

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

Розробка технології виготовлення деталі «Вал ступінчастий» з річною програмою 24000 штук

Листів – 85, ілюстрацій – 50, таблиць – 31, графічного матеріалу – 5 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 на ділянці механічної обробки деталі «Вал» з використанням металообробних верстатів.

Метод дослідження – теоретичний, графічний та розрахунковий.

Ключові слова: вал, виробництво; технологічний процес, технологічність конструкції, технологічні бази, заготовка, деталь, припуск, режими різання, різучий 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.	28
1.6 Гартування та відпуск валів.	60
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	66
2.1 Розрахунок затискного зусилля при закріпленні деталі на операції нарізання шпонкового пазу.	66
2.2 Розрахунок зусилля затискання заготовки та зусилля на приводі.	69
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	72
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	75
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 "вал" є міцність, твердість, зносостійкість, вібростійкість. Основним видом руйнування деталей є втома. Вони працюють переважно при підвищених навантаженнях. Матеріал деталей повинен мати підвищену ударну в'язкість, високу поверхневу твердість, зносостійкість, підвищену контактну витривалість.

Також деталі "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

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

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

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

Залежність механічних властивостей гарячекатаної нормалізованої сталі 45 від температури наведено в 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 $K_{0,2\text{в.спл.}} = 1,0$; $K_{0,2\text{б.ст.}} = 1,0$.
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 заготовок обираємо гаряче об'ємне штампування у відкритому штампі [1]. Процес гарячого об'ємного штампування характеризується високою продуктивністю. Він забезпечує високу точність геометричних розмірів поковок і можливість виготовлення широкої номенклатури деталей: валів суцільного перетину, шестерен, зубчастих коліс.

1.2.2 Маршрутна технологія виготовлення деталей

Маршрутну технологію виготовлення деталей “вал” наведено на рис. 1.1.

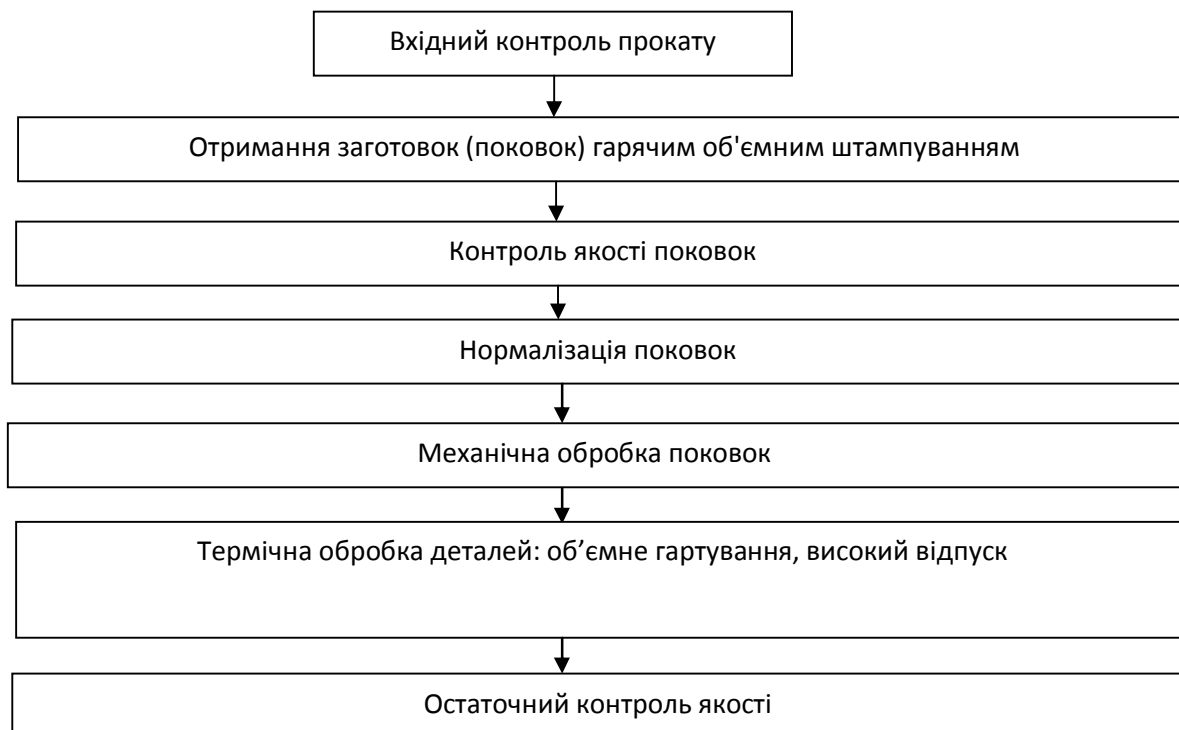


Рисунок 1.1 – Маршрутна технологія виготовлення деталей “вал”

Маршрутна технологія виготовлення деталей “вал” включає в себе наступні технологічні цикли: вхідний контроль прокату; отримання

заготовок (поковок) гарячим об'ємним штампуванням; контроль якості поковок; нормалізація поковок; механічна обробка поковок; термічна обробка деталей: об'ємне гартування, високий відпуск; остаточний контроль якості.

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_n);
- зовнішні дефекти – тріщини, закати, волосовини, плени, пісочини, раковини, риски, вдавнена окалина, розшарування;
- внутрішні дефекти – поруватість (загальна та центральна), неметалеві включення, знеуглецьований шар, крупнозернистість (зокрема відманштеттова структура).

Твердість сталі 45 у стані постачання не повинна перевищувати 180 НВ. Хімічний склад сталі повинен відповідати вимогам, наведеним в 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. 1.2). Він є наслідком тривалої витримки сталі при високій температурі в окислювальному середовищі.

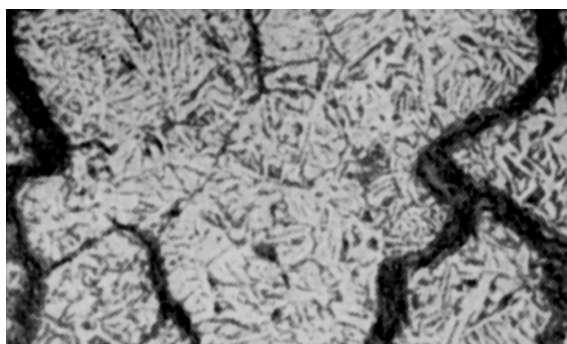


Рисунок 1.2 – Перепал в сталі 45, $\times 250$

На поверхні прокату із сталі 45 не допускаються тріщини, закати, волосовини, плени, пісочини, раковини, вдавнена окалина, розшарування. Неглибокі риски видаляються зачищенням або шліфуванням: на прокаті діаметром або товщиною більше 90 мм – в межах допустимого відхилення на діаметр або 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. 1.9 (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. 1.3).

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

Товщина прокату, мм (діаметр)	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

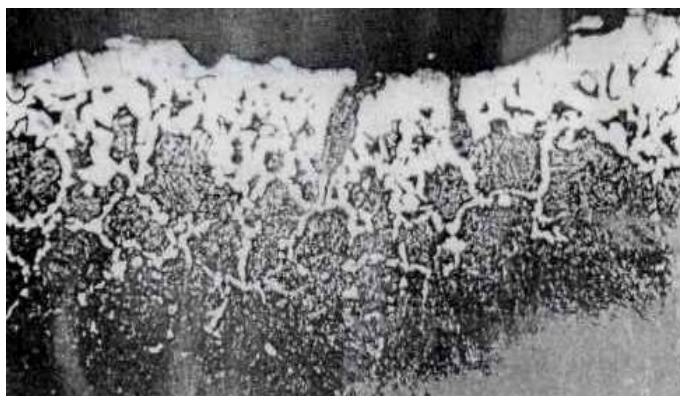


Рисунок 1.3 – Знеуглецьований шар на поверхні прокату із сталі 45, $\times 150$

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).

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

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

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

1.2.3 Призначення припусків на механічну обробку

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

$$П = П_{\text{осн.}} + П_{\text{дод.}}, \quad (1.1)$$

де $П$ – сумарний припуск на механічну обробку;

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

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

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

$$П = 1,4П_{\text{осн.}} \quad (1.2)$$

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

- Діаметр зовнішніх циліндричних поверхонь поковки:

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

- Лінійні розміри поковки (довжина та висота):

$$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + 1,4П_{\text{осн.}} \quad (1.4)$$

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

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

Таблиця 1.11 – Класи точності поковок [1]

Основне обладнання для штампування	Класи точності поковок				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипні преси для гарячого штампування:					
- відкрите штампування				+	+
- закрите штампування		+	+		
- видавлювання			+	+	
Горизонтально-кувальні машини (ГКМ)				+	+
Гвинтові та гідравлічні преси				+	+
Автомати для гарячого штампування		+	+		
Штампувальні молоти				+	+
Об'ємне калібрування (гаряче та холодне)	+	+			
Прецизійне штампування	+				

Клас точності поковки визначається обладнанням, яке використовується для її виготовлення, а також методом штампування. Згідно даних, наведених в табл. 1.11, поковки, отримані гарячим штампуванням у відкритих штампах, мають клас точності T4, T5. Для розрахунків приймаємо клас точності поковки T5.

Група сталі залежить від її хімічного складу. Сталі з вмістом вуглецю до 0,35 % і сумарним вмістом легуючих елементів до 2 % включно відносяться до першої групи M1. До другої групи (M2) відносяться сталі з вмістом вуглецю 0,35 - 0,65 % включно або з сумарним вмістом легуючих елементів від 2 до 5 % включно. Сталі з вмістом вуглецю більше 0,65 % або з сумарним вмістом легуючих елементів більше 5 % відносяться до третьої групи M3. Сталь 45 відноситься до першої групи M1.

Ступінь конструктивної складності поковки залежить від відношення маси поковки (G_n) до маси геометричної фігури (G_ϕ), в яку вписується форма поковки. В якості геометричних фігур, в які може вписуватись форма поковки, державний стандарт рекомендує фігури, зображені на рис. 1.4.

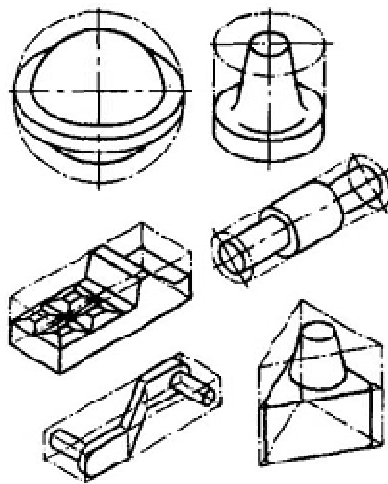


Рисунок 1.4 – Геометричні фігури, в які може вписуватись форма поковки при визначенні ступеня її конструктивної складності

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

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

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

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

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

Для деталі “вал”, робоче креслення якої наведе нижче, $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} = 0,4$ ($G_{\text{п}} = 3,4$ кг; $G_{\text{ф}} = 8,2$ кг). Тобто деталь за ступенем конструктивної складності відноситься до групи C3.

Для поковки масою 3,4 кг параметрам M1, C3, T5 відповідає “індекс” поковки, що дорівнює 15 [1, номограма на с. 169]. Згідно цього “індекса” були визначені припуски на механічну обробку поковки (табл. 12) [1, табл. 6.4, с. 171] та розміри поковки. Максимально допустимі відхилення розмірів поковки визначались згідно [1, табл. 6.10, с. 175]. Радіуси заокруглення зовнішніх кутів поковки прийняті рівними $r = 6,0$ мм [1], штампувальні уклони: $\beta = 5^\circ$ (для зовнішніх циліндричних поверхонь) [1]. Робоче креслення поковки наведено на креслениках.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунків припусків на механічну обробку

Номер поверхні	Ra обробленої поверхні*	Номінальні розміри поверхні, мм*	Основний припуск, $\Pi_{\text{осн.}}$, мм	Додатковий припуск, $\Pi_{\text{дод.}}$, мм**	Формула для визначення розміру поковки	Розміри поковки, мм	Максимально допустимі відхилення розмірів поковки, мм***
1	6,3	$D_{\text{ном}} = 70h11$	2,0	0,8	$D_{\text{п}} = D_{\text{ном}} + 2(\Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}})$	75,6	+2,1/-1,1
	6,3	$L_{\text{ном}} = 45$	1,5	0,5	$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}$	47	+1,6/-0,9
3	0,8	$D_{\text{ном}} = 62k6$	2,0	0,8	$D_{\text{п}} = D_{\text{ном}} + 2(\Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}})$	67,6	+2,1/-1,1
	1,6	$L_{\text{ном}} = 110$	2,2	0,9	$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}$	113,1	+2,1/-1,1
5	6,3	$D_{\text{ном}} = 55d9$	1,8	0,7	$D_{\text{п}} = D_{\text{ном}} + 2(\Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}})$	60	+1,8/-1,0
	6,3	$L_{\text{ном}} = 70$	2,0	0,8	$L_{\text{п}} = L_{\text{ном}} + \Pi_{\text{осн.}} + \Pi_{\text{дод.}}$	72,8	+2,1/-1,1

Примітка: *згідно робочого креслення деталі; ** $\Pi_{\text{дод.}} = 0,4\Pi_{\text{осн.}}$; ***верхнє відхилення / нижнє відхилення.

Припуски на механічну обробку поковки визначались згідно [1, табл. 6.4, с. 171], максимальнo допустимі відхилення розмірів поковки – згідно [1, табл. 6.10, с. 175]. Радіуси заокруглення зовнішніх кутів поковки прийняті рівними $r = 6,0$ мм [1, табл. 6.9, с. 175], штампувальні уклони – $\beta = 5^\circ$ [1].

