

Операція 9. Чистова обробка поверхні 4 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.31).

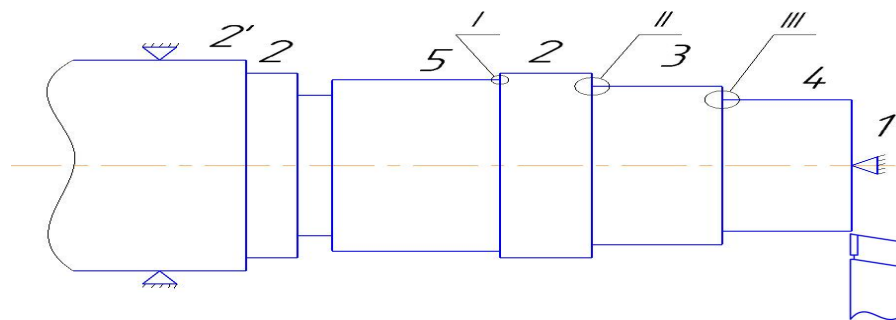


Рисунок 1.31 - Позиція 9

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 T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм

(рис. 1.32).

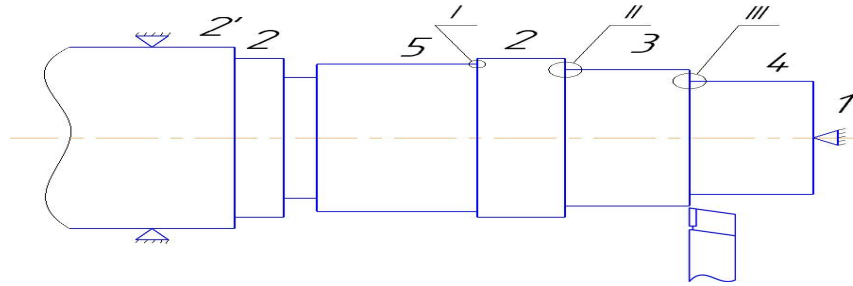


Рисунок 1.32 - Позиція 10

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 T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис.1.33).

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.

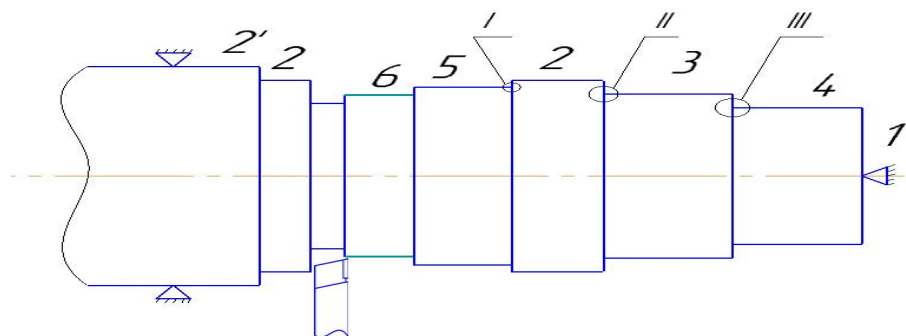


Рисунок 1.33 - Позиція 11

Операція 12. Чистова обробка поверхні 5 прохідним упорним лівим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.34).

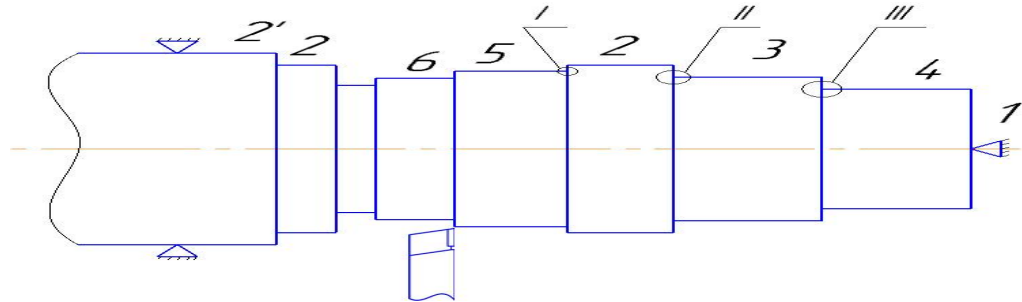


Рисунок 1.34 - Позиція 12

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 T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.35).