1.2.4 Нормалізація поковок

Нормалізація – вид термічної обробки, при якому сталь нагрівають вище точки A_{c3} на 30 - 50°C, витримують при цій температурі, а потім охолоджують на повітрі (рис. 1.5). Цей процес призводить до повної фазової перекристалізації сталі, в результаті чого замість вихідної крупнозернистої структури, яка сформувалась у процесі отримання прокату, утворюється рівноосна дрібнозерниста структура [1] (рис. 1.6).

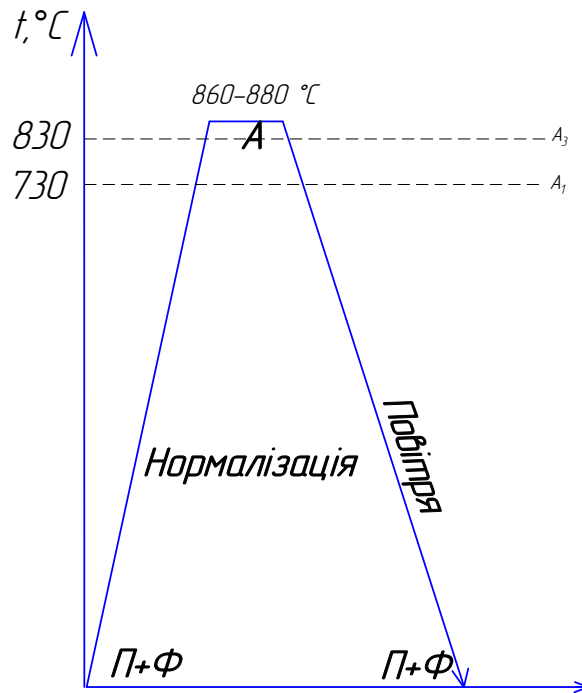
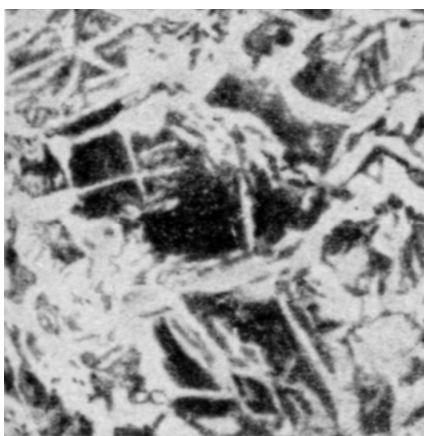
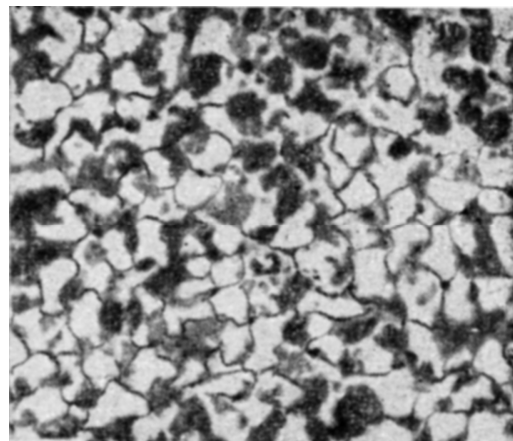


Рисунок 1.5 – Графік режиму нормалізації прокату зі сталі 45



а



б

Рисунок 1.6 – Мікροструктура 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 - 50⁰C 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.

1.3 Вибір технологічних баз

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 встановлення 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

Операція 1. Підрізання торцевої поверхні 14 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патрон токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.7, позиція 1): поверхня 1, яка має більший діаметр, ніж поверхня 3, проходить через патрон токарського верстата, після чого деталь закріплюється кулачками по поверхні 3.

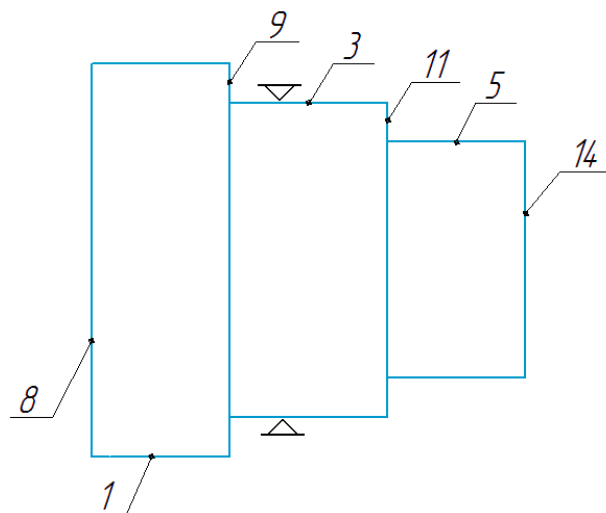


Рисунок 1.7 – Позиція 1

Операція 2. Виконання центрувального отвору на поверхні 14 центрувальним свердлом. Деталь встановлюється у патрон токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.8, позиція 2).

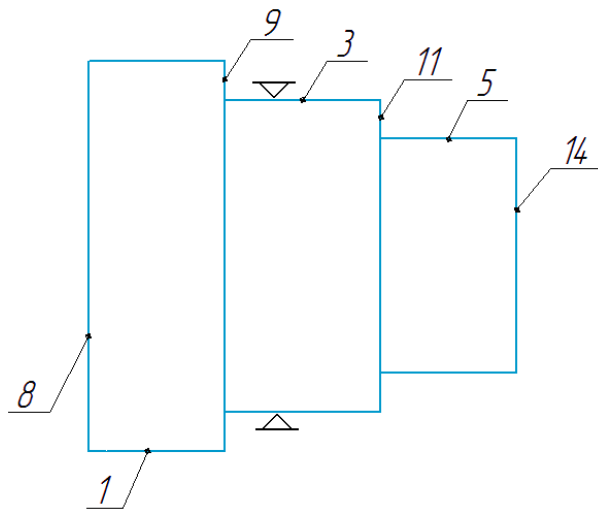


Рисунок 1.8 – Позиція 2

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем на довжину 110 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 1. З правого кінця деталь підпирається конусом Морзе (рис. 1.9, позиція 3).

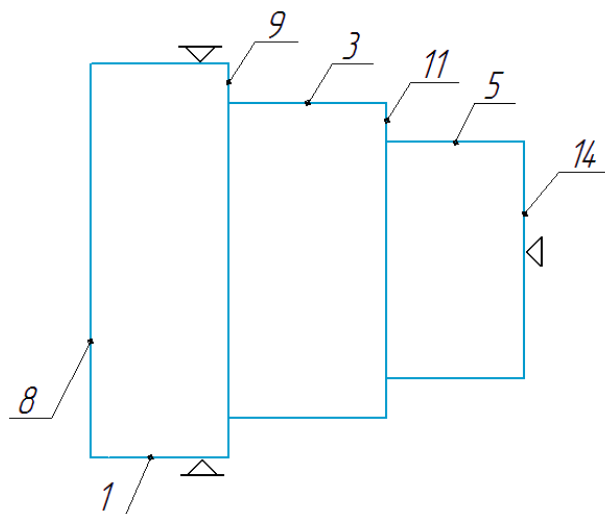


Рисунок 1.9 – Позиція 3

Операція 4. Чорнове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем на довжину 20 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1, а з правого кінця підпирається конусом Морзе (рис. 1.10, позиція 4).

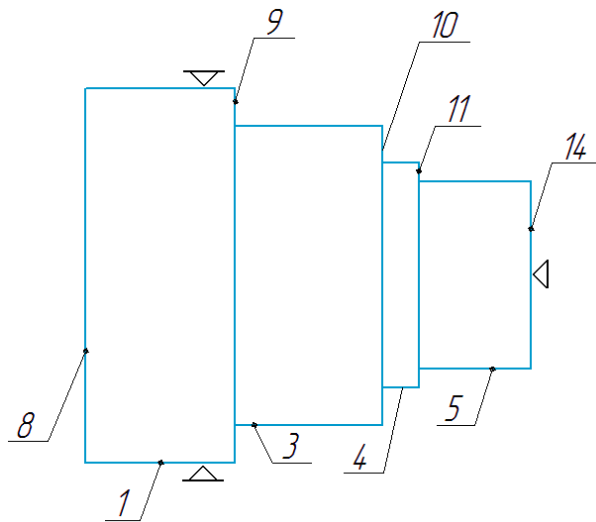


Рисунок 1.10 – Позиція 4

Операція 5. Чорнове точіння поверхні 5 прохідним упорним правим різцем на довжину 70 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1, а з правого кінця підпирається конусом Морзе (рис. 1.11, позиція 5).

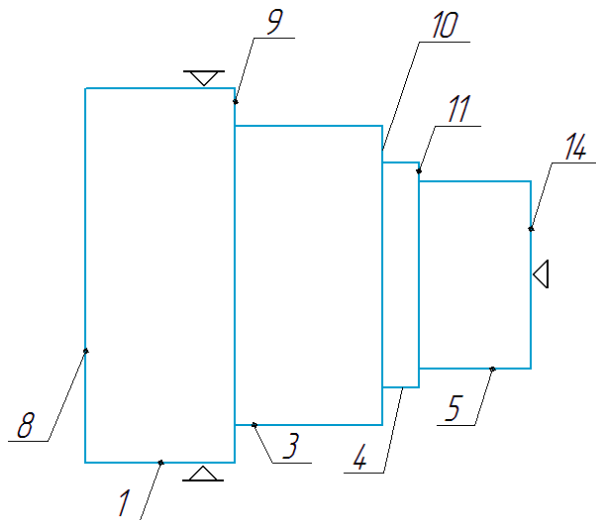


Рисунок 1.11 – Позиція 5

Операція 6. Чорнове точіння поверхні 6 прохідним упорним правим різцем на довжину 45 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.12, позиція 6).

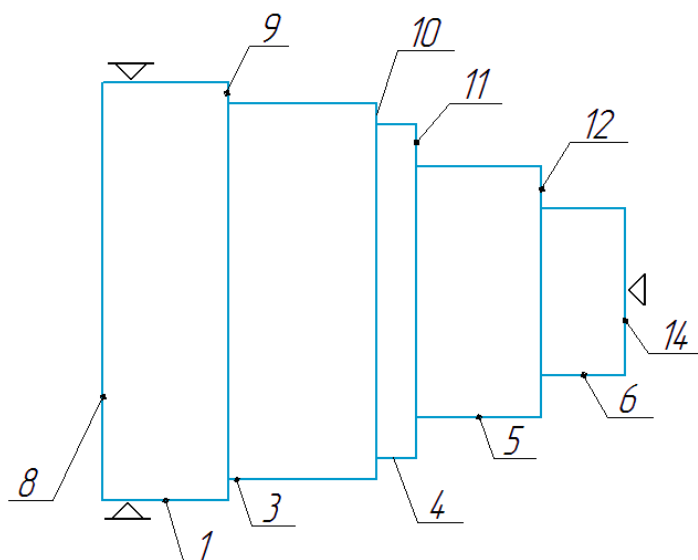


Рисунок 1.12 – Позиція 6

Операція 7. Чистове точіння поверхні 3 прохідним упорним правим різцем на довжину 90 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.13, позиція 7).

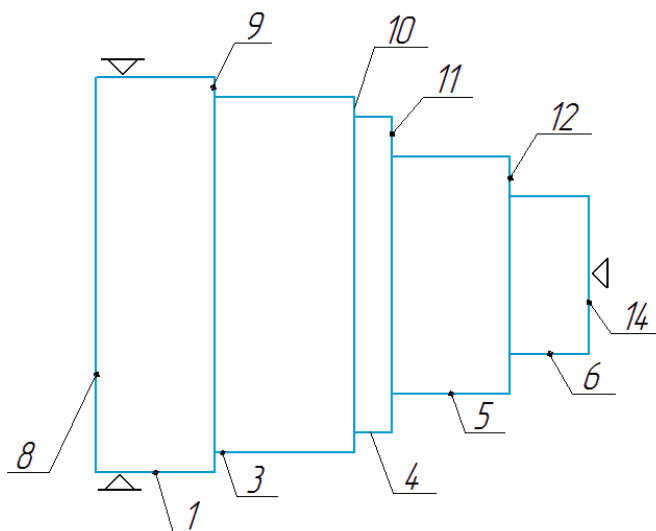


Рисунок 1.13 – Позиція 7

Операція 8. Чистове точіння поверхні 4 прохідним упорним правим різцем на довжину 20 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.14, позиція 8).

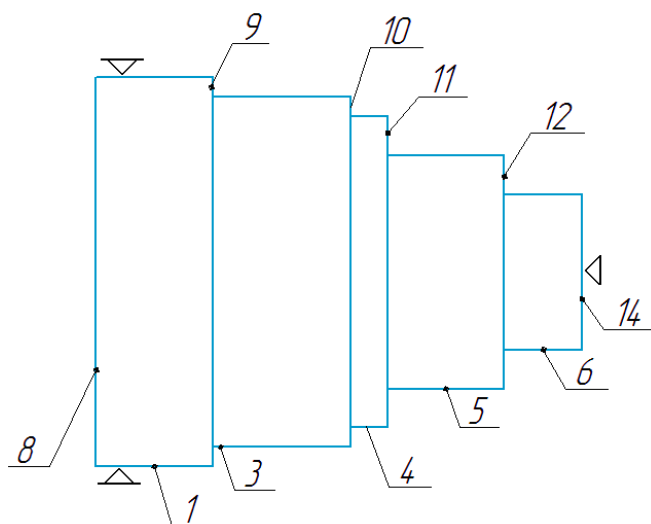


Рисунок 1.14 – Позиція 8

Операція 9. Чистове точіння поверхні 5 прохідним упорним правим різцем на довжину 25 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.15, позиція 9).