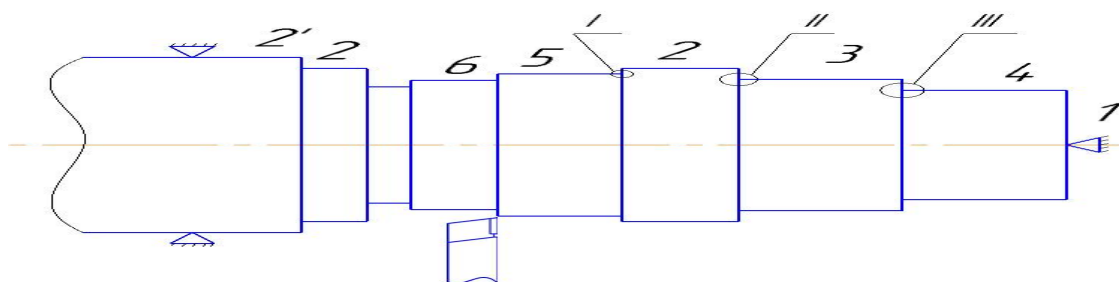


Рисунок 1.35 - Позиція 13

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 твердосплавною пластиною T15K6 (позиція 9, відрізання здійснюється по канавці між поверхнями 2 та 6). Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 2' діаметром 60 мм (рис. 1.36).

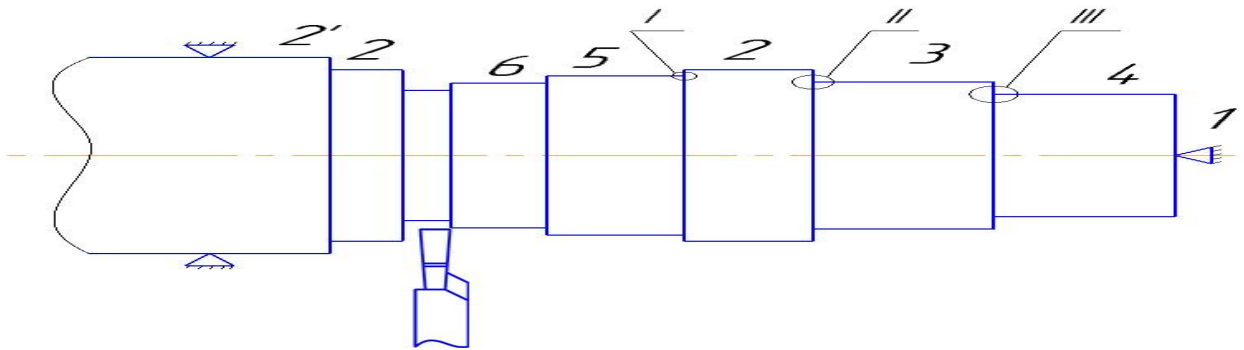


Рисунок 1.36 - Позиція 14

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 твердосплавною пластиною T15K6.

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі у патроні токарського верстата по поверхні 2 (рис. 1.37).

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.

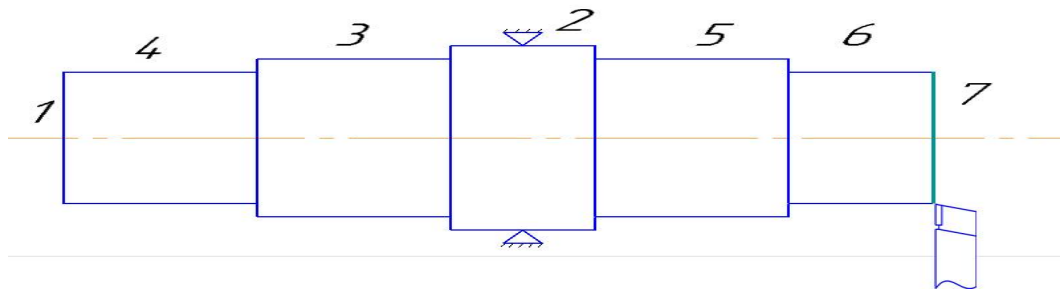


Рисунок 1.37 - Позиція 15

Операція 16. Підрізання фаски на поверхні 6 прохідним відігнутих правим різцем з твердосплавною пластиною Т15К6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 2 (рис. 1.38).

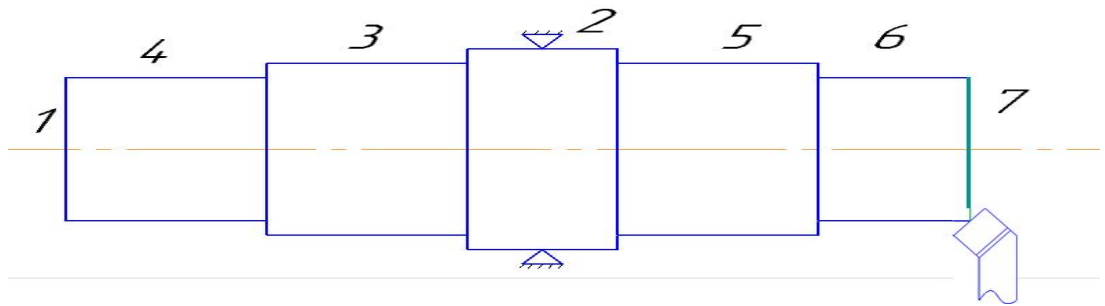


Рисунок 1.38 - Позиція 16

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 (рис. 1.39, рис 1.39.1).

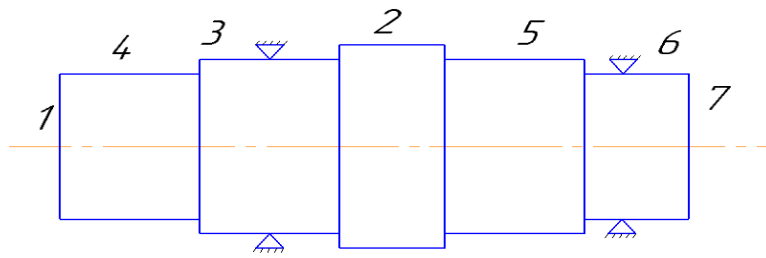


Рисунок 1.39 - Позиція 17

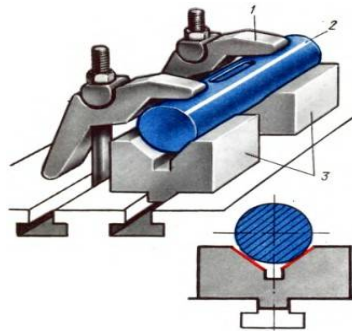


Рисунок 1.39.1 - Позиція 17: 1 – затискачі; 2 – деталь; 3 – призми

Технологічний перехід 2. Встановлення фрези у діаметральній площині вала (рис. 1.40). 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:

$$S = D/2 + d/2 , \quad (1.8)$$

де D – діаметр фрези ($D = 16$ мм);

d – діаметр вала.

Для поверхні 5 $d = 52$ мм, отже $S = 8 + 26 = 34$ мм.

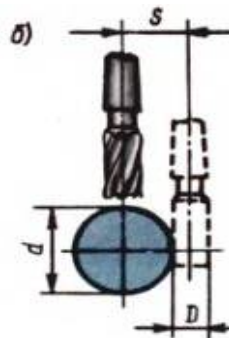


Рисунок 1.40 - Позиція 12: встановлення фрези у діаметральній площині вала

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. Встановлення фрези у діаметральній площині вала (рис. 1.41). Спочатку фреза підводиться до вала до забезпечення дотику її торцевої поверхні з поверхнею вала (на позиції 13 це положення фрези вказано пунктирною лінією). Потім фреза піднімається уверх та зміщується у бік деталі на відстань S , яка дорівнює:

$$S = D/2 + d/2,$$

де D – діаметр фрези ($D = 14$ мм);

d – діаметр вала.

Для поверхні 5 $d = 46$ мм, отже $S = 7 + 23 = 30$ мм.

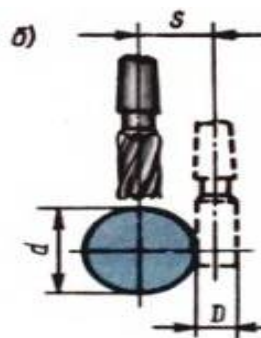


Рисунок 1.41 - Позиція 13: встановлення фрези у діаметральній площині вала

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: $t = 0,3$ 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. 1.42. 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.