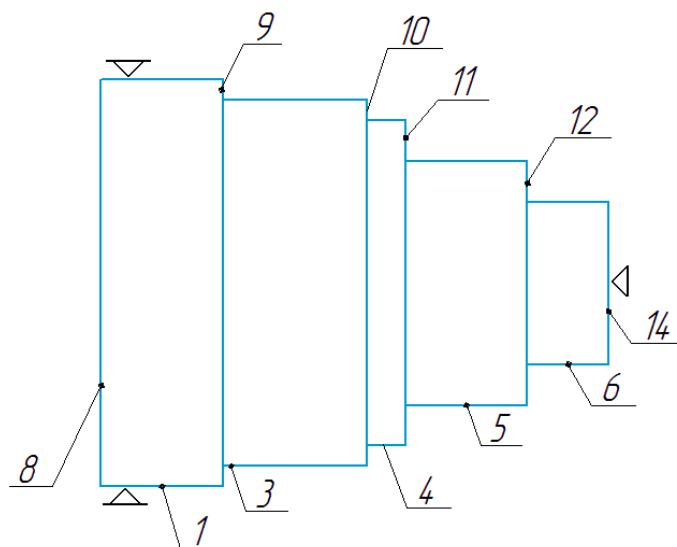


Рисунок 1.15 – Позиція 9

Операція 10. Чистове точіння поверхні 6 прохідним упорним правим різцем на довжину 45 мм. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.16, позиція 10).

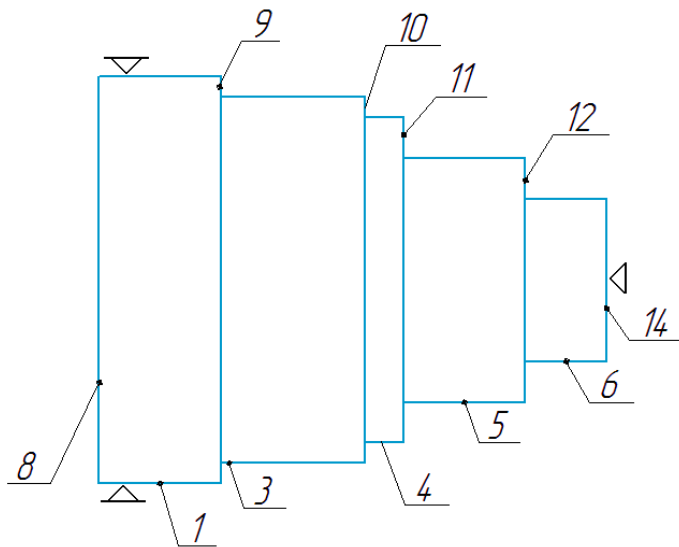


Рисунок 1.16 – Позиція 10

Операція 11. Підрізання фасок на поверхнях 12 та 14 прохідним відігнутих правим різцем. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.17, позиція 11).

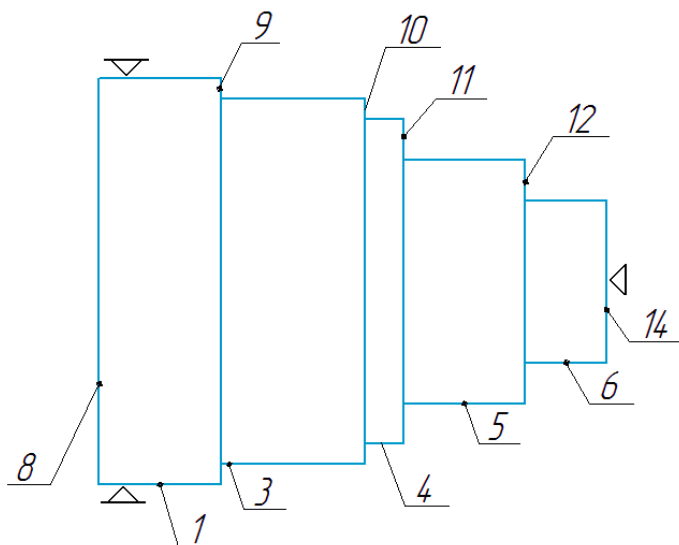


Рисунок 1.17 – Позиція 11

Операція 12. Торцювання поверхні 8 прохідним упорним правим різцем. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.18, позиція 12).

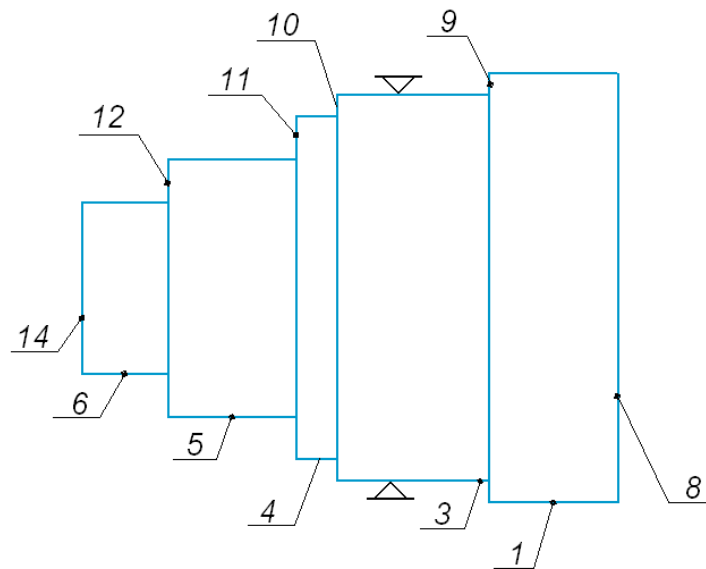


Рисунок 1.18 – Позиція 12

Операція 13. Чорнове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем на довжину 45 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.19, позиція 13).

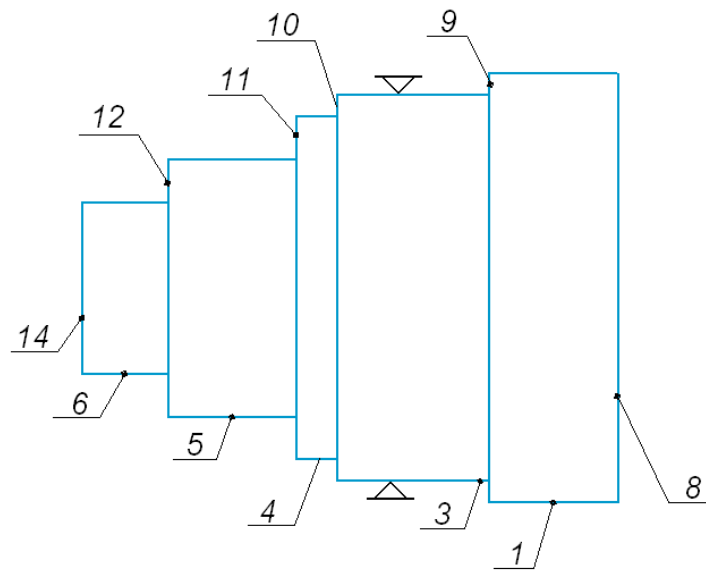


Рисунок 1.19 – Позиція 13

Операція 14. Чорнове точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем на довжину 40 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.20, позиція 14).

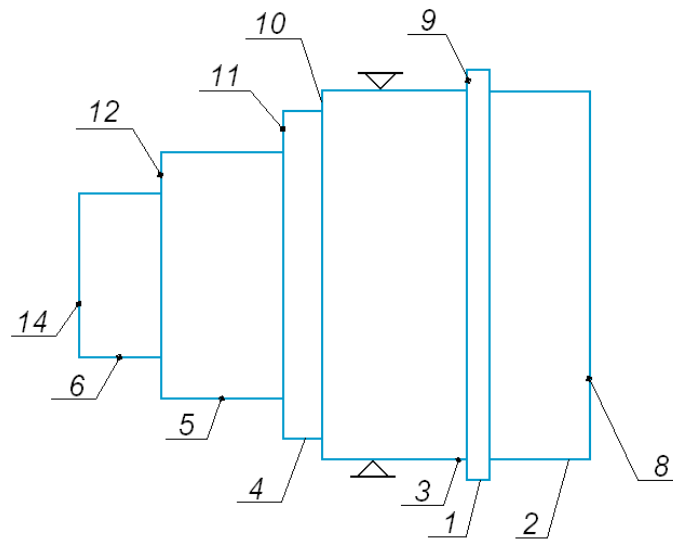


Рисунок 1.20 – Позиція 14

Операція 15. Чистове точіння поверхні 1 прохідним упорним правим різцем на довжину 5 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.21, позиція 15).

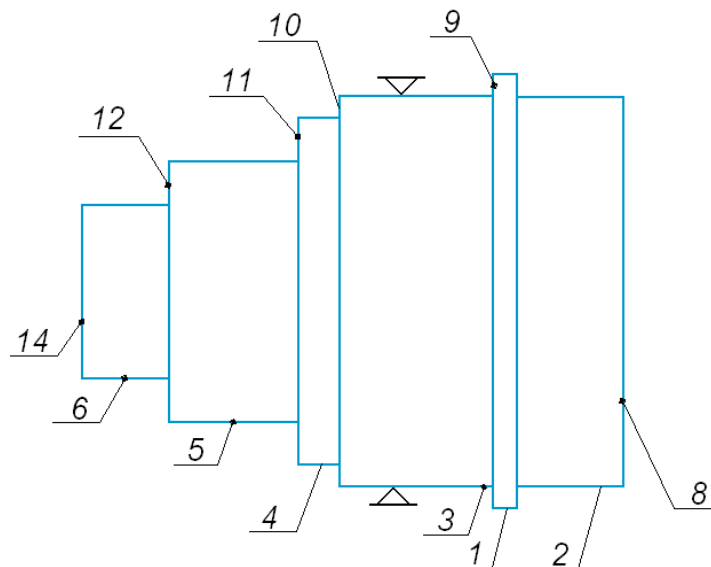


Рисунок 1.21 – Позиція 15

Операція 16. Чистове точіння поверхні 2 прохідним упорним правим різцем на довжину 40 мм. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.22, позиція 16).

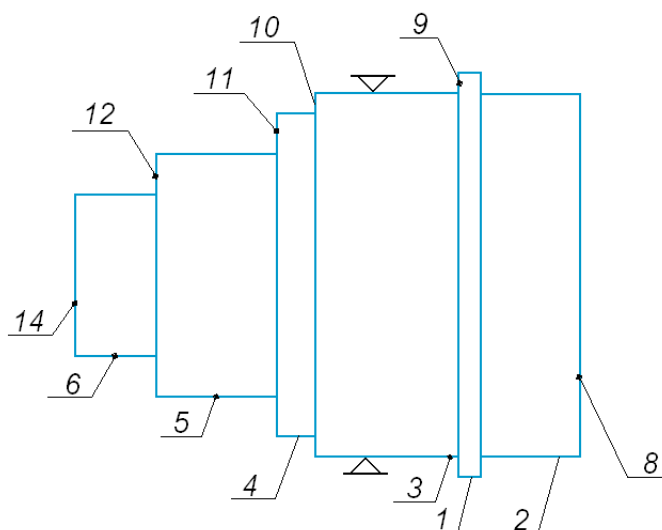


Рисунок 1.22 – Позиція 16

Операція 17. Нарізання шпонкового пазу на поверхні 6. Деталь встановлюється у призмах по поверхні 3 (рис. 1.23, позиція 17).

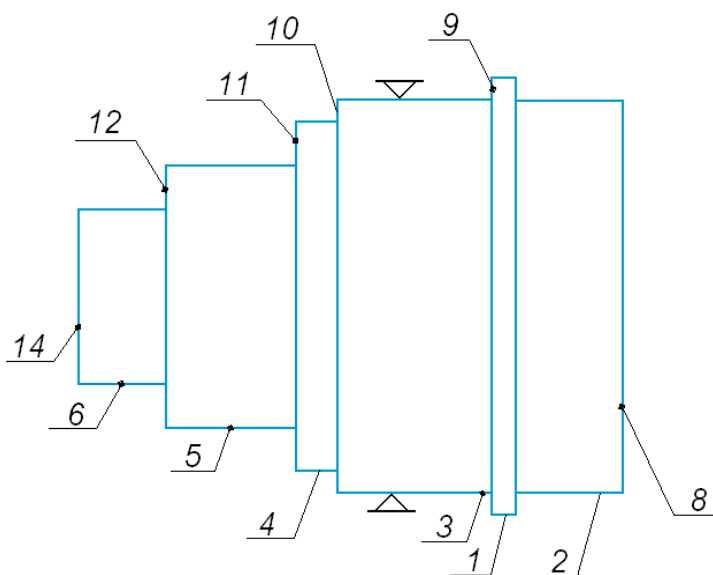


Рисунок 1.23 – Позиція 17

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 14 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (п. 1.4, позиція 1).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 14 дорівнює 60 мм. Згідно [3] для діаметру торцевої поверхні 40 - 60 мм та чистового підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм обираємо наступну поперечну подачу (S) та наступну швидкість різання (V): $S = 0,15$ мм/об., $V = 160$ м/хв.

Частота обертання деталі визначається за наступною формулою:

$$V = \pi Dn,$$

де D – діаметр деталі, м;

n – частота обертання деталі, об/с;

V – швидкість різання, м/с.

$$n = V/\pi D, \quad (1.5)$$

Для $D = 60$ (мм) = 0,06 (м) та $V = 160$ (м/хв.) = 2,67 (м/с) (чистове торцювання; швидкість різання обрано для випадку обробки деталі різцем з твердосплавною пластиною Т30К4):

$$n = 2,67/(3,14 \cdot 0,06) = 15,8 \text{ (об/с)} = 951 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.13 – 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	160	951/900

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання (K_{v1} , K_{v2} , K_{v3}) перевищують 1,0 [3] (σ_B матеріалу, що обробляється, не перевищує 600 МПа), тому немає необхідності зменшувати обрану табличну швидкість різання (навпаки, за необхідності швидкість різання може бути збільшена).

Операція 2. Виконання центрувального отвору на поверхні 14 центрувальним свердлом (п. 1.4, позиція 2).

Приймаємо діаметр центрального отвору $d_{\text{отв.}} = 4$ мм. Для матеріалу з $\sigma_B \leq 600$ МПа, $d_{\text{отв.}} = 4$ мм, $D = 60$ (мм) = 0,06 (м) (D – діаметр торцевої поверхні 14) 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:

$$n = 0,48 / (3,14 \cdot 0,06) = 2,85 \text{ (об/с)} = 171 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 170$ (об/хв.).

Таблиця 1.14 – 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	171/170

Операції 3, 7. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 110 мм та чистове точіння поверхні 3 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (п. 1.4, позиції 3; 7).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 67,6 мм, кінцевий діаметр – 62 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2,8 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету ($\text{Ø}62\text{k}6$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 0,8$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 0,8$ мкм та при загальному технологічному припуску 2,8 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 3-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 3 (чорнове точіння поверхні 3) та два технологічні переходи для операції 7 (чистове та тонке точіння поверхні 3).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 3, 7, що дорівнює 2,8 мм, наступним чином:

Операція 3 – чорнове точіння поверхні 3 на довжину 110 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 1,8$ мм
Операція 7 – чистове точіння поверхні 3 на довжину 90 мм	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,6$ мм
	Перехід 2 – тонке точіння	$t = 0,4$ мм

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

Для операції 3 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т30К4) [3]:

глибина різання $t = 1,8$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

швидкість різання $V = 180$ (м/хв.) = 3 (м/с);

$n = 3/(3,14 \cdot 0,0676) = 15,9$ (об/с) = 955 (об/хв.);

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.15 – 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)
1,8	0,3	180	955/900

Для операції 7 обираємо наступні режими різання (початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює $D = 64$ мм = 0,064 м):

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;

$n = 3,92/(3,14 \cdot 0,064) = 24$ (об/с) = 1420 (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 $V = 235 \text{ (м/хв.)} = 3,92 \text{ (м/с)}$;
 $n = 3,92 / (3,14 \cdot 0,064) = 24 \text{ (об/с)} = 1420 \text{ (об/хв.)}$.
 Приймаємо $n = 1400 \text{ (об/хв.)}$.

Таблиця 1.16 – 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)
Перехід 1			
0,6	0,2	235	1420/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	235	1420/1400

Операції 4, 8. Чорнове та чистове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (п. 1.4, позиції 4; 8).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 64 мм (після чорнового точіння поверхні 3), кінцевий діаметр – 60 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2 мм, точність обробки відповідає 8 квалітету ($\varnothing 60h8$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 6,3$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 8 квалітету при $Ra = 6,3$ мкм та при загальному технологічному припуску 2 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 2-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 4 (чорнове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм) та один технологічний перехід для операції 8 (чистове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 4, 8, що дорівнює 2 мм, наступним чином:

Операція 4 – чорнове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 1,5$ мм
Операція 8 – чистове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,5$ мм

Для операції 4 обираємо наступні режими різання ($D = 64$ мм):

глибина різання $t = 1,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 2,67 / (3,14 \cdot 0,064) = 16,35$ (об/с) = 921 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.17 – Режими різання для операції 4

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
1,5	0,3	160	921/900

Для операції 8 обираємо наступні режими різання ($D = 61$ мм):

глибина різання $t = 0,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

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

$n = 3,67 / (3,14 \cdot 0,061) = 23,85$ (об/с) = 1410 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.18 – Режими різання для операції 8

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
0,5	0,2	220	1410/1400

Операції 5, 9. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 70 мм та чистове точіння поверхні 5 на довжину 25 мм прохідним упорним правим

різцем з твердосплавною пластиною T15K6 (п. 1.4, позиції 5; 9).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 60 мм, кінцевий діаметр – 55 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 2,5 мм, точність обробки відповідає 9 квалітету ($\varnothing 55d9$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 6,3$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 9 квалітету при $Ra = 6,3$ мкм та при загальному технологічному припуску 2,5 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 2-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 5 (чорнове точіння поверхні 6 на довжину 70 мм) та один технологічний перехід для операції 9 (чистове точіння поверхні 5 на довжину 25 мм).

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

Операція 5 – чорнове точіння поверхні 5 на довжину 70 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2$ мм
Операція 9 – чистове точіння поверхні 5 на довжину 25 мм	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 0,5$ мм

Для операції 5 обираємо наступні режими різання ($D = 60$ мм):

глибина різання $t = 2$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 2,33 / (3,14 \cdot 0,06) = 15,14$ (об/с) = 888 (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.19 – Режими різання для операції 5

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
2	0,3	140	888/900

Для операції 9 обираємо наступні режими різання ($D = 56$ мм):

глибина різання $t = 0,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

швидкість різання $V = 200$ (м/хв.) = 3,33 (м/с).

$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,056) = 23,05$ (об/с) = 1346 (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.20 – 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)
0,5	0,2	200	1346/1400

Операції 6, 10. Чорнове та чистове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T30K4 (п. 1.4, позиції 6; 10).

Початковий діаметр поверхні, що обробляється, складає 56 мм (після чорнового точіння поверхні 5), кінцевий діаметр – 50 мм. Загальний технологічний припуск на сторону дорівнює 3 мм, точність обробки відповідає 6 квалітету ($\varnothing 50h6$), шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 0,8$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 6 квалітету при $Ra = 0,8$ мкм та при загальному технологічному припуску 3 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 3-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 6 (чорнове точіння поверхні 6) та два технологічні переходи для операції 10 (чистове та тонке точіння поверхні 6).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 6, 10, що дорівнює 3 мм, наступним чином:

Операція 6 – чорнове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2$ мм
Операція 10 – чистове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм	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 6 обираємо наступні режими різання (різець з твёрдосплавною пластиною Т30К4) [3]:

глибина різання $t = 2$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

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

$n = 2,5 / (3,14 \cdot 0,056) = 928$ (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.21 – Режими різання для операції 6

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
2	0,3	150	928/900

Для операції 10 обираємо наступні режими різання (початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює $D = 52$ мм = 0,052 м):

Перехід 1 (чистове точіння):

глибина різання $t = 0,6$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

швидкість різання $V = 200$ м/хв. = 3,33 м/с;

$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,052) = 1375$ (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 $V = 200$ (м/хв.) = 3,33 (м/с).

$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,052) = 1375$ (об/хв.).

Приймаємо $n = 1400$ (об/хв.).

Таблиця 1.22 – 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	200	1375/1400
Перехід 2			
0,4	0,12	200	1375/1400

Операція 11. Підрізання фасок на поверхнях 12, 14 прохідним відігнутим правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (позиція 11).

Для підрізання фасок на поверхнях 12, 14 обираємо наступні значення поздовжньої подачі (S) та швидкості різання (V) (діаметр 50 - 60 мм; різець з твердосплавною пластиною Т30К4 [3]):

$$S = 0,12 \text{ мм/об.}, V = 200 \text{ м/хв.} = 3,33 \text{ м/с.}$$

Частота обертання деталі при підрізанні фаски на поверхні 12 (D = 55 мм = 0,055 м):

$$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,055) = 1015 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо n = 900 (об/хв.).

Частота обертання деталі при підрізанні фаски на поверхні 14 (D = 50 мм = 0,05 м):

$$n = 3,33 / (3,14 \cdot 0,05) = 1050 \text{ (об/хв.)}$$

Обираємо n = 900 (об/хв.).

Таблиця 1.23 – 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)
Підрізання фаски на поверхні 12			
≤ 2	0,12	200	1015/900
Підрізання фаски на поверхні 14			
≤ 2	0,12	200	1050/900

Операція 12. Торцювання поверхні 8 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (п. 1.4, позиція 12).

Чистове підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм. Діаметр торцевої поверхні 8 дорівнює 75,6 мм. Згідно [3] для діаметру торцевої поверхні 60 - 80 мм та чистового підрізання торця з глибиною різання менше 2 мм різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 обираємо наступну поперечну подачу (S) та наступну швидкість різання (V): $S = 0,15$ (мм/об.), $V = 180$ (м/хв.) = 3,0 (м/с).

Частота обертання деталі ($D = 75,6$ мм = 0,0756 м):

$n = 3/(3,14 \cdot 0,0756) = 470$ (об/хв.).

Приймаємо $n = 500$ (об/хв.).

Таблиця 1.24 – Режими різання для операції 12

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	470/500

Операції 13, 15. Чорнове точіння поверхні 1 на довжину 45 мм та чистове точіння поверхні 1 на довжину 5 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (п. 1.4, позиції 13, 15).

Початковий діаметр поверхні 1 складає 75,6 мм. Загальний технологічний припуск на сторону (при номінальному діаметрі 70 мм) дорівнює 2,8 мм. Точність обробки відповідає 11 квалітету, шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 6,3$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 11 квалітету при $Ra = 6,3$ мкм та при загальному технологічному припуску 2,8 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 2-х [3]. Отже, обираємо один технологічний перехід для операції 13 (чорнове точіння поверхні 1) та один технологічний перехід для операції 15 (чистове точіння поверхні 1).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 13, 14, що дорівнює 2,8 мм, наступним чином:

Операція 13 – чорнове точіння поверхні 1 на довжину 45 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	t = 1,8 мм
Операція 15 – чистове точіння поверхні 1 на довжину 5 мм	Перехід 1 – чистове точіння	t = 1,0 мм

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

Для операції 13 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т30К4) [3]:

глибина різання t = 1,8 мм;

поздовжня подача S = 0,3 мм/об.;

швидкість різання V = 180 (м/хв.) = 3 (м/с);

n = 3/(3,14·0,756) = 830 (об/хв.).

Приймаємо n = 900 (об/хв.).

Таблиця 1.25 – 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)
1,8	0,3	180	830/900

Для операції 15 обираємо наступні режими різання (початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює D = 73 мм = 0,073 м):

глибина різання t = 1,0 мм;

поздовжня подача S = 0,2 мм/об.;

швидкість різання V = 235 м/хв. = 3,92 м/с;

n = 3,92/(3,14·0,073) = 850 (об/хв.).

Приймаємо n = 900 (об/хв.).

Таблиця 1.26 – Режими різання для операції 15

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
1,0	0,2	235	850/900

Операції 14, 16. Чорнове та чистове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4 (п. 1.4, позиції 14, 16).

Початковий діаметр поверхні 2 складає 73 мм (після чорнового точіння поверхні 1). Загальний технологічний припуск на сторону (при номінальному діаметрі 62 мм) дорівнює 5,5 мм. Точність обробки відповідає 8 квалітету, шорсткість обробленої поверхні дорівнює $Ra = 6,3$ мкм. Для жорсткої системи закріплення деталі точність обробки по 8 квалітету при $Ra = 6,3$ мкм та при загальному технологічному припуску 5,5 мм може бути забезпечена при кількості проходів не менше 3-х [3]. Отже, обираємо два технологічні переходи для операції 14 (чорнове точіння поверхні 2) та один технологічний перехід для операції 16 (чистове точіння поверхні 2).

Розбиваємо загальний технологічний припуск на операціях 14, 16, що дорівнює 5,5 мм, наступним чином:

Операція 14 – чорнове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм	Перехід 1 – чорнове точіння	$t = 2,5$ мм
	Перехід 2 – чорнове точіння	$t = 2,0$ мм
Операція 16 – чистове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм	Перехід 1 – чистове точіння	$t = 1,0$ мм

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

Для операції 14 обираємо наступні режими різання (різець з твердосплавною пластиною Т30К4) [3]:

Перехід 1:

глибина різання $t = 2,5$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

швидкість різання $V = 180$ (м/хв.) = 3 (м/с);

$n = 3/(3,14 \cdot 0,73) = 820$ (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Перехід 2:

глибина різання $t = 2,0$ мм;

поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.;

швидкість різання $V = 180$ (м/хв.) = 3 (м/с);

$n = 3/(3,14 \cdot 0,73) = 820$ (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.27 – Режими різання для операції 14

Глибина різання, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/об.	Швидкість різання, V , м/хв.	Частота обертання деталі, n , об/хв. (розрахункова / обрана)
Перехід 1			
2,5	0,3	180	830/900
Перехід 2			
2,0	0,3	180	830/900

Для операції 16 обираємо наступні режими різання (початковий діаметр поверхні, що обробляється, дорівнює $D = 64$ мм = 0,064 м):

глибина різання $t = 1,0$ мм;

поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.;

швидкість різання $V = 235$ м/хв. = 3,92 м/с;

$n = 3,92/(3,14 \cdot 0,064) = 910$ (об/хв.).

Приймаємо $n = 900$ (об/хв.).

Таблиця 1.28 – 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)
1,0	0,2	235	910/900

Операція 17. Нарізання шпонкового пазу шириною 12 мм на поверхні 6 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 12 мм по ГОСТ 9140-68. Матеріал фрези – сталь Р6М5.