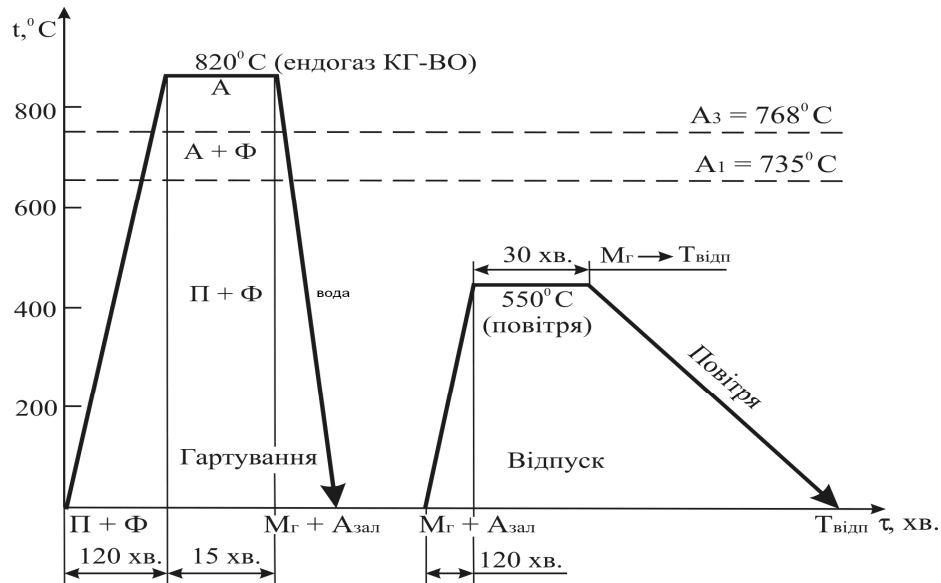


Рисунок 1.42 - Графік режиму термічної обробки валів зі Сталі 45

Вихідна структура валів – дрібнозернистий перліт + ферит (рис. 1.43). 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_{Γ}) (рис. 1.44). У процесі відпуску мартенсит гарту (M_{Γ}) розпадається, і утворюється сорбіт відпуску (рис. 1.45). Сорбіту відпуску відповідає твердість 28 - 30 HRC.

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.

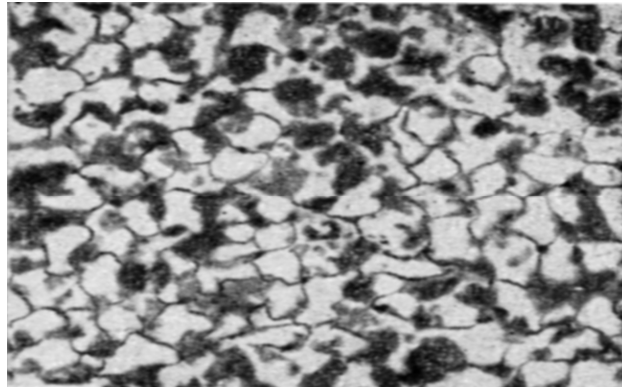


Рисунок 1.43 - Вихідна дрібнозерниста структура валів, отриманих механічною обробкою круглого прокату: перліт + ферит, $\times 300$

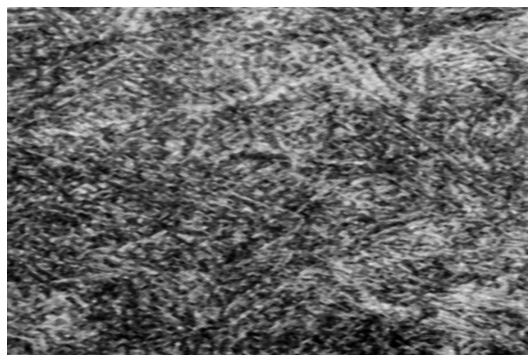


Рисунок 1.44 - Мікроструктура валів після гартування від температури 820°C : дрібноголчастий мартенсит, $\times 500$