При нарізанні шпонкового пазу деталь, встановлена на призмі по поверхні 3 (п. 1.4, позиція 17), 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]:

$$V_{\max} = (C_V \cdot D^q \cdot K_V) / (T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot b^u), \quad (1.6)$$

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):

$C_V = 48$ (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];

$b = 12$ мм;

$D = 12$ мм;

$t = 0,4$ мм;

$S = S_z = 0,4$ мм/зуб;

$T = 120$ хв.

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:

$$V_{\max} = (48 \cdot 16^{0,45} \cdot 1,5) / (120^{0,33} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 0,4^{0,5} \cdot 12^{0,1}) = 99,2 \text{ (м/хв.)} = 1,65 \text{ (м/с)}.$$

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

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

Максимально допустима частота обертання фрези діаметром $D = 12$ мм
= 0,012 мм:

$$n_{\max} = 1,65 / (3,14 \cdot 0,012) = 37,5 \text{ (об/с)} = 2252 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймаємо $n = 1000$ (об/хв.).

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

$$v = S_z \cdot n \cdot z, \quad (1.7)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$v_{вр} = S_{вр} \cdot n \cdot z, \quad (1.8)$$

де $S_{вр}$ – подача при врізанні фрези на глибину різання; $S_{вр} = 0,01$ мм/зуб;

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

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

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

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

Таблиця 1.29 – Режими різання для операції 17 (фрезерування шпонкового паза)

Глибина різання за один прохід, t , мм	Поздовжня подача, S_z , мм/зуб	Частота обертання фрези, n , об/хв.	Швидкість поздовжнього переміщення стола, v , м/хв.	Подача при врізанні на глибину різання, $S_{вр}$, мм/зуб	Швидкість вертикального переміщення фрези при її врізанні на глибину різання, $v_{вр}$, м/хв.
Перехід 1-12					
0,4	0,4	1000	0,8	0,01	0,02
Перехід 13					
0,2	0,4	1000	0,8	0,01	0,02

1.5.2 Маршрутно-операційна технологія обробки деталі

Операція 1. Підрізання торцевої поверхні 14 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластинкою Т30К4 (рис. 1.24).

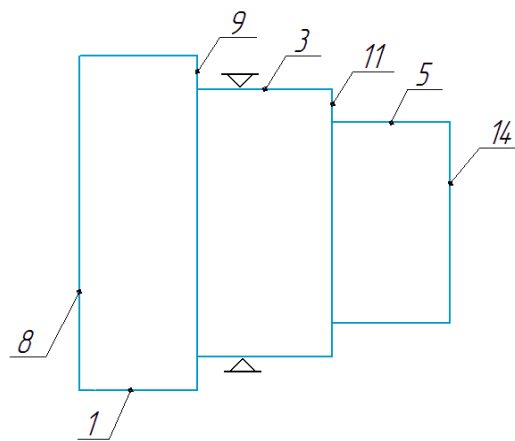


Рисунок 1.24 – Позиція 1

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі у патроні токарського верстата по циліндричній поверхні 3.

Технологічний перехід 2. Підрізання торцевої поверхні 14 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 14 центрувальним свердлом зі сталі Р6М5 (рис. 1.25): поздовжня подача $S = 0,05$ мм/об.; $n = 170$ об/хв. (попередньо переключити частоту обертання патрону верстата з 900 на 170 об/хв.). Діаметр центрувального отвору – 4 мм.

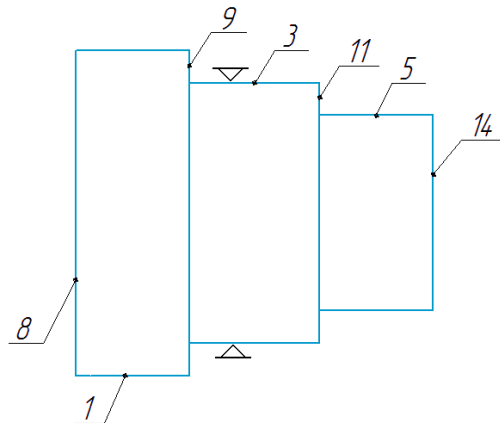


Рисунок 1.25 – Позиція 2

Операція 3. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 110 мм прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т30К4.

Технологічний перехід 1. Встановлення та закріплення деталі. З лівої сторони деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (рис. 1.26).

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 3 на довжину 110 мм прохідним упорним правим різцем з твёрдосплавною пластиною Т30К4. Режими різання: $t = 1,8$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв. (попередньо переключити частоту обертання патрону верстата зі 170 до 900 об/хв.).

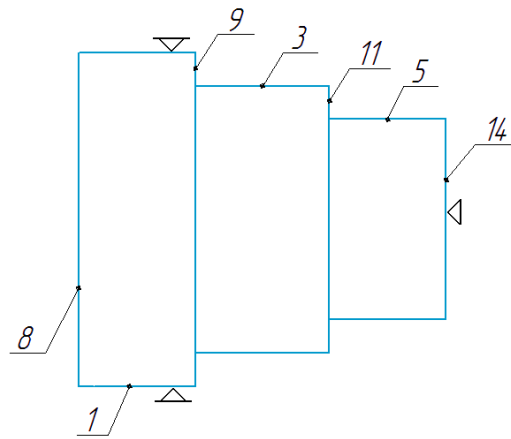


Рисунок 1.26 – Позиція 3

Операція 4. Чорнове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T30K4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (рис. 1.27).

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм. Режими різання: $t = 1,5$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

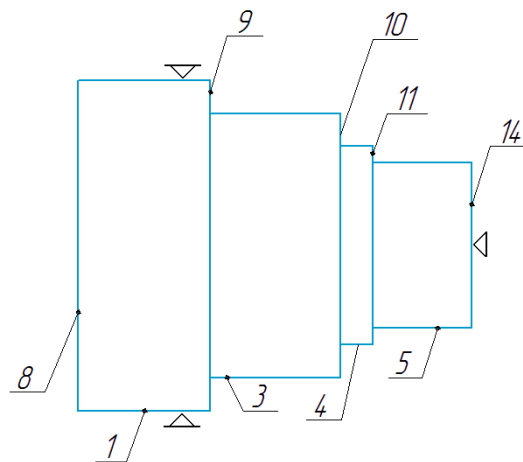


Рисунок 1.27 – Позиція 4

Операція 5. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 70 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T30K4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а

з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (рис. 1.28).

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 5 на довжину 70 мм. Режими різання: $t = 2,0$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

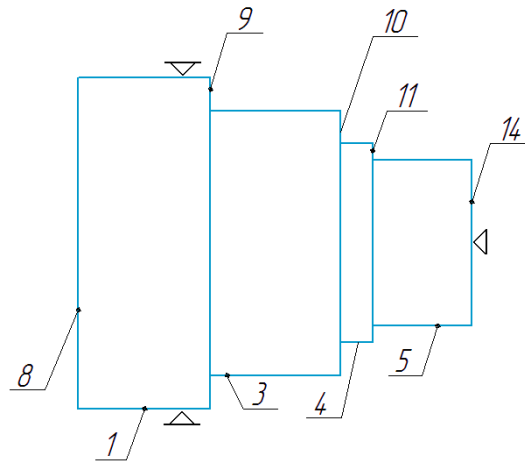


Рисунок 1.28 – Позиція 5

Операція 6. Чорнове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм прохідним упорним правим різцем з твердоспавною пластиною Т30К4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (рис. 1.29).

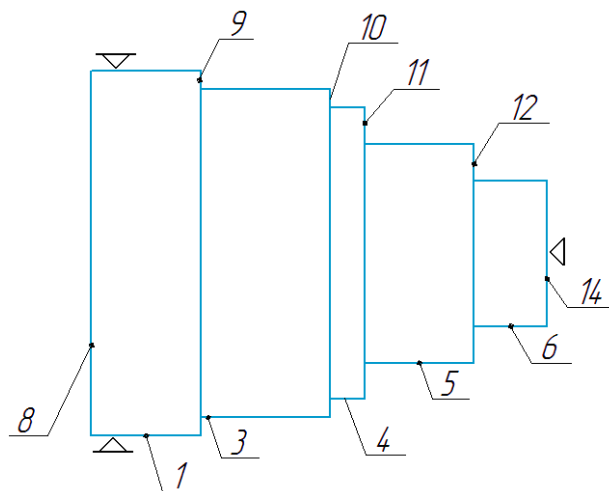


Рисунок 1.29 – Позиція 6

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм.
Режими різання: $t = 2,0$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Операція 7. Чистове точіння поверхні 3 на довжину 90 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (рис. 1.30).

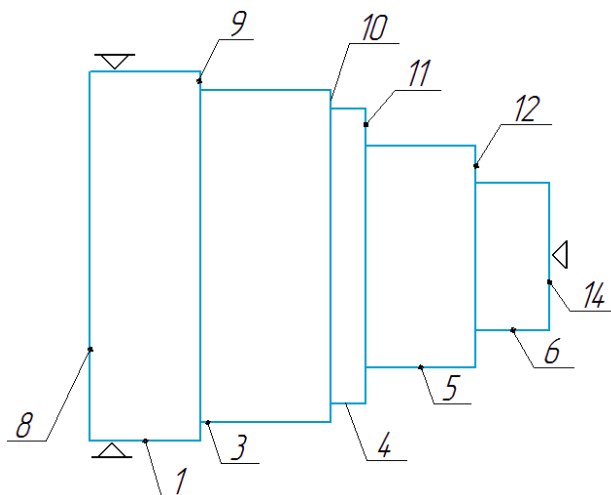


Рисунок 1.30 – Позиція 7

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 3 на довжину 90 мм.
Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об; $n = 1400$ об/хв.
(попередньо змінити частоту обертання деталі з 900 об/хв. на 1400 об/хв.).

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 3 на довжину 90 мм.
Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об; $n = 1400$ об/хв.

Операція 8. Чистове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по необробленій поверхні 1, а з правої сторони підпирається конусом Морзе по центрувальному отвору (рис. 1.31).

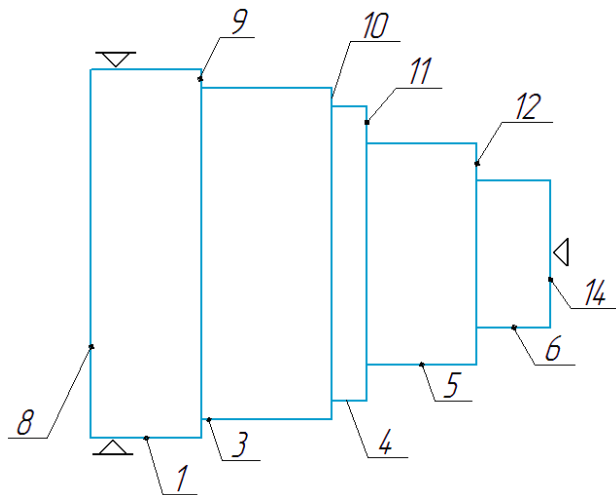


Рисунок 1.31 – Позиція 8

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 4 на довжину 20 мм. Режими різання: $t = 0,5$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об; $n = 1400$ об/хв.

Операція 9. Чистове точіння поверхні 5 на довжину 25 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.32).

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 5 на довжину 25 мм. Режими різання: $t = 0,5$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

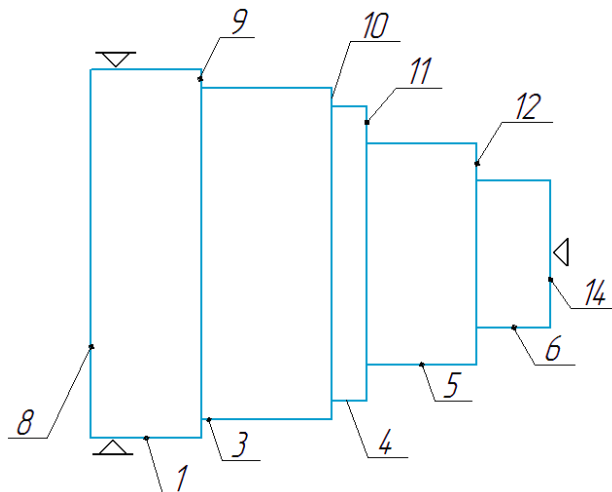


Рисунок 1.32 – Позиція 9

Операція 10. Чистове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.33).

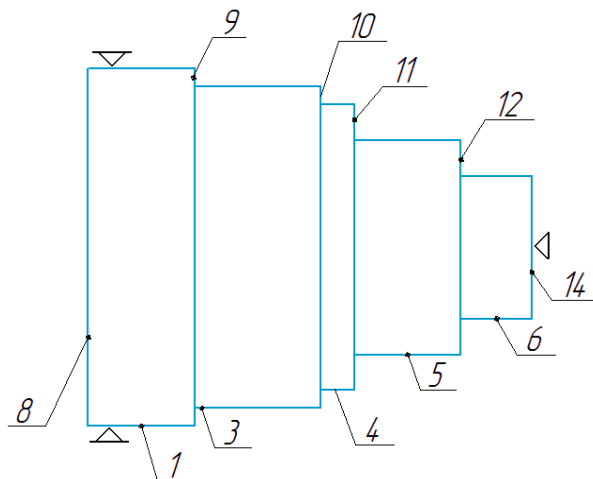


Рисунок 1.33 – Позиція 10

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 6 на довжину 45 мм. Режими різання: $t = 0,6$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Тонке точіння поверхні 6 на довжину 45 мм. Режими різання: $t = 0,4$ мм; поздовжня подача $S = 0,12$ мм/об.; $n = 1400$ об/хв.

Операція 11. Підрізання фасок на поверхнях 12 та 14 прохідним відігнутим правим різцем з твердосплавною пластиною Т30К4. Деталь закріплюється у патроні токарського верстата по поверхні 1 та підпирається конусом Морзе зі сторони задньої бабки (рис. 1.34).

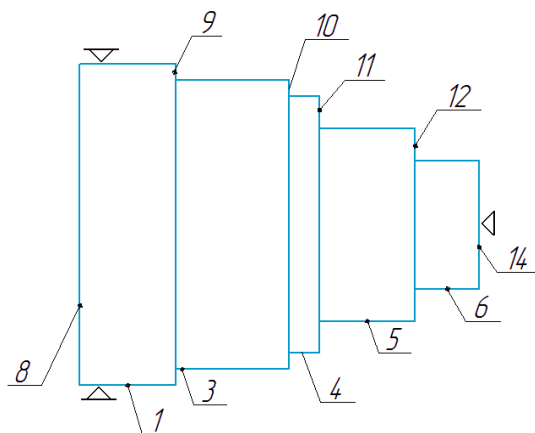


Рисунок 1.34 – Позиція 11

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

Технологічний перехід 2. Виконання фасок на поверхнях 12 та 14. Режими різання: поздовжня подача $S = 0,12$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).

Операція 12. Торцювання поверхні 8 прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T15K6. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.35).

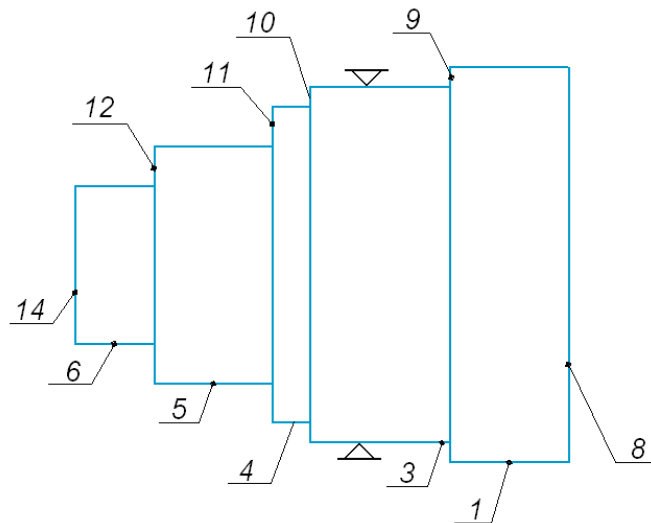


Рисунок 1.35 – Позиція 12

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.35).

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

Технологічний перехід 3. Торцювання поверхні 8. Режими різання: $t \leq 2$ мм; поперечна подача $S = 0,15$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).

Операція 13. Чорнове точіння поверхні 1 на довжину 45 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластиною T30K4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.36).

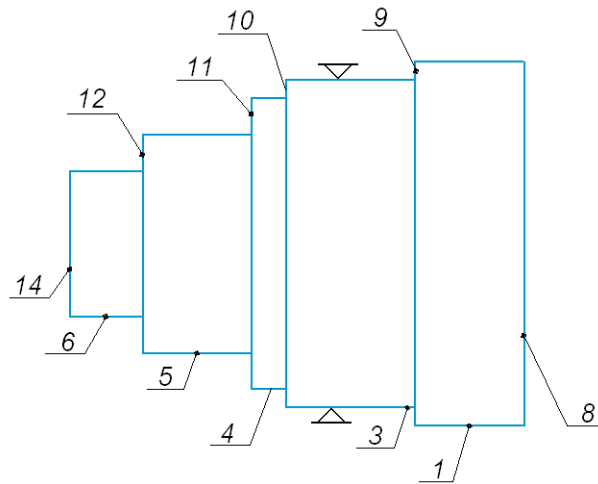


Рисунок 1.36 – Позиція 13

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 1 на довжину 45 мм. Режими різання: $t = 1,8$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).

Операція 14. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм прохідним упорним правим різцем з твердоспавною пластиною T30K4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.37).

Технологічний перехід 1. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм. Режими різання: $t = 2,5$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).

Технологічний перехід 2. Чорнове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм. Режими різання: $t = 2,0$ мм; поздовжня подача $S = 0,3$ (мм/об.); $n = 900$ (об/хв.).

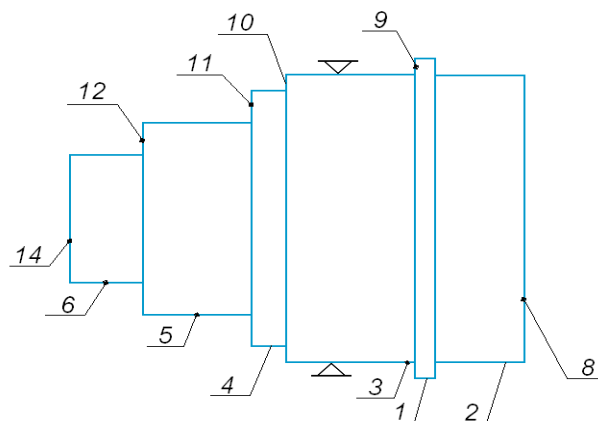


Рисунок 1.37 – Позиція 14

Операція 15. Чистове точіння поверхні 1 на довжину 5 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластинною Т30К4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 3 (рис. 1.38).

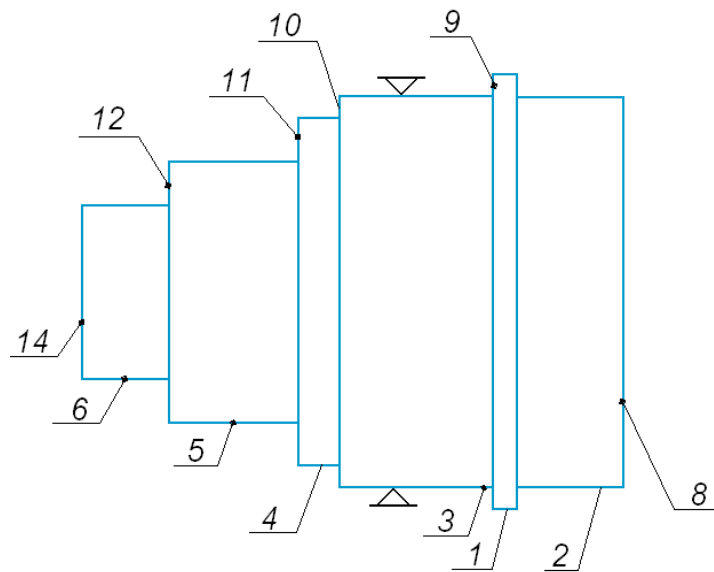


Рисунок 1.38 – Позиція 15

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 1 на довжину 5 мм. Режими різання: $t = 1,0$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Операція 16. Чистове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм прохідним упорним правим різцем з твердосплавною пластинною Т30К4. Деталь встановлюється у патроні токарського верстата по поверхні 4 (рис. 1.39).

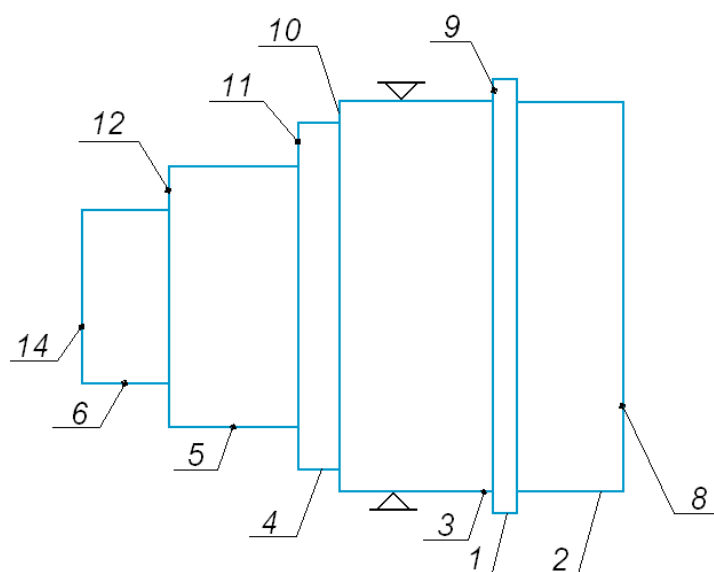


Рисунок 1.39 – Позиція 16

Технологічний перехід 1. Чистове точіння поверхні 2 на довжину 40 мм.
Режими різання: $t = 1,0$ мм; поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об.; $n = 900$ об/хв.

Технологічний перехід 2. Зняття деталі з верстата.

Операція 17. Нарізання шпонкового пазу шириною 12 мм на поверхні 7 на горизонтально-фрезерному верстаті. Інструмент – кінцева шпонкова фреза номінальним діаметром 12 мм по ГОСТ 9140-68. Матеріал фрези – сталь Р6М5.

Технологічний перехід 1. Встановлення деталі на призми по поверхні 3 (рис. 1.40).

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 рис. 1.41 це положення фрези вказано пунктирною лінією). Потім фреза піднімається уверх та зміщується у бік деталі на відстань S , яка дорівнює: $S = D/2 + d/2$ (позиція 12), де D – діаметр фрези ($D = 12$ мм); d – діаметр вала. Для поверхні 7: $d = 40$ мм, отже $S = 6 + 20 = 26$ мм.

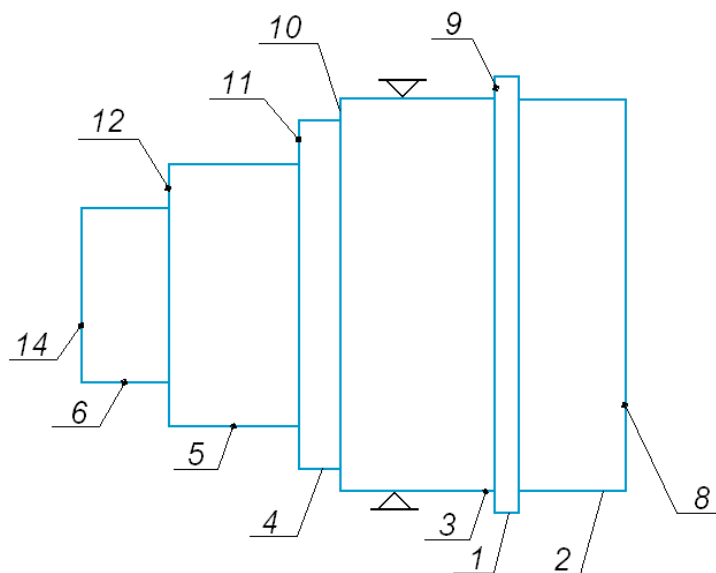


Рисунок 1.40 – Позиція 17 (перехід 1)

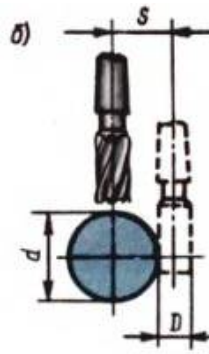


Рисунок 1.41 – Встановлення фрези у діаметральній площині вала (перехід 2)

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: $t = 0,2$ 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.

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.

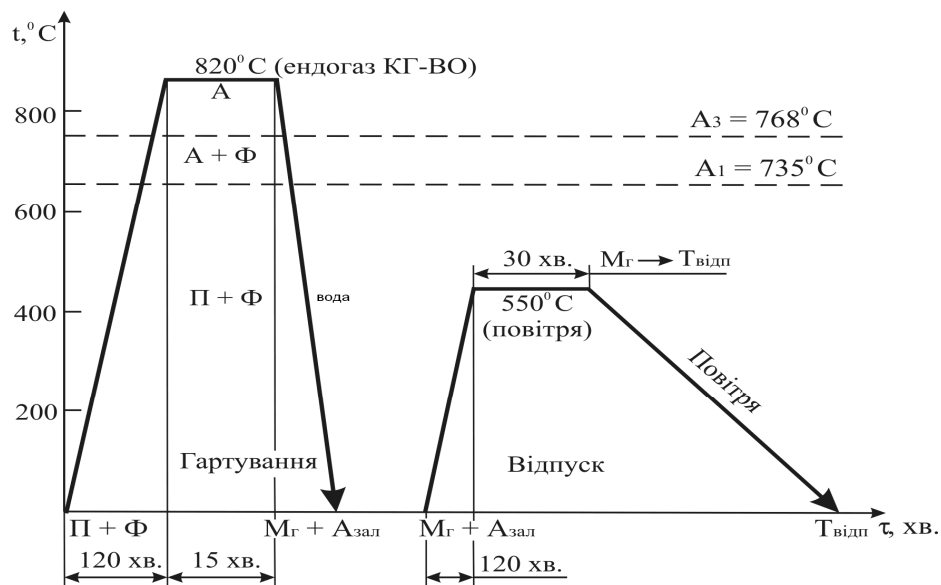


Рисунок 1.42 - Графік режиму термічної обробки валів зі Сталі 45

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_T) (рис. 1.44). У процесі відпуску мартенсит гарту (M_T) 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.