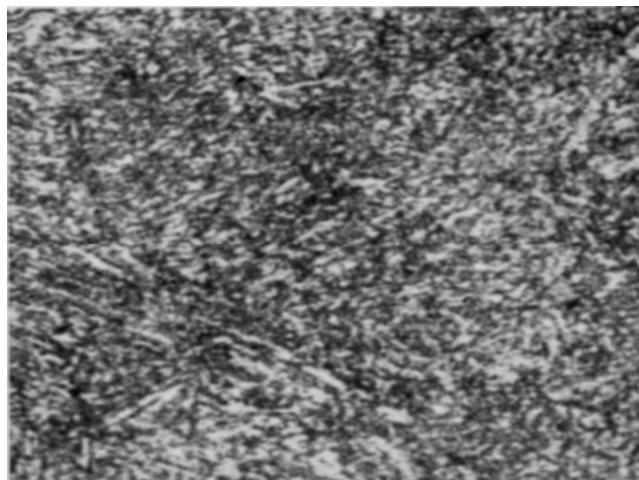


Рисунок 1.45 - Мікроструктура валів після відпуску при температурі 550°C протягом 30 хвилин: сорбіт відпуску, $\times 500$

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 завантажуються 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 30хв.
11. Вивантаження піддону з валами з відпускної пічі. Охолодження валів разом з піддоном у водяному баку (для зменшення розсіювання тепла).

1.6.2 Контроль якості термічної обробки валів

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. Зневуглецьований шар – дефект, викликаний вигоранням вуглецю в поверхневих шарах металу. Призводить до пониження твердості і втомної міцності. Зневуглецьований 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. 1.46) 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;	Вимірювання твердості; металографічний аналіз	Автоматичний контроль температури печі ± 10	Повторне гартування + відпуск

	гартування з області аустеніт + ферит		град.	
Знеуглецьований шар	Нагрів в окислювальній середовищі; перегрів сталі.	металографічний аналіз	Нагрівання деталей в захисному газовому середовищі	Не усувається
Надмірно висока твердість (невідпуск)	Недогрів до оптимальної температури відпуску; недостатня витримка при температурі відпуску	Вимірювання твердості	Контролювати температуру відпуску печі; збільшити час витримки деталей при температурі відпуску	Повторний відпуск

5. Невідпуск – надмірно висока твердість відпущеної після гартування сталі. Невідпущена сталь має трооститну або троостомартенситну структуру (рис. 1.47).

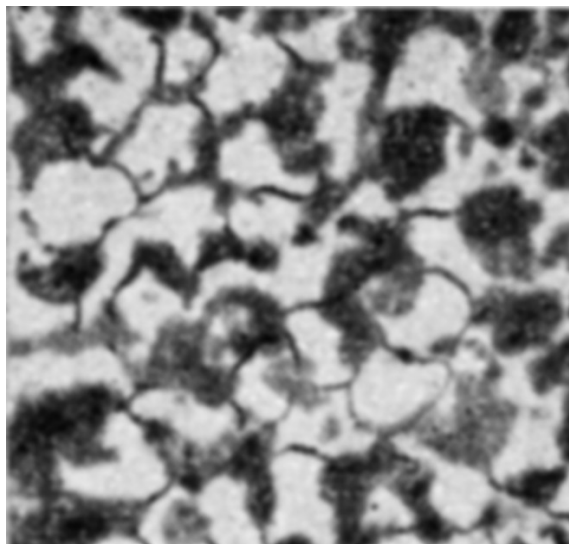


Рисунок 1.46 - Крупнозерниста мікроструктура сталі 45 при перегріві і наступному повільному охолодженні: перліт + ферит, $\times 300$

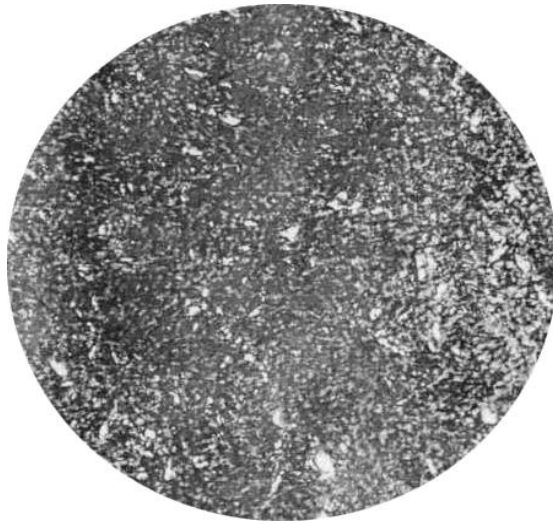


Рисунок 1.47 - Неякісно відпущена сталь 45 з трооститною структурою,
×200

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок затискного зусилля при закріпленні деталі на операції нарізання шпонкового пазу

2.1.1 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 нерухоною, права призма – рухоною. До правої призми прикладається зусилля закріплення Q .