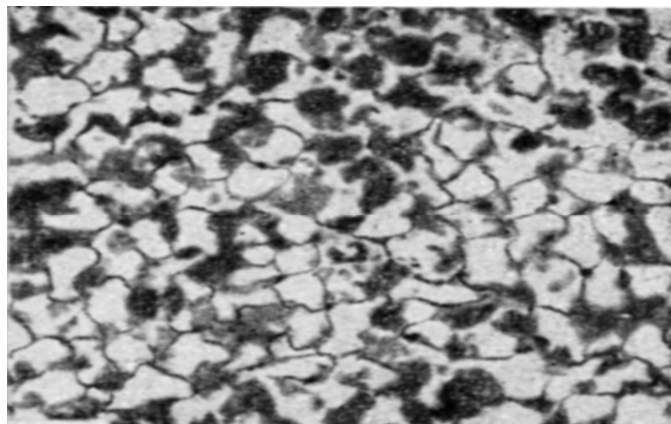


Рисунок 1.43 - Вихідна дрібнозерниста структура валів, отриманих механічною обробкою круглого прокату: перліт + ферит, $\times 300$

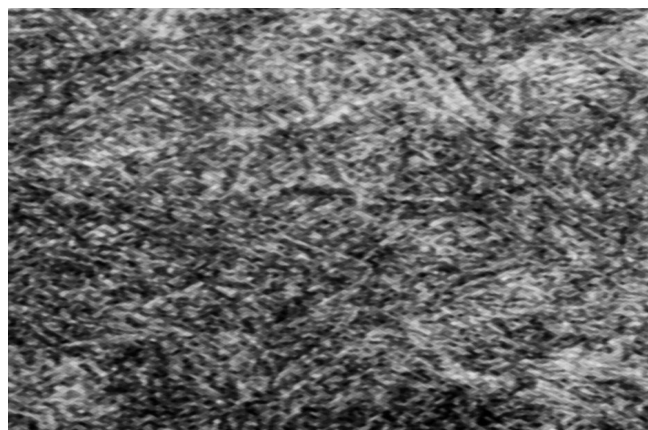


Рисунок 1.44 - Мікроструктура валів після гартування від температури 820°C : дрібноголчастий мартенсит, $\times 500$

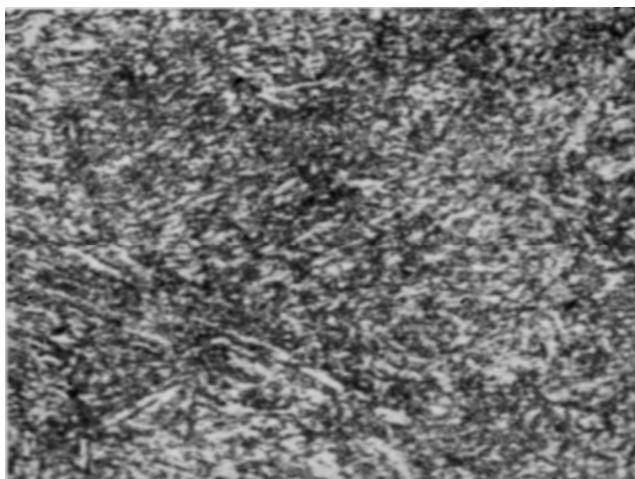


Рисунок 1.45 - Мікроструктура валів після відпуску при температурі 550°C протягом 30 хвилин: сорбіт відпуску, $\times 500$

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

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

11. Вивантаження піддону з валами з відпускнуї 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. Знеуглецьований шар – дефект, викликаний вигоранням вуглецю в поверхневих шарах металу. Призводить до пониження твердості і втомної міцності. Знеуглецьований шар утворюється при нагріванні сталі в окислювальному середовищі.

3. Перегрів виникає при нагріванні сталі до температур, значно вищих за оптимальну температуру гартування. Він призводить до зростання аустенітного зерна (рис. 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.

5. Недовідпуск – надмірно висока твердість відпущеної після гартування сталі. Недовідпущена сталь має трооститну або троосто-мартенситну структуру (рис. 1.46).

Таблиця 1.30 - 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; магніто-порошкова дефектоскопія	Автоматичний контроль температури печі з точністю ± 10 град.	Не усувається
Крупнозернистість (утворюється крупногочастий мартенсит)	Перегрів сталі вище оптимальної температури гартування	Металографічний аналіз; травник – 4%-й розчин азотної кислоти в етиловому спирті	Автоматичний контроль температури печі ± 10 град.	Повторне гартування + відпуск
Наявність структурно вільного фериту	Недогрів сталі до аустенітного стану; гартування з області аустеніт + ферит	Вимірювання твердості; металографічний аналіз	Автоматичний контроль температури печі ± 10 град.	Повторне гартування + відпуск
Знеуглецьований шар	Нагрів в окислювальному середовищі; перегрів сталі.	металографічний аналіз	Нагрівання деталей в захисному газовому середовищі	Не усувається
Надмірно висока твердість (недовідпуск)	Недогрів до оптимальної температури відпуску; недостатня витримка при температурі відпуску	Вимірювання твердості	Контролювати температуру відпускну печі; збільшити час витримки деталей при температурі відпуску	Повторний відпуск

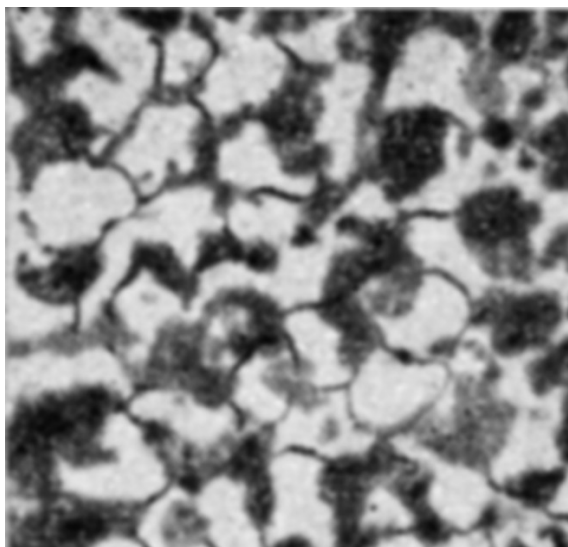


Рисунок 1.46 - Крупнозерниста мікроструктура сталі 45 при перегріві і наступному повільному охолодженні: перліт + ферит, $\times 300$

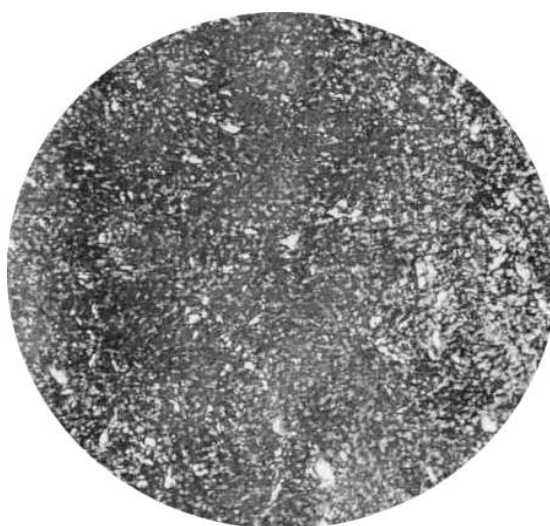


Рисунок 1.47 - Неякісно відпущена сталь 45 з трооститною структурою, $\times 200$

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 .

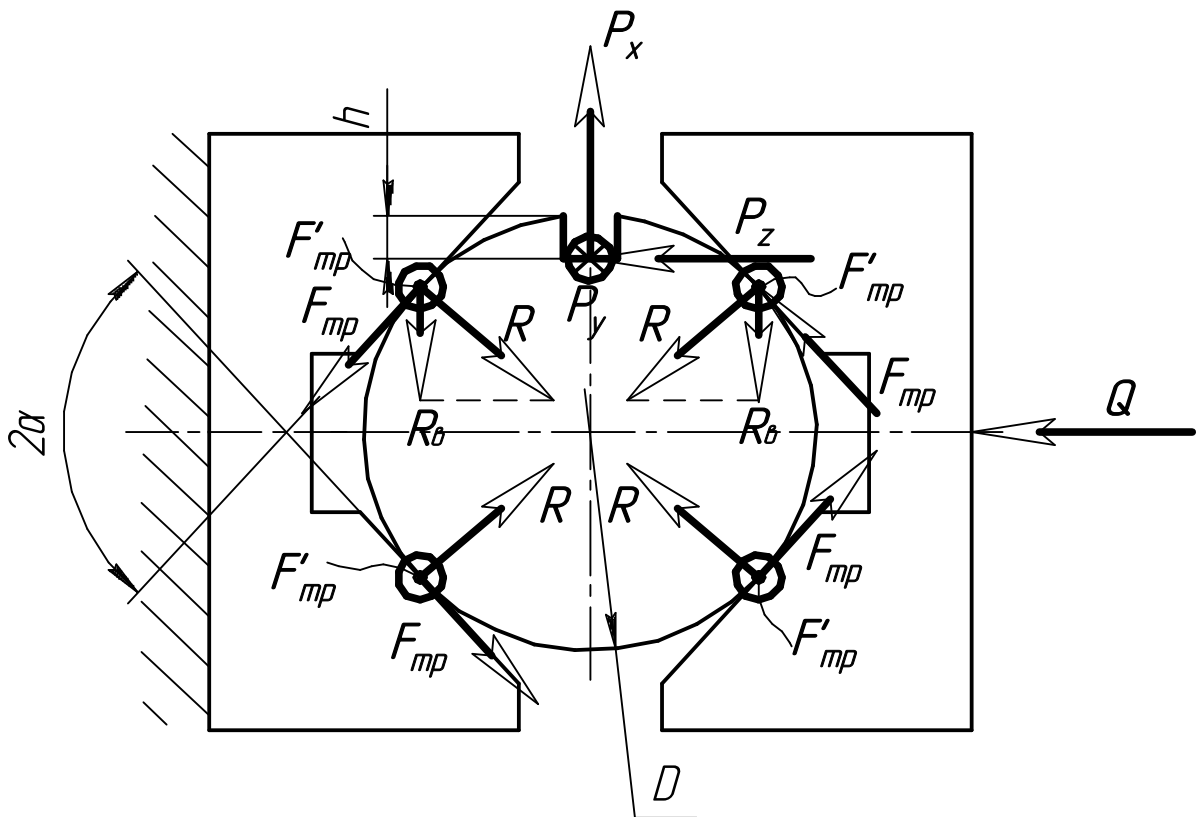


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема для визначення зусилля закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу кінцевою фрезою

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

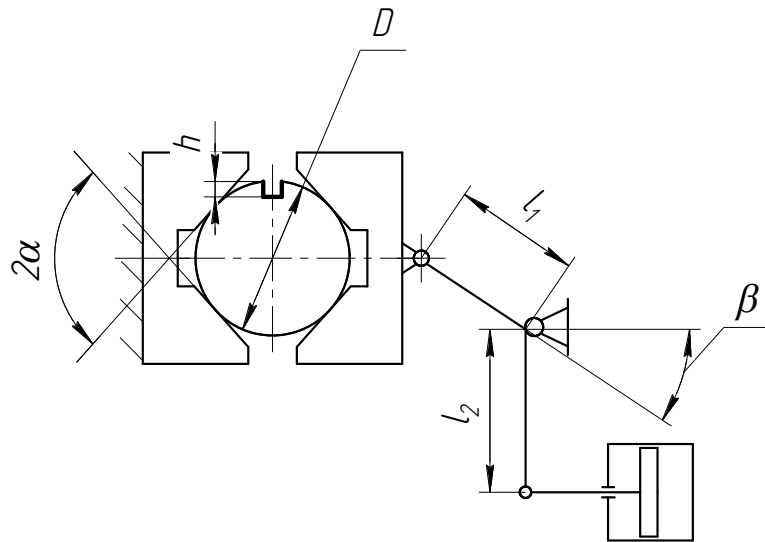


Рисунок 2.2 - Принципова схема механізованого пристосування для фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою

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).

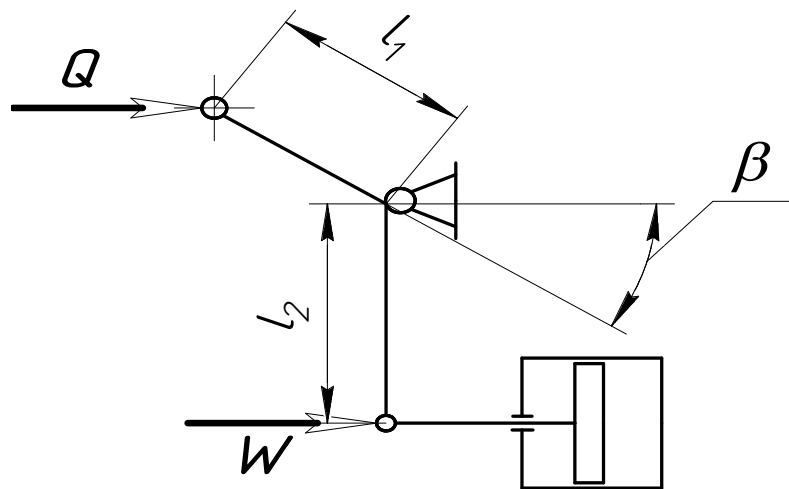


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема для визначення зусилля на приводі

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

4.1 Загальні положення

При механічній обробці на робочих впливають шкідливі виробничі фактори:

- Метеорологічні;
- Шумові;
- Вібраційні.

Метеорологічні умови, або мікроклімат, в виробничих приміщеннях визначаються наступними параметрами:

- 1) температура повітря t ($^{\circ}\text{C}$);
- 2) відносною вологістю ψ (%);
- 3) швидкістю руху повітря на робочому місці v (м/с).

1. При високій температурі повітря в приміщенні кровоносні судини шкіри розширюються, при цьому відбувається підвищений приплив крові до поверхні тіла, і тепловіддача в навколишнє середовище значно збільшується.

При зниженні температури навколишнього повітря реакція людського організму інша: кровоносні судини звужуються, приплив крові до поверхні тіла сповільнюється, і віддача теплоти конвекцією випромінюванням зменшується. Таким чином, для теплового самопочуття людини важливо певне поєднання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні.

2. Вологість повітря дуже впливає на терморегуляцію організму. Підвищена вологість ($\psi > 85\%$) ускладнює терморегуляцію з-за зниження випаровування поту, а занадто низька вологість ($\psi < 20\%$) викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів. Оптимальні величини відносної вологості становлять 40 - 60%.

3. Мінімальна швидкість руху повітря, що відчувається людиною, становить 0,2 м/с. У зимову пору року швидкість руху повітря не повинна

перевищувати 0,2 - 0,5 м/с, а влітку - 0,2 - 1,0 м/с. У гарячих цехах допускається збільшення швидкості повітря до 3,5 м/с.

Засобами, які зменшують забруднення повітря в робочій зоні отруйними парами, пилом, забезпечують необхідну температуру, вологість і швидкість руху повітря, є вентиляція і опалення. У приміщеннях на одного робітника при обсязі менше 20 м³ встановлена вентиляція, що забезпечує повітрообмін не менше 30 м³/год на одного працюючого; при обсязі 20-40 м³ - не менше 20 м³/год і тільки при обсязі 40 м³ на одного працюючого допускається провітрювання приміщення.

У виробничому цеху встановлюється природна і штучна вентиляція. При нестачі природної вентиляції застосовується штучна. Вона підрозділяється на наступні види: загальнообмінну, витяжну, припливно-витяжну і комбіновану.

Розрізняють системи повітряного опалення та системи опалення з нагрівальними приладами: радіатори, батареї, труби. Повітряне опалення здійснюється за коштами нагріву припливного повітря і його подальшого перемішування.

Виробничі цехи (ділянки) забезпечуються достатньою освітленістю робочих місць. У світлий час доби забезпечується природне освітлення, при його нестачі застосовується штучне місцеве. Природне освітлення цеху здійснюється через віконні прорізи. Штучне освітлення буває двох видів: загальне, здійснюване світильниками, розташованими у верхній частині будівлі і місцеве, здійснюване за рахунок світильників, розташованих безпосередньо на робочому місці. Вони мають світловідбивачі, захисний кут яких не менше 30°.

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи і евакуації людей при раптовому відключенні робочого освітлення.

Шум - пружні коливання в частотному діапазоні чутності людини, що поширюються в вигляді хвилі в газоподібних середовищах.

Максимальний рівень звуку для коливного і переривчастого шуму не повинен перевищувати 80дБА (дБ).

Будівельно-акустичні методи захисту від шуму:

а) звукоізоляцією огорожуючих конструкцій, ущільненням притворів вікон, дверей, воріт тощо.

б) установкою в приміщеннях і на шляху поширення шуму звукопоглинальних конструкцій і кранів.

в) застосуванням глушників аеродинамічного шуму двигуна внутрішнього згоряння і компресорах і т.д.

г) створенням шумозахисних зон в різних місцях знаходження людей, використання екранів і зелених насаджень.

Вібрація - складний коливальний процес, що виникає при періодичному зміщенні центру ваги будь-якого тіла від положення рівноваги. А також при періодичній зміні форми тіла, яке воно мало в статичному стані.

Вібрація виникає під дією внутрішніх або весняних динамічних сил, викликаних поганим балансуванням обертових і рухомих частин машин, рухом техніки по нерівностях дороги, ударними процесами технологічного характеру.

Заходи щодо захисту від вібрації поділяють на технічні, організаційні та лікувально-профілактичні.

До технічних заходів відносять усунення вібрацій в джерелі на шляху їх поширення.

До організаційних заходів по боротьбі з вібрацією відносять раціональне чергування режимів праці і відпочинку.

До лікувально-профілактичних заходів відносять виробничу гімнастику, ультрафіолетове опромінення, повітряний обігрів, масаж, теплі ванночки для рук і ніг, прийом вітамінних препаратів для рук і ніг.

4.2 Безпека праці

Вимоги громадської безпеки праці викладені в технологічній

документації всього технологічного процесу, включаючи операції контролю, транспортування, складування об'єктів обробки і прибирання відходів виробництва.

Приміщення в цеху і на ділянці, перебування в яких пов'язане з небезпекою для працюючих, відокремлені один від одного ізолюючими перегородками, мають місцеву вентиляцію і знаки безпеки.

Не допускається встановлення обладнання на люки колодязів.

Проїзди і проходи в цеху і на ділянці позначені розмежувальними лініями білого кольору, шириною не менше 100 мм.

Проходи, проїзди, люки колодязів повинні бути вільними і не зашарашені заготовками, деталями, тарою.

При роботі на верстатах широко застосовуються засоби індивідуального захисту - захисні окуляри, індивідуальні щітки і спеціальний одяг, який призначений для захисту робітників від впливу масла, емульсії та інших рідин, використовуваних при обробці матеріалів різанням.

Для попередження порізів стружкою, що розлітається, проводиться зміна її форми, тобто в процесі різання застосовуються пристрої для загвинчування стружки в спіраль або дроблення на окремі елементи.

Верстати повинні бути заземлені та періодично вони перевіряються на наявність заземлення. Електрична апаратура і струмоведучі частини надійно ізольовані. Також передбачено огорожу обертових частин верстатів.

При натисканні на аварійну кнопку «Стоп» всі електродвигуни та пускові пристрої припиняють роботу і відключаються від електроживлення. Опір заземлення не перевищує 4 Ом.

Для живлення світильників місцевого призначення з лампами розжарювання застосовується напруга нижче 24 В.

Згідно з Правилами проведення інструктажів з ГОСТ 12.0.004 - 90 проводять такі інструктажі:

Вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий.

Вступний - проводиться при надходженні на роботу службою охорони праці.

Первинний - проводиться на робочому місці перед першим допуском до роботи, учнів які прибули на практику, відряджених, а також при переведенні з одного підрозділу в інший.

Повторний - проводиться не рідше одного разу на півріччя, а для робіт підвищеної небезпеки раз в квартал за програмою первинного інструктажу на робочому місці або за інструкціями з охорони праці для професій або видів робіт.

Позаплановий - при застосуванні нових стандартів, правил, інструкцій, технічних актів, зміні технологічного процесу, заміні обладнання, при перерві в роботі на 60 днів, до роботи з підвищеними вимогами 30 днів, при порушеннях працівниками нормативних технічних правових актів з охорони праці, які могли привести або привели до аварії, нещасного випадку та інших тяжких наслідків на виробництві, на вимогу органів нагляду.

Цільовий - ліквідації наслідків аварій, стихійних лих і катастроф, виконання разових робіт не пов'язаних з прямими обов'язками за фахом, виконання робіт на які оформляється наряд-допуск, проведення екскурсій, масових заходів.

На сучасних верстатах можлива швидкісна обробка заготовок зі сталі, чавуну, пластмас і інших матеріалів. Певну небезпеку для працюючого і оточення становлять обертовий інструмент, стружка, що розлітається, рухомі столи каруселі і барабани, захарашення робочого місця тощо.

Інструмент на оправці обертається зі значною частотою, і захоплення одягу, волосся працюючого може призвести до серйозних травм. В силу цього одяг і головний убір оператора повинні відповідати вимогам безпечної роботи, а робітник повинен бути обачними і не намагатися що-небудь робити в зоні обробки руками, не виключивши верстат.

При роботі на жорстких режимах і з ударами можлива поломка тонких розрізних фрез, ріжучих елементів тощо. Тому слід вибирати зону

спостереження за роботою верстата в стороні від траєкторії можливого польоту твердих частинок інструменту і вильоту стружки. Стружка надлому при фрезеруванні чавуну та інших матеріалів повинна відсмоктувати спеціальними пристроями і не забруднювати повітря цеху, а оператор повинен мати засоби індивідуального захисту (окуляри, щитки і т. Д.).

Частина фрезерних верстатів має приводні валики, що швидко обертаються; в цих випадках повинні бути справні огорожі. Зони, в які можуть переміщатися столи, барабани і каруселі, повинні мати огорожуючі бар'єри, які стоять на доступ в ці зони.

Пристосування для кріплення заготовок повинні бути справними і надійно закріплені на столі або барабані верстата. Затискні елементи таких верстатів повинні мати таку конструкцію кріплення, в якій би враховувався ударний характер процесу різання при фрезеруванні: контакт затискних елементів пристосування з заготовкою повинен бути постійним і з заданим зусиллям.

При обробці на поздовжньо-фрезерних, карусельно-фрезерних верстатах громіздких заготовок повинні дотримуватися правила обслуговування підйомно-транспортних механізмів.

Основні цехи відносяться до особливо-небезпечних приміщень.

При закріпленні деталі в кулачковому патроні або планшайбі слід захоплювати деталь кулачками на можливо більшу величину. Не можна допускати, щоб після закріплення деталі кулачки виступали з патрона або планшайби за межі їх зовнішнього діаметра. Патрони, планшайби і інші затискні пристрої, що мають на зовнішніх поверхнях виступаючі частини, захищаються. У кулачковому патроні без підпору центром задньої бабки дозволяється закріплювати тільки короткі, завдовжки не більше 2-х діаметрів, зрівноважені деталі. При обробці деталі довжиною, що дорівнює 12 діаметрам і більше, а так само при швидкісному та силовому різанні деталей довжиною, що дорівнює 8 діаметрам і більше, необхідно застосовувати додаткові опори. Не можна працювати на забитих або

спрацьованих центрах. При обточуванні довгих деталей слід стежити за центром задньої бабки. Щоб уникнути травм ріжучим інструментом необхідно:

- включати спочатку обертання шпинделя, а потім подачу;
- притискати різець або інші інструменти з обертовою оброблюваною деталлю плавно, без ударів, з легким вривання;
- після того, як інструмент плавно вривався в оброблювану деталь, включити автоматичну подачу;
- перед зупинкою верстата спочатку вимкнути подачу, відвести ріжучий інструмент від деталі, а потім вимкнути обертання шпинделя.

Різцеву головку необхідно відводити на безпечну відстань при наступних операціях: центрування деталей на верстаті; зачистці; обпилюванні, шабровці і вимірі деталей.

При зміні патрона і деталі необхідно крім відведення різцевої головки відвести подалі також центр задньої бабки. Слід строго стежити за правильністю установки різця і не підкладати під нього різні шматки металу. Різець або інший інструмент повинен затискатися з мінімально можливим вильотом і не менш як трьома болтами. Кожен токар повинен мати набір спеціально виготовлених підкладок різної товщини, довжиною і шириною не менше опорної частини різця. Забороняється заточувати короткі різці без відповідної оправки. При обробці в'язких металів, що дають зливну стрічкову стружку, необхідно застосовувати різці з викружками або накладними стружкообломувач або стружкозавиватель.

Категорично забороняється підтримувати або ловити рукою деталі при обробці або їх відрізки.

Оброблювану поверхню необхідно розташовувати якомога ближче до опорного або затискного пристосування. Забороняється класти деталі, інструмент та інші предмети на станину верстата і кришку передньої бабки. Слід не забувати після закріплення деталі в патроні вийняти торцевий ключ,

рукою повернути патрон і, тільки переконавшись у вільному обертанні, включити верстат. Суворо забороняється гальмувати обертання шпинделя натиском руки на обертову частину верстата або деталі.

Для транспортування заготовок на ділянку, для підйому і установки пристосування на верстат застосовують підйомно-транспортні машини (кран-балка і кран-укосина), які при неправильному обслуговуванні і експлуатації можуть бути джерелом небезпеки.

Внутрішньоцеховий транспорт призначений для розподілу заготовок між верстатами, видалення відходів. До нього відносяться: талі, транспортери, кран-балки, візки.

Вантажопідйомні засоби схильні до технічного опосвідчення статичними і динамічними випробуваннями.

До керування вантажопідіймальними засобами допускаються особи не молодше 18 років і які пройшли навчання, отримавши свідоцтво.

4.3 Пожежна безпека

На проєктованій ділянці передбачені попереджувальні заходи які виключають можливість виникнення пожежі. Ділянка належить до категорії Д.

Категорія Д характеризується наявністю негорючих речовин і матеріалів в холодному стані. Сюди відносяться механічні та інструментальні цехи, цехи холодного штампування і прокату металу, компресорні та насосні станції.

Організація пожежної безпеки на ділянці:

- на ділянці передбачено протипожежне водопостачання, яке забезпечує подачу води, необхідну для гасіння пожежі як всередині, так і зовні будівлі.

Внутрішній протипожежний водогін призначений для гасіння місцевих осередків займання до прибуття пожежних підрозділів. Пожежні

крани, рукави і стволи поміщають в спеціальних шафках на відстанях 1,5 м від підлоги.

Також на ділянці передбачені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники, ящики з піском. Існують наступні види вогнегасників: рідинні, вуглекислотні (ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-25, ОУ-80, ОУ-400), хімпінні, повітряно-пінні (ОВП-5, ОВП-10), хладонові (ОАХ-0,5, ОХ-3, ОХ-7), порошкові і комбіновані (ОК-10). На ділянці обов'язково проводиться протипожежний інструктаж з працюючими всіх професій.

Основні протипожежні заходи:

- правильний вибір електрообладнання, постійний контроль за експлуатацією електрообладнання;
- своєчасна змащення тертьових поверхонь;
- створення певних умов, ізолювання нагрітих деталей від ізолюваних проводів;
- герметизація трубопроводу з вогненебезпечними продуктами;
- заборона зберігання на робочих місцях вогненебезпечної рідини у відкритих ємностях;
- своєчасне видалення промислових ганчірок і відходів в спеціально відведені місця.

Для безпеки евакуації людей є більше двох виходів назовні. Двері, призначені для евакуації, легко відкриваються в сторони виходу з будівлі.

На ділянці обладнано місце для куріння з металевим урнами.

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. 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.