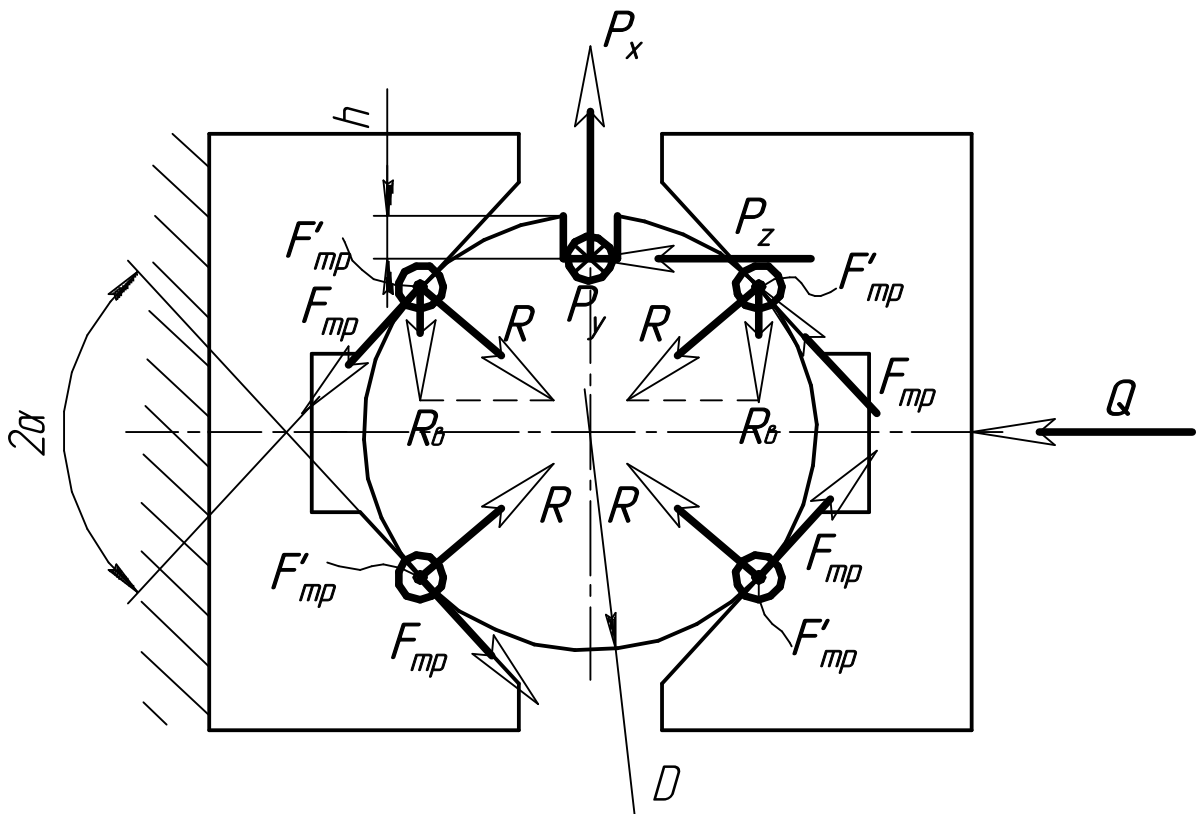


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою

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

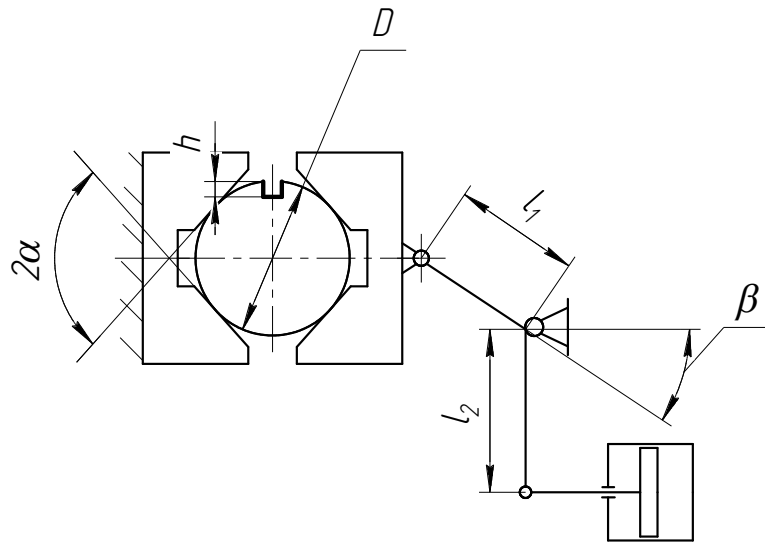


Рисунок 2.2 - Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою

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

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

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

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

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

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

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).

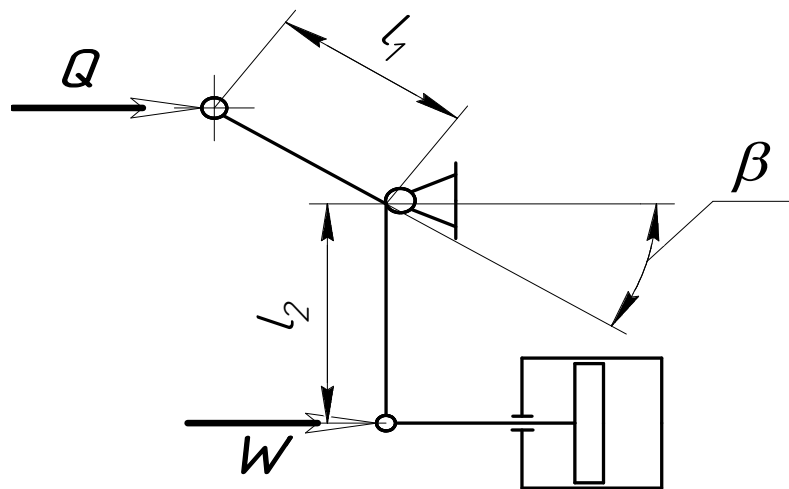


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема для визначення зусилля на приводі

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 рис. 2.3 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 (2.14):

$C_p = 825$ (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:

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

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 $K_{v p}$ 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., $K_{vp} = 0,9$.

$$K_{yp} = 1,3 [4];$$

$$K_{фp} = 1,0 [4].$$

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

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):

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

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

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

Сумарне зусилля закріплення:

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

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

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

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 важких поверхонь – як внутрішніх, так і зовнішніх, а також для нарізання різьб. Для обробки торцевих поверхонь заготовок приймаються різноманітні різці, розгортки, свердла, зенкери, а також плашки й мітчики.

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

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики токарно-гвинторізного станка 16К20П

Параметр	Числове значення
Діаметр обробки над станиною, мм	400
Діаметр обробки над супортом, мм	220
Відстань між центрами, мм	1000 / 1500
Ступінь точності по ГОСТ 8-82	П
Розмір внутрішнього конуса у шпінделі	Морзе 6 М80*
Кінець шпінделя по ГОСТ 12593-72	6К
Діаметр наскрізного отвору в шпінделі, мм	55
Максимальна маса заготовки, закріпленої в патроні, кг	300
Максимальна маса деталі, закріпленої в центрах, кг	1300
Число ступеней обертання шпінделя, шт.	23
Число ступеней частот зворотнього обертання шпінделя	12
Межі частот прямого обертання шпінделя, хв ⁻¹	12,5 - 2000

Продовження табл. 3.1

Межі частот зворотнього обертання шпінделя, xv^{-1}	19 - 2420
Число ступеней поздовжніх подач	42
Число ступеней поперечних подач	42
Межі поздовжніх подач, мм/об.	0,7 - 4,16
Межі поперечних подач, мм/об.	0,035 - 2,08
Число нарізаємих метричних різьб	45
Число нарізаємих дюймових різьб	28
Число нарізаємих модульних різьб	38
Число нарізаємих пітчевих різьб	37
Число нарізаємих різьб архімедової спіралі	5
Найбільший обертальний момент, кН·м	2
Найбільше переміщення пінолі, мм	200
Поперечне зміщення корпусу, мм	± 15
Найбільший переріз різця, мм	25
Потужність електродвигуна головного приводу	10 кВт
Потужність електродвигуна привода швидких переміщень супорта, кВт	0,75 або 1.1
Потужність насоса охолодження, кВт	0,12
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В), мм	2812 / 3200 x 1166 x 1324

3.1.2 Верстат універсальний фрезерний 5E32

Верстат фрезерний 5E32 являється універсальним і призначений для фрезерування циліндричних прямозубих і косозубих, а також черв'ячних коліс. Черв'ячні колеса можуть нарізатися з радіальною і осьовою подачею фрези. В останньому випадку необхідно протяжний супорт, котрий поставляється з верстатом по спеціальному заказу. Верстат розрахован на роботу з фрезами з швидкоріжучої сталі. На цьому верстаті також дозволяється прорізати різноманітні шпонкові пази.

Технічні характеристики верстата:

1. Найбільший нарізаємий модуль, мм:

-по чавуну – 8;

-по сталі – 6.

2. Найбільший діаметр оброблюючої шестерні з прямим зубом, мм:

-з контрпідтримкою – 450;

-без контрпідтримки – 800.

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

4. Відстань між осями стола й фрези, мм: 30 - 480.

5. Відстань від площіни стола до осі фрези, мм: 190 - 525.

6. Діаметр стола, 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 інструктаж (ввідний і первинний), перевірку знань інструкцій по охороні праці і що має відповідний запис у кваліфікаційному посвідченні про результати перевірки знань і кваліфікації. Періодичність перевірки знань один раз на рік, повторного інструктажу – не менше одного разу в квартал.

1 Вимоги безпеки перед початком роботи:

1.1. Отримати завдання від керівника робіт.

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

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

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

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

1.6. Перевірити наявність та справність:

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

1.6.2. Заземлюючих пристроїв.

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

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

1.8. Перевірити на холостому ході верстат.

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

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

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

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

1.9. Перевірити доброякісність ручного інструменту:

1.9.1. Гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок головок болтів і не мати тріщин та забоїв, площини з'їва 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 вилітанням 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, оброблених деталей та одягу.

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

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

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

2.24.17. Зберігати на робочому місці використаний замаслений матеріал.

2.24.18. Палити на робочому місці та приймати їжу.

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

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

2.24.21. Опираючись та сидіти на станині верстата.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи:

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

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

3.3. Вимкнути місцеве освітлення та відключити верстат від електромережі.

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи був розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Вал».

У даній роботі були використані раніше отримані знання щодо визначення технологічності деталі, вибору баз, методів обробки, з розрахунку припусків на механічну обробку, режимів.

Розроблений маршрутно-операційний технологічний процес містить операції по обробці заготовки з розрахунком режимів різання.

Описано весь ріжучий, вимірювальний інструмент і необхідні пристосування. Були розглянуті питання безпеки роботи. Виконані розрахунки та технологія механічної обробки заданої деталі дозволять знизити собівартості виробу за рахунок зменшення трудомісткості виготовлення деталі.

Для виконання дипломного проекту використовувалися такі програми як: Microsoft Word, КОМПАС 16.1.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

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. Наливайко С.О. Теоретичний посібник з дисципліни «Технологія машинобудування». – Горлівка: ГМК, 2012. – 513с.
3. Посібник технолога. В 2-х томах / Під ред. А.А. Панова, В.В. Анікіна, Н.Г. Бойм, - 2-е вид., - М.: Машинобудування, 2004. - 784с., іл.
4. 10. Режими різання металів. Посібник під редакцією Ю.В. Барановського. - 3-е вид., перероб. та доп. - М: Машинобудування, 1972.
5. Харламов Г.А. Припуски на механічну обробку: Посібник / Г.А.Харламов, А.С.Тарапанов. – М.: Машинобудування, 2006. – 256 с.
6. 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
7. 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
8. Безпека життєдіяльності. Підручник для вузів / Під заг. ред. С.В.Бєлова, 2-е вид., іспр. И доп. - М.: Вища школа, 1999.- 448 с., іл.
9. Кукін, П.П. Безпека життєдіяльності. Безпека технологічних процесів і виробництва. / П.П. Кукін, В.Л. Логін, Е.А. Подгорних та ін. - М.: Вища школа, 1999. - 318 с., іл.
10. ДСТ 3.1121-84 Загальні вимоги до комплектності і оформлення комплектів документів на типові і групові технологічні процеси (операції).
11. ДСТ 14.201-83 Забезпечення технологічності конструкції виробів. Загальні вимоги.
12. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення.